

PENERAPAN ALGORITMA GENETIKA PADA OPTIMASI FUNGSI
KEANGGOTAAN SISTEM INFERENSI *FUZZY* TSUKAMOTO UNTUK
PENENTUAN KUALITAS AIR SUNGAI

SKRIPSI

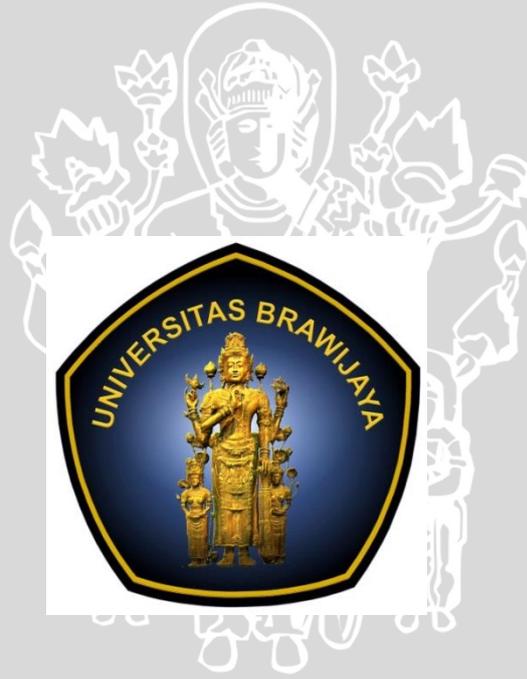
Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:

QOIRUL KOTIMAH

NIM : 125150201111019

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016

PENGESAHAN

PENERAPAN ALGORITMA GENETIKA PADA OPTIMASI FUNGSI
KEANGGOTAAN SISTEM INFERENSI *FUZZY* TSUKAMOTO UNTUK
PENENTUAN KUALITAS AIR SUNGAI

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun Oleh :
QOIRUL KOTIMAH
NIM:12515020111019

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
22 Juli 2016

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Wayan Firdaus Mahmudy, S.Si., M.T., Ph.D
NIP :19720919 199702 001

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Informatika

Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph. D
NIP : 19710518 200312 1 001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 30 Juni 2016



Qoirul Kotimah

NIM: 125150201111019

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang. Puji syukur kehadirat Allah SWT karena limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik yang berjudul “Penerapan Algoritma Genetika Pada Optimasi Fungsi Keanggotaan Sistem Inferensi *Fuzzy Tsukamoto* Untuk Penentuan Kualitas Air Sungai”. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada junjungan Nabi besar Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabatnya. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Komputer di Program Studi Informatika/Illmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya Malang.

Pada kesempatan ini penulis juga ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini, antara lain :

1. Wayan Firdaus Mahmudy, S.Si, M.T., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing, mengarahkan dan memberikan banyak saran kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Issa Arwani, S.Kom, M.Sc selaku Ketua Program Studi Informatika/Illmu Komputer Universitas Brawijaya.
3. Seluruh Dosen FILKOM UB yang telah membagikan ilmunya kepada penulis selama masa perkuliahan.
4. Seluruh Civitas Akademika FILKOM UB yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama menempuh studi di Informatika/Illmu Komputer Universitas Brawijaya dan selama penyelesaian skripsi ini.
5. Kedua Orang Tua Penulis Margono dan Sutampi serta keluarga besar atas segala do’a, nasihat, dukungan baik moril maupun materiil yang begitu besar terhadap kelancaran dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Mas Mazenda yang telah bersedia memberikan referensi/sumber data penelitian kepada penulis.

Dengan kerendahan hati, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat konstruktif sangat dibutuhkan sebagai pedoman untuk menyempurnakan skripsi ini agar lebih baik. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi diri sendiri maupun bagi semua pihak.

Malang, 30 Juni 2016

Qoirul Kotimah

kotimah24@gmail.com

ABSTRAK

Qoirul Kotimah. 2016. Penerapan Algoritma Genetika Pada Optimasi Fungsi Keanggotaan Sistem Inferensi Fuzzy Tsukamoto Untuk Penentuan Kualitas Air Sungai. Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya, Malang. Dosen Pembimbing : Wayan Firdaus Mahmudy, S.Si., M.T., Ph.D.

