

SISTEM PENENTUAN PENCEMARAN AIR SUNGAI MENGGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI APADA APLIKASI ANDROID BERBASIS WEB

Melly Charlina¹, Barlian Henryranu Prasetyo, S.T., M.T.², Agi Putra Kharisma, S.T., M.T.³

Program Studi Teknik Komputer, Jurusan Teknik Informatika

Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya, Malang, Jawa Timur, Indonesia.

Email : mechawibowo@gmail.com¹, barlian@ub.ac.id², agi@ub.ac.id³

Abstrak— Air adalah salah satu sumber daya alam yang paling penting dalam kehidupan sehari-hari. Air yang bersih sangat diperlukan bagi makhluk hidup untuk keperluan sehari-hari, baik bagi manusia, hewan dan tumbuhan. Salah satu sumber air adalah sungai. Namun, saat ini air sungai mulai banyak tercemar oleh bermacam-macam limbah dari berbagai hasil kegiatan manusia. Air sungai yang kualitasnya buruk akan mempengaruhi kesehatan dan keselamatan makhluk hidup di sekitarnya. Oleh karena itu, kualitas air sungai perlu diketahui tingkat cemar dari sungai-sungai yang ada di kabupaten Tulungagung. Penentuan tingkat pencemaran air sungai dengan metoda STORET maupun Indeks Pencemaran masih dilakukan secara manual dengan cara menghitung satu persatu data parameter sehingga membutuhkan waktu yang lama. Oleh karena itu, diperlukan sistem penentuan tingkat pencemaran air sungai menggunakan metode *Fuzzy Mamdani* pada aplikasi android berbasis web.

Penelitian ini dilakukan berdasarkan studi kasus Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Tulungagung. Parameter yang digunakan adalah pH, BOD (*Biological Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan DO (*Dissolved Oxygen*). Proses perhitungan dilakukan dengan *Metode Fuzzy Inferences System (FIS)* Mamdani dan Indeks Pencemaran (IP) menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 115 TAHUN 2003. Implementasi program menggunakan bahasa pemrograman PHP dan Java. Pengujian sistem menggunakan 12 data dari enam sungai yang berada di Kabupaten Tulungagung dengan membandingkan dua metode yang berbeda. Hasil pengujian dengan menggunakan dua metode yang berbeda mendapatkan tingkat akurasi sebesar 91.67%.

Kata kunci: kualitas air sungai, logika *fuzzy*, Java, PHP MYSQL

1 PENDAHULUAN

Air adalah salah satu sumber daya alam yang paling penting dalam kehidupan sehari-hari. Air yang bersih sangat diperlukan bagi makhluk hidup untuk keperluan sehari-hari, baik bagi manusia, hewan dan tumbuhan. Salah satu sumber air adalah sungai. Sungai adalah air yang mengalir dari hulu ke hilir yang terbentuk secara alami. Fungsi sungai adalah sebagai penampung dan penyimpan irigasi di setiap daerah aliran sungai (DAS). Namun, saat ini air sungai mulai banyak tercemar oleh bermacam-macam limbah dari berbagai hasil kegiatan manusia. Air sungai yang kualitasnya buruk akan mempengaruhi kesehatan dan keselamatan makhluk hidup di sekitarnya. Sebagian besar sungai menjadi tempat pembuangan limbah, baik limbah padat maupun cair hasil dari kegiatan rumah tangga, industri rumah tangga, serta limbah dari pabrik. Limbah yang mengandung berbagai macam bahan pencemar, menyebabkan semakin buruk kualitas air sungai dan sangat membahayakan makhluk hidup di sekitarnya.

Badan lingkungan hidup (BLH) kabupaten tulungagung adalah badan pengurus pengelolaan sumberdaya alam dan lingkungan hidup yang berperan dalam *memonitoring* kualitas air sungai. BLH Kabupaten Tulungagung memonitor 6 sungai,

yaitu sungai Parit Raya, Parit Agung, Lodooyo, Brantas, Ngrowo dan Song. Ke-enam sungai tersebut melintasi kawasan pemukiman Kabupaten Tulungagung yang memiliki kurang lebih 1.015.974 penduduk pada tahun 2014.

Badan Lingkungan Hidup (BLH) mengawasi 6 (enam) sungai di Kabupaten Tulungagung, yaitu Sungai Parit Agung, Sungai Parit Raya, Sungai Lodooyo, Sungai Brantas, Sungai Ngrowo dan Sungai Song. Dari 6 (enam) sungai tersebut, BLH melakukan sampling (pengukuran kualitas air sungai) hanya 3 (tiga) kali setahun yaitu tiap 4 (empat) bulan sekali. Sungai-sungai tersebut memiliki dua macam parameter yakni parameter fisika dan kimia anorganik.

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: 115 Tahun 2003, Penentuan status mutu air dapat menggunakan Metoda STORET dan Metoda Indeks Pencemaran. Penentuan kualitas air sungai dengan metoda STORET maupun Indeks Pencemaran masih dilakukan secara manual dengan cara menghitung satu persatu data parameter sehingga membutuhkan waktu yang lama serta biaya pengujian yang besar. BLH Kabupaten Tulungagung menggunakan Metode Indeks Pencemaran dalam penentuan status mutu air karena perhitungannya lebih mudah daripada metode STORET.

Untuk mengatasi kendala tersebut, penulis berpendapat bahwa perlu dikembangkan sistem penentuan tingkat pencemaran air sungai. Oleh karena itu diusulkan Sistem Penentuan Tingkat Pencemaran Air Sungai Menggunakan Metode *Fuzzy Mamdani* pada Aplikasi Android Berbasis Web. Penulis memilih metode *Fuzzy Mamdani* karena Mamdani merepresentasikan kondisi sebenarnya atau lebih mendekati penalaran manusia serta outputnya berupa himpunan *fuzzy*. Pada penelitian ini, proses menentukan tingkat pencemaran air sungai menggunakan parameter yang paling berpengaruh terhadap pencemaran air sungai yaitu pH, BOD, COD dan DO. Data uji yang digunakan dari Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Tulungagung. Sedangkan hasil uji yang digunakan metode fuzzy untuk menentukan tingkat pencemaran air sungai ada 4 (empat) kesimpulan yaitu memenuhi baku mutu (baik), cemar ringan, cemar sedang, dan cemar berat.

2 DASAR TEORI

2.1 Air

Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan. Air yang bersih sangat diperlukan bagi makhluk hidup untuk keperluan sehari-hari, baik bagi manusia, hewan dan tumbuhan, sehingga kualitas air perlu dilindungi untuk keperluan sehari-hari. Namun, pesatnya perkembangan di segala bidang, baik bidang pertanian, peternakan, industri pabrik maupun rumah tangga, air sungai mulai tercemar limbah. Limbah yang mengandung berbagai macam bahan pencemar, menyebabkan semakin buruk kualitas air sungai dan sangat membahayakan lingkungan di sekitarnya. Untuk itu air perlu dikelola agar tersedia dalam jumlah yang aman, baik kuantitas maupun kualitasnya, dan bermanfaat bagi kehidupan dan perikehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya agar tetap berfungsi secara ekologis, guna menunjang pembangunan yang berkelanjutan. Di satu pihak, usaha dana tau kegiatan manusia memerlukan air yang berdaya guna, tetapi di lain pihak berpotensi menimbulkan dampak negatif, antara lain berupa pencemaran yang dapat mengancam ketersediaan air, daya guna, daya dukung, daya tampung, dan produktivitasnya. (Peraturan Pemerintah, 2001).

2.3 Logika Fuzzy

Logika fuzzy adalah cara untuk membuat mesin yang lebih cerdas memungkinkan mereka untuk alasan dengan cara kabur seperti manusia. Logika fuzzy, yang diusulkan oleh Lotfy Zadeh pada tahun 1965, muncul sebagai alat untuk menangani ketidakpastian, kurang tepat, atau kualitatif dalam pengambilan keputusan suatu masalah. Controller yang menggabungkan teknik cerdas dan konvensional, umum digunakan dalam kontrol cerdas sistem dinamis yang kompleks.

Jenis logika fuzzy yang digunakan adalah metode mamdani. Metode mamdani sering dikenal dengan nama metode Min-Max. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada Tahun 1975 (Kusumadewi, 2004). Untuk mendapatkan output, diperlukan 4 tahapan yaitu:

1. Fuzzifikasi

Pembentukan himpunan fuzzy Variabel input maupun output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan.

2. Implikasi

Pada metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min. Bentuk umum aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi:

IF x is A THEN y is B

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

3. Komposisi Aturan

Apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan kolerasi antar aturan. Ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu:

- Metode Max (Maximum)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan dari setiap rule.

- Metode Additive (Sum)

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

- Metode Probabilistik (probor)

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

4. Defuzzifikasi

Input dari proses penegasan adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan real yang tegas. Ada beberapa cara metode penegasan yang biasa dipakai pada komposisi aturan Mamdani, dalam skripsi ini metode yang akan dipakai adalah metode centroid:

Metode Controid (Composite Moment)

Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan cara mengambil titik pusat daerah fuzzy. Secara umum dituliskan:

$$Z^* = \frac{\text{Momen}}{\text{Luas}} = \frac{\int_Z Z \mu(Z) dZ}{\int_Z \mu(Z) dZ} \quad \text{untuk variabel kontinu} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$Z^* = \frac{\sum_{j=1}^n Z_j \mu(Z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(Z_j)} \quad \text{untuk variabel Diskrit} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana:

Z^* = nilai centroid (titik pusat daerah fuzzy)

Z = fungsi untuk daerah hasil fuzzifikasi

μ = daerah hasil fuzzifikasi/daerah komposisi

2.4 Metode Indeks Pencemaran

Sumitomo dan Nemerow (1970), Universitas Texas, A.S., mengusulkan suatu indeks yang berkaitan dengan senyawa pencemar yang bermakna untuk suatu peruntukan. Indeks ini dinyatakan sebagai Indeks Pencemaran (*Pollution Index*) yang digunakan untuk menentukan tingkat pencemaran relatif terhadap parameter kualitas air yang diizinkan (Nemerow, 1974). Indeks ini memiliki konsep yang berlainan dengan

Indeks Kualitas Air (Water Quality Indeks). Evaluasi terhadap nilai PI dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Evaluasi Nilai PI
Sumber: (Indonesia, 2001)

Skor PI	Keterangan
$0 \leq PI_j \leq 1,0$	Memenuhi baku mutu (kondisi baik)
$1,0 < PI_j \leq 5,0$	Cemar ringan
$5,0 < PI_j \leq 10$	Cemar sedang
$PI_j > 10$	Cemar berat

Contoh perhitungan Indeks Pencemar dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.2 Contoh Perhitungan IP

Parameter	C_i	L_{ia}	C_i/L_{ia}	$(C_i/L_{ia})_{baru}$
pH	7,91	6-9	0,273	0,273
BOD	43	3	14,333	6,782
COD	53	25	2,12	2,632
DO	2,91	4	0,276	0,276

Perhitungan C_i/L_{ia}

- Contoh perhitungan pH

Karena bahan baku pH memiliki rentang, maka penentuan C_i/L_{ia} dilakukan dengan cara:

$$L_{1A} \text{rata-rata} = \frac{6-9}{2} = 7,5$$

$C_1 > L_{1A}$ rata-rata

$$C_1/L_{1A} = \frac{7,91-7,5}{9-7,5} = \frac{0,41}{1,5} = 0,273$$

- Contoh perhitungan BOD

$$C_2/L_{2A} = \frac{43}{3} = 14,333$$

- Contoh perhitungan COD

$$C_3/L_{3A} = \frac{53}{25} = 2,12$$

- Contoh perhitungan DO

$DO_{maks} = 21,5$ pada suhu $33,6^\circ\text{C}$

$$C_4 \text{ baru} = \frac{21,5 - 2,19}{21,5 - 4} = \frac{19,31}{17,5} = 1,103$$

$$C_4/L_{4A} = \frac{1,103}{4} = 0,276$$

Perhitungan $(C_i/L_{ia})_{baru}$

Penggunaan nilai $(C_i/L_{ia})_{baru}$ jika nilai (C_i/L_{ia}) hasil pengukuran ini lebih besar dari 1,0.