Air adalah salah satu sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan makhluk lainnya. Sungai merupakan salah satu tempat untuk menampung sumberdaya air di permukaan bumi yang memiliki peran sebagai tempat tinggal beberapa ekosistem air dan harus dijaga kualitasnya. Namun saat ini banyak aktivitas manusia yang menyebabkan sungai tercemar. Meningkatnya aktivitas industri dan aktivitas rumah tangga menjadi salah satu penyebab utama pencemaran yang terjadi pada daerah aliran sungai. Dimana sungai adalah salah satu sumber air terdekat bagi beberapa daerah tempat tinggal manusia. Oleh karena itu diperlukan adanya upaya untuk menjaga kualitas air sungai salah satunya adalah dengan pengukuran dan analisis kualitas air sungai. Sebelumnya telah dilakukan pengukuran kualitas air sungai menggunakan metode STORET dengan waktu dan biaya yang cukup tinggi. Sehingga diperlukan metode lain untuk mempercepat proses perhitungan yakni dengan metode *fuzzy* Tsukamoto yang dapat mengelompokkan data kedalam 4 kelas kualitas air sungai dengan kriteria-kriteria yang ditentukan dengan derajat keanggotaan masing-masing kriteria. Namun, pada metode ini mengalami kesulitan dalam menentukan derajat keanggotaan dari setiap kriteria. Oleh karena itu, dengan menggunakan Algoritma Genetika dapat membantu dalam menentukan setiap derajat keanggotaan dari kriteria yang ada dan mampu menghasilkan nilai akurasi yang cukup tinggi dibandingkan dengan metode *fuzzy* Tsukamoto. Nilai akurasi yang didapatkan adalah sebesar 95% dengan optimasi dari 90% dari fuzzy Tsukamoto tanpa optimasi. Nilai *fitness* terbaik didapatkan dari ukuran populasi sebanyak 80 dan banyak generasi 175 serta kombinasi cr 0,6 dan mr 0,4.

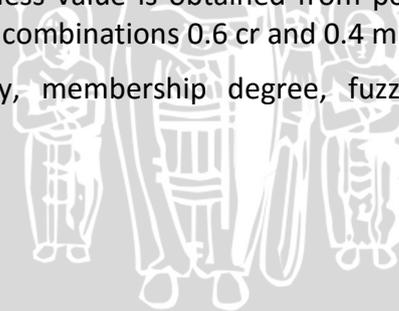
Kata kunci : kualitas air, derajat keanggotaan, fuzzy Tsukamoto, Algoritma Genetika

ABSTRACT

Qoirul Kotimah. 2016. The Application of Genetic Algorithm on Optimize Membership Degrees System Inference Fuzzy Tsukamoto to Determine The River Water Quality. Faculty of Computer Science, Universitas Brawijaya, Malang. Lecture : Wayan Firdaus Mahmudy, S.Si., M.T., Ph.D.

Water is one of the natural resources which is very important for human life and other creatures. The river is one of places to accommodate water resources in the earth's which is has a role as a living place for some water ecosystems and its quality must be protected. But nowadays many human activity causing rivers polluted. The Increasing of the industrial and household activity became one of the main causes of pollution that occurs in river flow areas where the river is one of the nearest water sources for several areas of human habitation. Therefore, needs to be an attempt to maintain the quality of water river. Some methods of them are by measurement and analysing the quality of river water. Previously been conducted the measurement of river water quality using STORET method with the quite high time and costs. So, it needs another method to speed up the calculation process with Tsukamoto fuzzy method which can classify data into 4 classes with the river water quality criteria determined by the membership degree of each criterion. But in this method, found that difficulty in determining degrees each criterion. Therefore, using Genetic Algorithms can help in determining the membership degrees of each criterion and able to produce higher accuracy value result than using Tsukamoto fuzzy method. Values obtained accuracy is 95% with optimize 90% of the fuzzy Tsukamoto without optimization. The best fitness value is obtained from population size is 80 and many generations 175 and combinations 0.6 cr and 0.4 mr.