$$- (C_2/L_{2A})_{baru} = 1,0 + 5 \cdot \log 14,333 = 6,782$$

$$- (C_3/L_{3A})_{baru} = 1,0 + 5 \cdot \log 2,12 = 2,632$$

$$- (C_4/L_{4A})_{baru} = 1,0 + 5 \cdot \log 1,103 = 1,213$$

- Tentukan nilai $(C_i/L_{ia})_R = 2,75$
- Tentukan nilai $(C_i/L_{ia})_M = 6,782$
- Dengan menggunakan persamaan pada langkah no 5 (lihat prosedur penentuan harga PI_j), maka dapat ditentukan nilai PI_A :

$$PI_A = \sqrt{\frac{(C_i/L_{ij})_M^2 + (C_i/L_{ij})_R^2}{2}} = \sqrt{\frac{45,995 + 7,561}{2}}$$

$$= \sqrt{\frac{53,529}{2}} = 5,173$$

- Skor yang didapat dari perhitungan di atas = 5,173 yang berarti sungai tersebut Cemar Sedang.

2.5 Aplikasi Android

Aplikasi mobile adalah sebuah aplikasi yang memungkinkan anda melakukan mobilitas dengan menggunakan perlengkapan seperti PDA, telepon seluler atau Handphone. Dengan menggunakan aplikasi mobile, anda dapat dengan mudah melakukan berbagai macam aktifitas mulai dari hiburan, berjualan, belajar, mengerjakan pekerjaan kantor, browsing dan lain-lain. Pemanfaatan aplikasi *mobile* untuk hiburan paling banyak digemari oleh hampir 70% pengguna telepon seluler, karena dengan memanfaatkan adanya fitur *game*, *music player*, sampai *video player* membuat kita semakin mudah menikmati hiburan kapan saja dan dimana saja (Anon, 2012).

WebView adalah sebuah class pada android yang dapat menampilkan dan menjalankan sebuah aplikasi *mobile* berbasis web. Seperti halnya web browser pada android, untuk dapat mengakses halaman web tertentu harus memasukkan alamat URL (*Uniform Resource Locator*) terlebih dahulu. Namun pada mobile aplikasi *WebView* tidak memasukkan alamat, tetapi dengan mendefinisikan alamat tersebut dalam *script* program.

3 METODOLOGI

3.1 Analisa Kebutuhan

Analisis kebutuhan bertujuan untuk mengetahui apa saja yang dibutuhkan oleh sistem. Analisis kebutuhan akan digunakan sebagai dasar dalam membangun sebuah sistem serta mengidentifikasi kebutuhan yang dibutuhkan oleh sistem serta fitur apa saja yang disediakan oleh sistem. Selain itu, dijabarkan kebutuhan sistem yang berupa kebutuhan *user*, serta kebutuhan fungsional dan kebutuhan non-fungsional sistem. Berikut kebutuhan *user* dapat didefinisikan sebagai berikut:

- User* dapat melakukan *login* untuk masuk dalam sistem.
- User* dapat melakukan *logout* untuk keluar dari sistem.
- User* dapat melakukan manipulasi data sungai.
- User* dapat melakukan manipulasi data parameter.

- e. *User* dapat melakukan manipulasi data metode.
- f. *User* dapat melakukan manipulasi data uji.
- g. *User* dapat melakukan manipulasi data detail uji.
- h. *User* dapat melakukan perhitungan dengan metode *Fuzzy Mamdani*

Pada analisis kebutuhan terdapat kebutuhan functional dan non-functional sistem. Kebutuhan functional adalah kebutuhan utama yang dimiliki sistem agar dapat berjalan sesuai keinginan, sedangkan kebutuhan non-functional merupakan batasan sistem terhadap kebutuhan.

3.2 Perancangan

Pada tahap perancangan dilakukan setelah mengetahui kebutuhan-kebutuhan yang digunakan. Perancangan sebagai model dari sistem yang dibuat. Perancangan ini meliputi:

1. Perancangan Arsitektur Sistem

Perancangan arsitektur sistem digunakan untuk menggambarkan proses secara umum dari sistem yang akan dibuat.

2. Perancangan Activity Diagram

Perancangan *activity diagram* digunakan untuk menggambar aliran kerja atau aktivitas dari sebuah sistem atau proses dari sistem tersebut. Activity diagram menggambarkan aktivitas sistem buka apa yang dilakukan aktor.

3. Desain ERD (*Entity Relationship Diagram*)

Desain ERD ini bertujuan untuk melakukan pemetaan pada tabel-tabel yang dibuat pada saat perancangan basis data. ERD ini membantu dalam proses pembentukan relasi-relasi pada seluruh tabel.

4. Aplikasi android

Aplikasi android didesain sebagai media aplikasi mobile berbasis web (webview) yang dapat digunakan user dalam memonitoring kualitas air sungai.

4 REKAYASA KEBUTUHAN

4.1 Daftar Kebutuhan User

Daftar kebutuhan ini untuk menguraikan kebutuhan yang harus ada dalam sistem. Terdapat dua macam kebutuhan yaitu kebutuhan fungsional dan kebutuhan non-fungsional. Daftar kebutuhan fungsional *user* dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kebutuhan Fungsional

No	Kebutuhan	Deskripsi Kebutuhan	Aktor
1	<i>Login</i>	Sistem menyediakan proses <i>login</i> untuk masuk ke pengolahan sistem	Admin, <i>User</i>

		tingkat pencemaran air sungai	
2	<i>Logout</i>	Sistem menyediakan proses <i>logout</i> untuk keluar dari pengolahan sistem	Admin
3	Data Hasil Uji	Sistem menyediakan halaman daftar hasil sampling	Admin, <i>User</i>
4	Grafik	Sistem menyediakan data hasil uji dalam bentuk grafik	Admin, <i>User</i>
5	Tabel Sungai	Sistem menyediakan proses manipulasi sungai	Admin
6	Tabel Parameter	Sistem menyediakan proses manipulasi parameter	Admin
7	Tabel Metode	Sistem menyediakan proses manipulasi metode yang digunakan ketika data diuji secara manual di lab BLH Kabupaten Tulungagung	Admin
8	Tabel Uji	Sistem menyediakan proses menghitung nilai Mamdani dan manipulasi data uji	Admin
9	Tabel Detail Uji	Sistem menyediakan proses manipulasi detail uji	Admin
10	Tabel Rule	Sistem menyediakan halaman daftar <i>rule</i> (aturan) metode <i>fuzzy</i>	Admin

4.2 Daftar Kebutuhan Sistem

Kebutuhan Functional:

Hardware:

1. Sony E-Series Intel® Core™ i5-2450M CPU @ 2.50 GHz 2.50 GHz.
2. RAM 4.00 GB.

Software:

1. PHPStorm 10.0.1 digunakan sebagai pembuatan program PHP dalam membuat *website* sistem penentuan tingkat pencemaran air sungai.
2. Android Studio digunakan untuk pembuatan program Java untuk aplikasi android.
3. *Operating system* Windows 8.1 64 bit.
4. *Web server* Apache (XAMPP)

Kebutuhan Non-Functional:

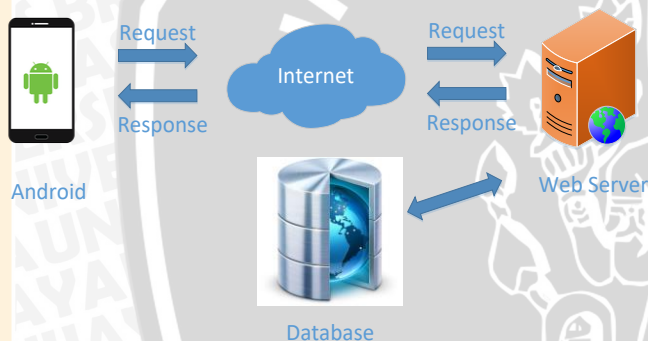
1. Data yang digunakan merupakan data dari Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Tulungagung.
2. Data parameter hanya terdapat 4 (empat) yaitu pH, BOD, COD dan DO.
3. Metode IP dianggap sebagai acuan dari logika *Fuzzy Mamdani*.
4. Aplikasi aplikasi android menggunakan bahasa pemrograman JAVA berbasis *WebView* yaitu dengan memanggil alamat URL *localhost*.
5. Web server yang digunakan adalah Apache.

5 PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

5.1 Perancangan Sistem

5.1.1 Rancangan Arsitektur Sistem

Rancangan arsitektur sistem ini bertujuan untuk mengetahui gambaran aplikasi yang akan dibuat. Berikut rancangan arsitektur sistem dapat dilihat pada Gambar 5.1.

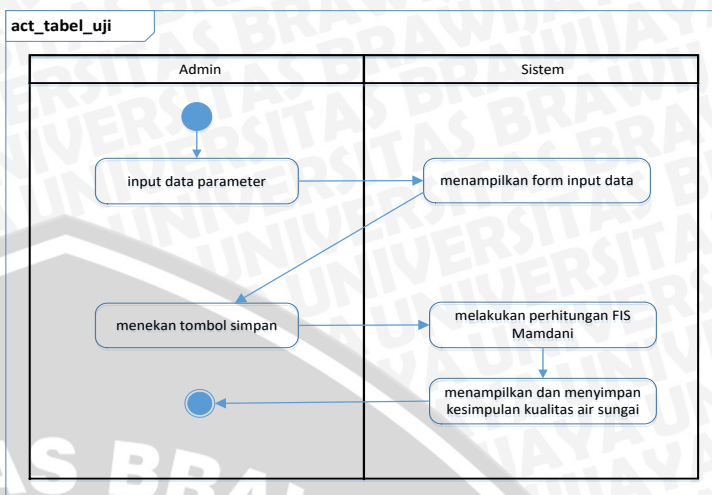


Gambar 5.1 Rancangan Arsitektur Sistem

5.1.2 Activity Diagram

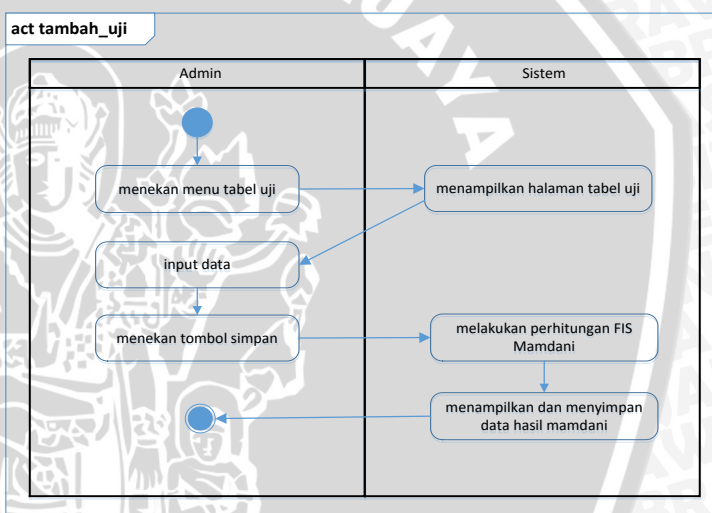
Activity diagram menggambarkan aktifitas dari setiap daftar kebutuhan sistem. Pada sub bab ini hanya menampilkan aplikasi dalam menentukan kualitas air sungai. Berikut adalah desain *activity* diagram yang digunakan dalam penentuan kualitas air sungai.