Keywords : water quality, membership degree, fuzzy Tsukamoto, Genetic algorithms



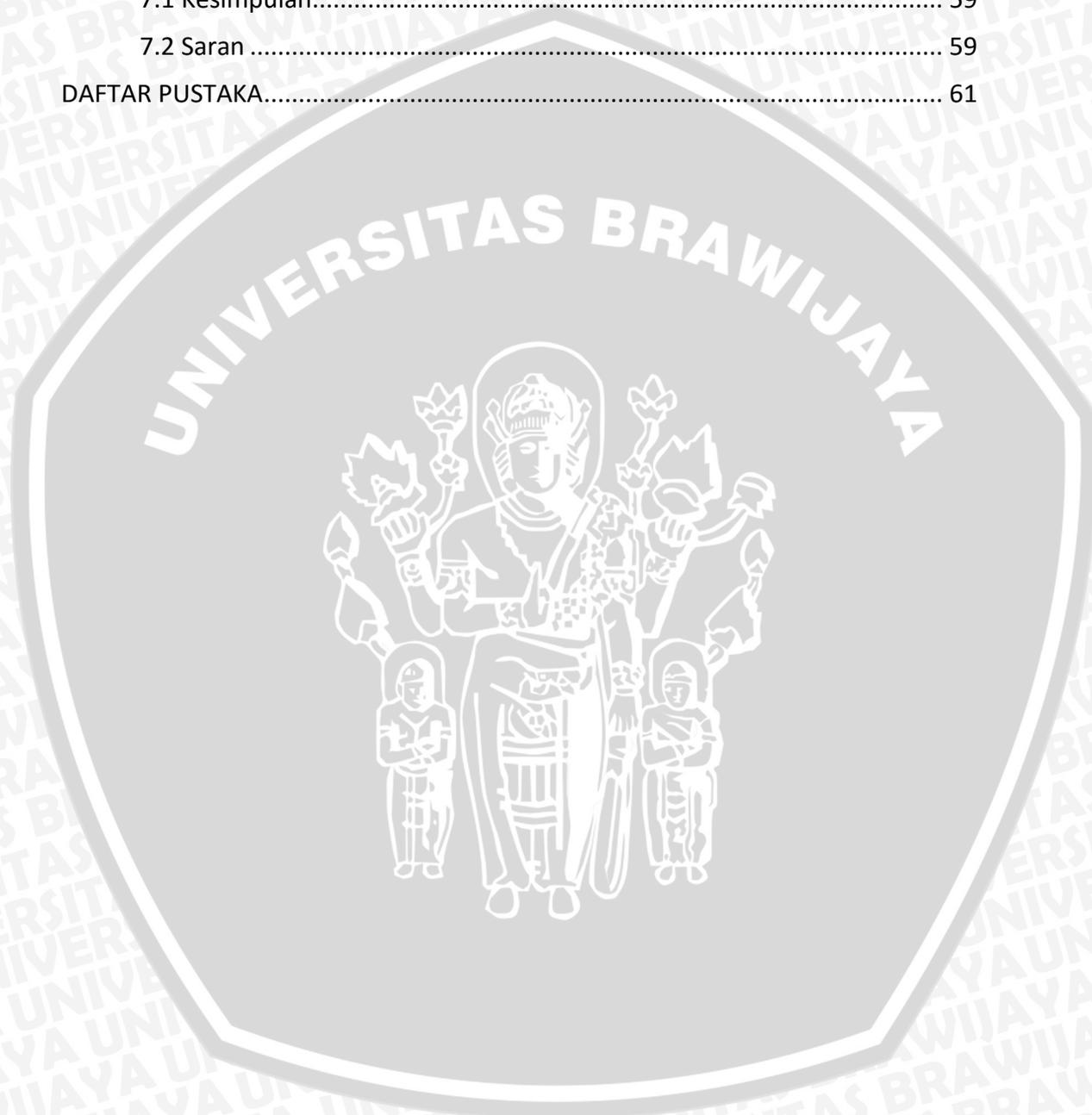
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR PERSAMAAN.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Pembahasan.....	3
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Air.....	6
2.2.1 Pencemaran Air.....	7
2.2.2 Parameter Fisika-Kimia Untuk Uji Kualitas Air.....	8
2.3 Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i> Tsukamoto.....	10
2.4 Algoritma genetika.....	11
2.4.1 Inisialisasi	12
2.4.2 Reproduksi	13
2.4.3 Evaluasi.....	13
2.4.4 Seleksi.....	13
BAB 3 METODOLOGI	14
3.1 Tahapan Penelitian	14