1. Activity diagram tabel uji



Gambar 5.2 Activity Diagram Tabel Uji

2. Activity diagram tambah data uji



Gambar 5.3 Activity Diagram Tambah Uji

5.1.3 Desain ERD

Entity Relationship Diagram (ERD) merupakan diagram yang dipakai untuk mendokumentasikan data dengan mengidentifikasi jenis entitas dan hubungannya.

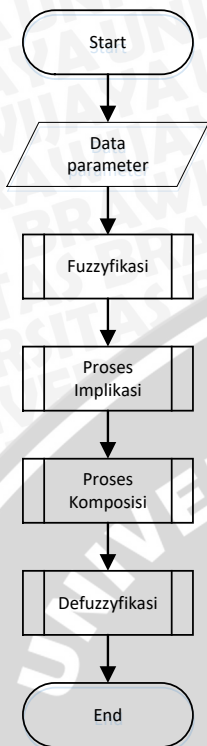
5.1.4 Desain Aplikasi Android

Aplikasi mobile digunakan untuk membantu user dalam memonitoring kualitas air sungai lebih mudah, karena memanfaatkan aplikasi mobile berbasis web. Aplikasi berbasis web ini menyimpan alamat URL website, sehingga aplikasi ini dapat dibangun pada *handphone* user.

5.2 Perancangan Logika Fuzzy

Dalam perancangan ini dibahas tahap-tahap proses logika *fuzzy* metode *mamdani* yaitu pembentukan himpunan *fuzzy* (*fuzzyfikasi*), proses implikasi yaitu mengambil nilai minimum dari setiap *rule*, proses komposisi yaitu mengambil nilai maksimum dari kelas output yang sama berdasarkan *rule*,

dan defuzzyfikasi (penegasan) dengan metode centroid. Diagram alir logika fuzzy dapat dilihat pada Gambar 5.2.



Gambar 5.4 Diagram Alir Logika Fuzzy

5.2.2 Data Parameter

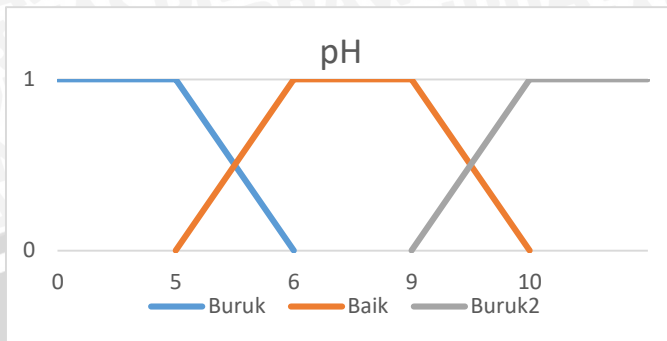
Berdasarkan PP No 82 Tahun 2001 kualitas air sungai berdasarkan kelasnya pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Data Kualitas Air Sungai

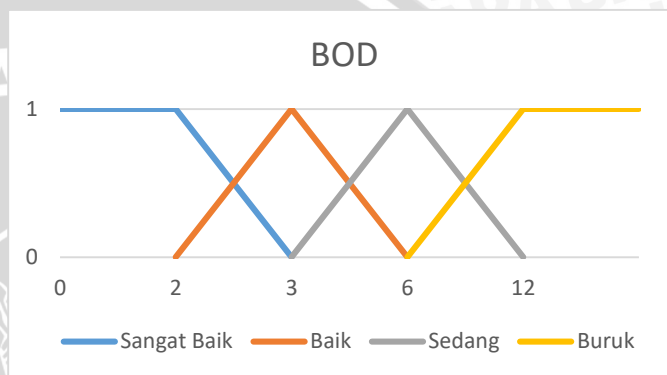
No	Parameter	Satuan	Kelas Air			
			I	II	III	IV
1	pH	-	6-9	6-9	6-9	5-9
2	BOD	mg/L	2	3	6	12
3	COD	mg/L	10	25	50	100
4	DO	mg/L	6	4	3	0

5.2.3 Proses Fuzzyfikasi

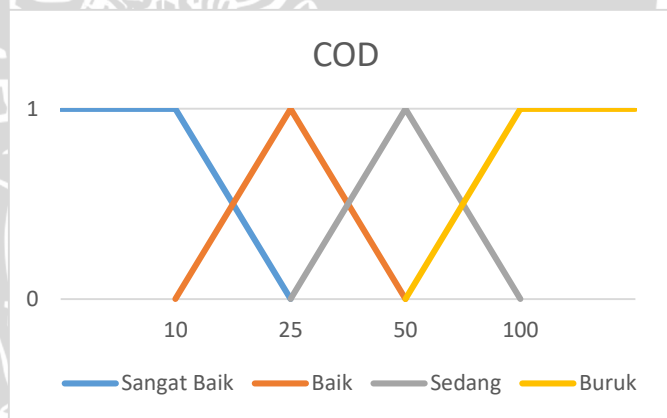
Berdasarkan hasil wawancara dari staff laboratorium Badan Lingkungan Hidup Kabupaten Tulungagung, fuzzyfikasi dari masing-masing parameter di atas dapat dilihat pada Gambar 5.3-5.6:



Gambar 5.5 Fuzzyfikasi pH



Gambar 5.6 Fuzzyfikasi BOD



Gambar 5.7 Fuzzyfikasi COD



Gambar 5.8 Fuzzyfikasi DO

5.2.4 Proses Implikasi metode MIN

Langkah berikutnya adalah proses implikasi metode MIN. Proses ini dilakukan setelah diperoleh nilai masing-masing derajat keanggotaan tiap parameter dan untuk mencari nilai minimum tiap rule (aturan).

Terdapat 4 parameter (pH, BOD, COD, dan DO) dalam menentukan kualitas air sungai dan memiliki 2 himpunan *fuzzy* yaitu pH (baik dan buruk) dan 3 himpunan *fuzzy* BOD, COD, dan DO (sangat baik, baik dan buruk). Kombinasi aturannya dapat dihitung sebagai berikut:

$$2 \times 4 \times 4 \times 4 = 2 \times 4^3 = 128 \text{ rule}$$

Contoh perhitungan proses implikasi

$$\begin{aligned} [R57] &= \min(\mu_{\text{baik}}(A), \mu_{\text{buruk}}(B), \mu_{\text{sedang}}(C), \mu_{\text{buruk}}(D)) \\ &= \min(1; 1; 0,94; 0,27) \\ &= 0,27 \text{ [Cemar Sedang]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [R58] &= \min(\mu_{\text{baik}}(A), \mu_{\text{buruk}}(B), \mu_{\text{sedang}}(C), \mu_{\text{sedang}}(D)) \\ &= \min(1; 1; 0,94; 0,73) \\ &= 0,73 \text{ [Cemar sedang]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [R61] &= \min(\mu_{\text{baik}}(A), \mu_{\text{buruk}}(B), \mu_{\text{buruk}}(C), \mu_{\text{buruk}}(D)) \\ &= \min(1; 1; 0,06; 0,27) \\ &= 0,06 \text{ [Cemar Berat]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [R62] &= \min(\mu_{\text{baik}}(A), \mu_{\text{buruk}}(B), \mu_{\text{buruk}}(C), \mu_{\text{sedang}}(D)) \\ &= \min(1; 1; 0,06; 0,73) \\ &= 0,06 \text{ [Cemar Sedang]} \end{aligned}$$

5.2.5 Proses Komposisi Metode Max

Dengan mengetahui nilai minimum dari tiap rule, selanjutnya menentukan nilai maksimum. Pada proses ini dilakukan dengan mengelompokkan output yang sama dari semua rule untuk mencari nilai terbesar.

Contoh rule yang memiliki kesimpulan cemar sedang:

$$\text{MAX} = (R57; R58; R62) = \max(0,27; 0,73; 0,06) = 0,73$$

Contoh rule yang memiliki kesimpulan cemar berat:

$$\text{MAX} = (R61) = \max(0,06) = 0,06$$

5.2.6 Proses Defuzzyfikasi

Proses *defuzzyfikasi* menggunakan metode COG (Centre of Gravity) atau metode centroid digunakan untuk menentukan nilai Z sebagai berikut:

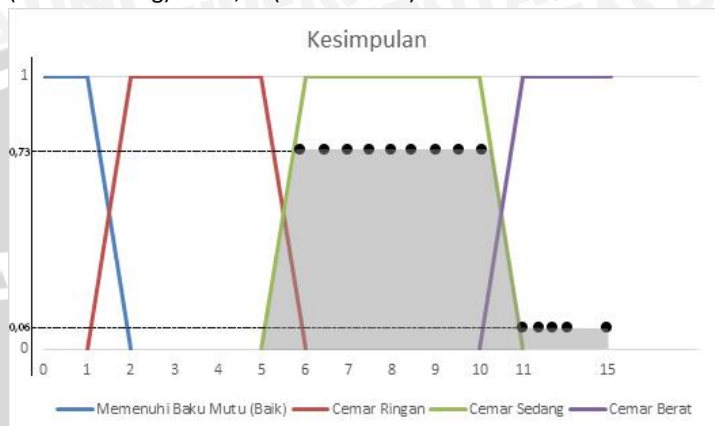
$$Z^* = \frac{\sum_{j=1}^n Z_j \mu(Z_j)}{\sum_{i=1}^n \mu(Z_j)} \quad \text{untuk}$$

variabel Diskrit (2.8)

Berdasarkan persamaan 2.8, nilai Z dapat dihitung dengan menghitung jumlah fungsi untuk daerah hasil fuzzifikasi dibagi dengan jumlah titik daerah komposisi. *Input* untuk proses *defuzzyfikasi* adalah nilai max tiap *output* dari *rule* dengan menggunakan rumus diskrit. Nilai max tersebut menjadi tinggi masing-masing area *output* kemudian menentukan titik-titik secara acak dari masing-masing *output* tersebut. Nilai titik-titik itu

ditentukan dengan kelipatan 0,5. Titik-titik tiap *output* dikalikan dengan nilai max. Sehingga untuk menghitung nilai Z dengan moment dibagi dengan luas. Moment didapatkan dari jumlah nilai titik kelipatan dikali nilai max, sedangkan luas didapatkan dari jumlah nilai max dikali jumlah titik kelipatan.

Berikut contoh proses *defuzzyfikasi* dengan nilai MAX 0,73 (Cemar Sedang) dan 0,06 (Cemar Berat).



Gambar 5.9 Proses Defuzzyfikasi

Berdasarkan Gambar 5.13 nilai Z adalah:

$$Z = \frac{67,5(0,73) + 127(0,06)}{0,73(9) + 0,06(10)} = \frac{56,895}{7,17} = 7,935$$

5.2.6 Penentuan Kesimpulan Pencemaran Air Sungai

Pada proses penentuan *output* kualitas air sungai diperlukan nilai minimum dan maksimum dalam perhitungannya. Setelah nilai dari Z diketahui maka dilakukan pengecekan apakah Z masuk *output* 1 (cemar ringan), *output* 2 (cemar sedang), *output* 3 (cemar berat), atau *output* 4 (memenuhi baku mutu/baik).

sehingga jika nilai pH=7,91, BOD=43, COD=53, dan DO=2,19 termasuk pada kualitas air sungai yang Cemar Sedang.