3.1.1 Studi Literatur	15
3.1.2 Pengumpulan dan Analisis Data.....	15
3.1.3 Analisis dan Perancangan	15
3.1.4 Implementasi	15
3.1.5 Pengujian dan Evaluasi.....	15
3.1.6 Kesimpulan	16
3.2 Teknik Pengumpulan Data	16
3.3 Algoritma Yang Digunakan.....	16
3.4 Kebutuhan Sistem	16
3.5 Pengujian Algoritma.....	17
3.5.1 Pengujian Ukuran Populasi (popSize)	17
3.5.2 Pengujian Kombinasi <i>Crossover Rate</i> (cr) dan <i>Mutation Rate</i> (mr)	17
3.5.3 Pengujian Ukuran Generasi.....	18
BAB 4 PERANCANGAN.....	19
4.1 Formulasi Permasalahan.....	19
4.2 Siklus Penyelesaian Masalah Dengan Menggunakan <i>Fuzzy Tsukamoto</i>	19
4.3 Siklus Algoritma	33
4.3.1 Representasi Kromosom dan Perhitungan <i>Fitness</i>	34
4.3.2 Inisialisasi Populasi Awal	38
4.3.3 Reproduksi	40
4.3.4 Seleksi.....	41
4.3.5 Hitung Nilai <i>Fitness</i>	43
BAB 5 IMPLEMENTASI	44
5.1 Struktur <i>class</i>	44
5.2 Implementasi Kode Program	45
5.2.1 Implementasi Inisialisasi Populasi Awal.....	46
5.2.2 Implementasi Reproduksi	46
5.2.3 Implementasi Perhitungan Nilai <i>Fitness</i>	49
5.2.4 Implementasi Seleksi.....	50
BAB 6 PENGUJIAN	53
6.1 Pengujian Ukuran Populasi	53

6.2 Pengujian Kombinasi <i>Crossover Rate</i> (cr) dan <i>Mutation Rate</i> (mr).....	54
6.3 Pengujian Jumlah Generasi.....	55
6.4 Hasil dan Analisis Akurasi Sistem.....	56
BAB 7 PENUTUP	59
7.1 Kesimpulan.....	59
7.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	61



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kajian Pustaka	5
Tabel 2.2 Kriteria Kualitas Air Berdasarkan Kelasnya	10
Tabel 2.3 Inisialisasi kromosom	12
Tabel 3.1 Pengujian Ukuran Populasi.....	17
Tabel 3.2 Pengujian Kombinasi <i>Crossover Rate (cr)</i> dan <i>Mutation Rate (mr)</i>	18
Tabel 3.3 Pengujian Ukuran Generasi.....	18
Tabel 4.1 Data Parameter Kualitas Air Sungai	19
Tabel 4.2 Rentang nilai <i>fuzzy</i> dari masing-masing kriteria.....	20
Tabel 4.3 Tabel Klasifikasi Kualitas Air Sungai.....	26
Tabel 4.4 Pembentukan Basis Pengetahuan.....	28
Tabel 4.5 Nilai Potensi Dari Masing-Masing Aturan	31
Tabel 4.6 Hasil Akhir Dari Kualitas Air Sungai	31
Tabel 4.7 Tabel Akurasi Dengan Keseluruhan Data	32
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan <i>Fuzzy Tsukamoto</i> dengan Kromosom P1	35
Tabel 4.9 Perbandingan Akurasi	37
Tabel 6.1 Hasil Pengujian Ukuran Populasi.....	53
Tabel 6.2 Hasil Pengujian Kombinasi <i>cr</i> dan <i>mr</i>	54
Tabel 6.3 Hasil Pengujian Jumlah Generasi.....	56
Tabel 6.4 Hasil analisis sistem.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Tahapan Penelitian.....	14
Gambar 4.1 Grafik <i>fuzzy</i> TSS	21
Gambar 4.2 Grafik <i>fuzzy</i> BOD.....	21
Gambar 4.3 Grafik <i>fuzzy</i> COD.....	22
Gambar 4.4 Grafik <i>fuzzy</i> DO.....	23
Gambar 4.5 Grafik <i>fuzzy</i> pH	24
Gambar 4.6 Grafik <i>fuzzy</i> fenol.....	25
Gambar 4.7 Grafik <i>fuzzy</i> minyak dan lemak	26
Gambar 4.8 Grafik <i>fuzzy</i> variabel kesimpulan	27
Gambar 4.9 Diagram Alir Sistem.....	34
Gambar 4.10 Representasi Kromosom <i>Real-Coded</i>	35
Gambar 4.11 Diagram Alir Inisialisasi Populasi Awal.....	39
Gambar 4.12 Diagram Alir Proses <i>Extended Intermediate Crossover</i>	40
Gambar 4.13 Diagram Alir Proses Mutasi.....	41
Gambar 4.14 Diagram Alir Proses Seleksi	42
Gambar 4.15 Diagram Alir Perhitungan Nilai <i>Fitness</i>	43
Gambar 5.1 Struktur Kelas	45
Gambar 5.2 Kode Program Proses Inisialisasi Populasi Awal	46
Gambar 5.3 Kode Program Proses <i>Crossover</i>	47
Gambar 5.4 Kode Program Proses Mutasi.....	49
Gambar 5.5 Kode Program Proses Perhitungan Nilai <i>Fitness</i>	50
Gambar 5.6 Implementasi Proses Seleksi.....	51
Gambar 6.1 Grafik Hasil Pengujian Ukuran Populasi	54
Gambar 6.2 Grafik Hasil Pengujian Kombinasi <i>cr</i> dan <i>mr</i>	55
Gambar 6.3 Grafik Hasil Pengujian Jumlah Generasi.....	56