5.3 Implementasi Aplikasi

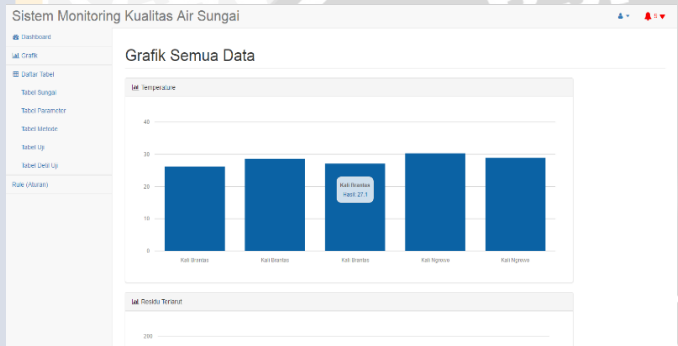
5.3.1 Implementasi Website

Antarmuka merupakan desain yang digunakan untuk tampilan website dalam sistem monitoring kualitas air sungai.

Dalam sistem berikut terdapat dua aktor yaitu admin dan user. Implementasi website dapat dilihat pada Gambar 5.7-12.



Gambar 5.10 implementasi Home Awal



Gambar 5.11 Implementasi Halaman Grafik

The screenshot displays the 'Sistem Monitoring Kualitas Air Sungai' dashboard. It features a table with columns: 'No', 'Nama Sungai', 'Waktu', 'Tgl/bulan', 'Cuaca', and 'Musim'. The table lists data for two rivers: 'Sungai Part Raya' and 'Sungai Part Agung'.

No	Nama Sungai	Waktu	Tgl/bulan	Cuaca	Musim
1	Sungai Part Raya	09:30:00	2015 07 28	Cerah	Kemarau
2	Sungai Part Agung	10:30:00	2015 07 28	Cerah	Kemarau

Gambar 5.12 Implementasi Home Admin

The screenshot displays the 'Sistem Monitoring Kualitas Air Sungai' interface with a table of river data. The table lists data for six rivers: 'Sungai Part Raya', 'Sungai Part Agung', 'Sungai Lodooyo', 'Kali Brantas', 'Kali Ngungu', and 'Kali Sang'.

No	Kode Sungai	Nama Sungai	Alamat Sungai	Lokasi Sungai	Titik Koordinat S	Titik Koordinat E	Pilihan
1	010	Sungai Part Raya	Desa Banteng	Hlr	06 01 201	111 46 794	Edit Delete
2	023	Sungai Part Agung	Desa Campodarat	Hlr	06 03 936	111 06 936	Edit Delete
3	030	Sungai Lodooyo	Desa Doyanungu	Hlr	06 06 617	111 53 741	Edit Delete
4	010	Kali Brantas	Desa Ngungu	Hlr	06 01 995	111 55 674	Edit Delete
5	023	Kali Ngungu	Desa Terbak	Hlr	06 04 283	111 06 945	Edit Delete
6	030	Kali Sang	Desa Pangungrepi	Hlr	06 03 595	111 53 382	Edit Delete

Gambar 5.13 Implementasi Halaman Tabel Sungai

The screenshot displays the 'Sistem Monitoring Kualitas Air Sungai' interface with a table of river data. The table lists data for six rivers: 'Sungai Part Raya', 'Sungai Part Agung', 'Sungai Lodooyo', 'Kali Brantas', 'Kali Ngungu', and 'Kali Sang'.

No	Parameter	Metode	Hasil Uji	Keterangan	Pilihan
1	Temperatur	Grainmetry	27.5	Maukutan Keterangan	Simpang
2	Residu Terpadat	Grainmetry	100	Maukutan Keterangan	Simpang
3	Residu Resuspensi	Grainmetry	50	Maukutan Keterangan	Simpang
4	Kekacauan	Grainmetry	14.46	Maukutan Keterangan	Simpang
5	Dk4	Grainmetry	385	Maukutan Keterangan	Simpang
6	DO	Grainmetry	7.57	Maukutan Keterangan	Simpang
7	pH	Grainmetry	7.57	Maukutan Keterangan	Simpang
8	Besi	Grainmetry	1.03	Maukutan Keterangan	Simpang
9	Klorida	Grainmetry	0.546	Maukutan Keterangan	Simpang
10	Nitrat	Grainmetry	2.32	Maukutan Keterangan	Simpang
11	Nitrit	Grainmetry	0.165	Maukutan Keterangan	Simpang
12	Sulfida	Grainmetry	0.155	Maukutan Keterangan	Simpang
13	Mangan	Grainmetry	0.131	Maukutan Keterangan	Simpang
14	Kadm	Grainmetry	0.19	Maukutan Keterangan	Simpang
15	BOD	Grainmetry	34	Maukutan Keterangan	Simpang
16	COD	Grainmetry	47	Maukutan Keterangan	Simpang

Gambar 5.14 Implementasi Halaman Uji Fuzzy Mamdani

The screenshot displays the 'Sistem Monitoring Kualitas Air Sungai' interface with a form for editing data. The form includes fields for 'Id Uji', 'Parameter', 'Metode', 'Hasil Uji', and 'Keterangan'.

Gambar 5.15 Implementasi Edit Data Uji

5.3.2 Implementasi Android

Sistem monitoring kualitas air sungai dilengkapi dengan aplikasi android berbasis web yaitu (*WebView*). Berikut implementasi aplikasi android yang ditunjukkan pada Gambar 5.13.



Gambar 5.16 Implementasi Aplikasi Android

6 PENGUJIAN

6.1 Skenario Pengujian

Skenario dalam pengujian ini dengan menggunakan data dari BLH kabupaten Tulungagung. Dalam pengujian dilakukan sebanyak 12 kali dari data enam sungai yang di *monitoring* oleh BLH Kabupaten Tulungagung. Berikut merupakan data dari enam sungai yang ditunjukkan pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Data Pengujian

No	pH	BOD	COD	DO
1	7.91	43	53	2.19
2	7.97	34	47	3.28
3	8.03	0	37	4.76
4	8.18	14	41	4.78
5	6.4	212	205	1.34
6	6.03	121	264	1.16
7	7.63	35	140	6.54
8	8.46	790	21.6	21.5
9	8.47	0	28.8	9.49
10	7.23	0	4	8.63
11	7.21	0	8.64	7
12	7.02	0	6.24	3.39

6.2 Hasil Pengujian

Tabel 6.2 Tabel Hasil Pengujian Akurasi

N o	Nilai IP	Output IP	Nilai Mamdani	Output Mamdani	Akurasi
1	4.786	Cemar Ringan	4.62	Cemar Ringan	1
2	5.12	Cemar Sedang	5.94	Cemar Sedang	1
3	1.437	Cemar Ringan	2.85	Cemar Ringan	1
4	3.39	Cemar Ringan	5.94	Cemar Sedang	0
5	7.803	Cemar Sedang	9.672	Cemar Sedang	1
6	6.946	Cemar Sedang	9.908	Cemar Sedang	1
7	9.618	Cemar Sedang	6.595	Cemar Sedang	1
8	4.956	Cemar Ringan	4.535	Cemar Ringan	1
9	1.035	Cemar Ringan	1.810	Cemar Ringan	1
10	0.535	Baik	0.75	Baik	1
11	0.611	Baik	0.75	Baik	1
12	1.041	Cemar Ringan	1.811	Cemar Ringan	1

Dari perhitungan Indeks Pencemaran dan Metode Logika Fuzzy Mamdani memiliki akurasi 0 dan 1. Akurasi 1 artinya output dari IP sama dengan Fuzzy Mamdani, dan sebaliknya. Akurasi 0 artinya output dari IP tidak sama dengan Fuzzy Mamdani. Berdasarkan Tabel 6.4 semua percobaan memiliki nilai akurasi 1 antara metode IP dan metode Logika Fuzzy Mamdani. Maka dapat dihitung akurasi sistem sebagai berikut:

$$Akurasi = \frac{12 - 1}{12} \times 100\% = 91,67\%$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa akurasi dari sistem menggunakan metode IP (Indeks Pencemaran) dan metode Fuzzy Mamdani dengan 4 parameter uji mendapat nilai akurasi 100%.

6.3 Analisis

Berdasarkan proses pengujian fitur-fitur yang ada ada sistem dapat digunakan sesuai dengan kebutuhan *user*. Sedangkan pada pengujian akurasi dalam menentukan kualitas air sungai dapat dilihat dari presentase menggunakan 2 metode yang berbeda yaitu metode IP (Indeks Pencemaran) dengan Fuzzy Mamdani. Kelemahan dalam pengujian ini adalah hanya terdapat 12 data pengujian. Dikarenakan BLH Kabupaten Tulungagung melakukan tes untuk mengetahui nilai dari parameter air sungai hanya diadakan 3 kali dalam setahun. Data yang digunakan mulai dari periode II dan II tahun 2015 yaitu mulai dari bulan Juli sampai dengan Nopember. Namun, dari 12 data pengujian terdapat 1 yang bernilai 0, artinya ada nilai yang tidak akurat. Penelitian ini menggunakan 4 parameter yaitu pH, BOD, COD, dan DO. Dengan menggunakan dua metode yang berbeda yaitu metode Indeks Pencemaran dengan metode Fuzzy Mamdani memiliki perbedaan hasil kesimpulan.

7 PENUTUP

7.1 Kesimpulan

1. Sistem Penentuan Tingkat Pencemaran Air Sungai dengan Aplikasi Android berbasis Web dirancang untuk menentukan kualitas air sungai (memenuhi baku mutu, cemar ringan, cemar sedang dan cemar berat). Proses menentukan kualitas air sungai tersebut menggunakan logika Fuzzy Mamdani dengan mengimplementasikan ke dalam bahasa PHP. Selain PHP, aplikasi android juga digunakan untuk memudahkan *user* dalam mengakses data dari database dengan memanggil alamat URL dari *web server*.
2. Dalam penentuan kualitas air sungai menggunakan dua metode yang berbeda, yaitu IP (Indeks Pencemaran) dan Fuzzy Mamdani. Hasil pengujian 12 data dari enam sungai mendapatkan tingkat akurasi sebesar 91,67%.

7.2 Saran

Berikut saran untuk dilakukannya pengembangan selanjutnya adalah:

1. Pada aplikasi android perlu dikembangkan lagi untuk bisa langsung mengakses ke database (berbasis *web service*) sehingga dapat digunakan juga untuk memanipulasi data dari android.
2. Implementasi program Fuzzy Mamdani menggunakan bahasa PHP yang tidak menutup kemungkinan menggunakan bahasa pemrograman lain dalam pengembangan Sistem Pendukung Keputusan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anon, 2012. *Mobile Apps*. [Online] Tersedia di: <http://blog.akakom.ac.id/faridayonarisa/2012/09/07/mobile-apps/> [Diakses 31 Juli 2016]

- Deborah, Anake, 2015. Sistem Rekomendasi Pemilihan PC dengan Metode *Fuzzy*. S1. Universitas Brawijaya.
- Ghazali, 2015. Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kualitas Air Sungai dengan Metode Fuzzy Mamdani. PTIIK, Universitas Brawijaya.
- Menteri Negara Lingkungan hidup nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air. Jakarta.
- Peraturan Pemerintah nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air Dan Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta.
- Smallcrab, 2012. Healthy Articles. [Online] Tersedia di: <http://www.smallcrab.com/kesehatan/1011-empat-parameter-kualitas-limbah> [Diakses 12 April 2016]
- Sunarya, Unang, 2015. Analisis Perbandingan Algoritma Logika Fuzzy Model Sugeno dan Mamdani untuk Pengukuran Kualitas Kolam Air Renang Berbasis Mikrokontroller. Fakultas Ilmu Terapan, Telkom University, Bandung.