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan (2-1) Nilai Z	11
Persamaan (2-2) Defuzzifikasi	11
Persamaan (2-3) Defuzzifikasi	11
Persamaan (2-4) Menghitung nilai <i>fitness</i>	13
Persamaan (2-5) Menghitung nilai minimum <i>fitness</i>	13
Persamaan (2-6) Menghitung nilai minimum fitness	13
Persamaan (4-1) Himpunan <i>fuzzy</i> TSS baik	21
Persamaan (4-2) Himpunan <i>fuzzy</i> TSS buruk	21
Persamaan (4-3) Himpunan <i>fuzzy</i> BOD sangat baik.....	22
Persamaan (4-4) Himpunan fuzzy BOD baik	22
Persamaan (4-5) Himpunan fuzzy BOD sedang	22
Persamaan (4-6) Himpunan fuzzy BOD buruk	22
Persamaan (4-7) Himpunan fuzzy COD sangat baik.....	23
Persamaan (4-8) Himpunan fuzzy COD baik	23
Persamaan (4-9) Himpunan fuzzy COD sedang	23
Persamaan (4-10) Himpunan fuzzy COD buruk	23
Persamaan (4-11) Himpunan fuzzyDO sangat baik	24
Persamaan (4-12) Himpunan fuzzy DO baik	24
Persamaan (4-13) Himpunan fuzzy DO sedang.....	24
Persamaan (4-14) Himpunan fuzzy DO buruk.....	24
Persamaan (4-15) Himpunan fuzzy pH baik.....	25
Persamaan (4-16) Himpunan fuzzy ph buruk	25
Persamaan (4-17) Himpunan fuzzy fenol baik	25
Persamaan (4-18) Himpunan fuzzy fenol buruk	25
Persamaan (4-19) Himpunan fuzzy minyak & lemak baik	26
Persamaan (4-20) Himpunan fuzzy minyak & lemak buruk.....	26
Persamaan (4-21) Himpunan fuzzy kesimpulan memenuhi	27
Persamaan (4-22) Himpunan fuzzy kesimpulan tercemar ringan	27
Persamaan (4-23) Himpunan fuzzy kesimpulan tercemar sedang	27
Persamaan (4-24) Himpunan fuzzy kesimpulan tercemar berat	27
Persamaan (4-25) Akurasi	38

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air adalah salah satu sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan manusia dan makhluk lainnya. Sungai merupakan salah satu tempat atau wadah untuk menampung sumberdaya air yang mengalir menuju tempat terendah dari permukaan bumi. Sungai berperan sebagai perairan yang menjadi tempat tinggal beberapa ekosistem air di muka bumi yang mengalir dari hulu ke hilir. Sungai merupakan salah satu sumber air yang terdekat bagi beberapa penduduk di daerah pedesaan dan perkotaan di Indonesia. Namun sungai yang menjadi bagian penting dari sumber kehidupan manusia telah banyak tercemar. Hal ini banyak disebabkan oleh aktivitas manusia yang terjadi di daerah tangkapan air yang menjadi pasokan air sungai yang selanjutnya dialirkan pada pemukiman warga. Meningkatnya aktivitas industri dan aktivitas rumah tangga menjadi salah satu penyebab utama pencemaran yang terjadi pada daerah aliran sungai.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Agustiningsih (2012) pembuangan limbah industri dan rumah tangga yang tidak melalui proses penyaringan menjadi penyumbang pada penurunan kualitas dan kuantitas air sungai. Oleh karena itu perlu adanya upaya untuk menjaga kualitas, kuantitas dan kontinuitas air agar ekosistem yang ada didalamnya tetap seimbang yaitu dengan melakukan pemantauan dan pengendalian pencemaran air secara berkala. Upaya untuk pemantauan dan pengendalian pencemaran air adalah melakukan pengukuran dan analisis kualitas air agar diketahui sebab dan faktor apa saja yang dapat mempengaruhi pencemaran, sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 (Peraturan, 2001). Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Pasal 2 Tahun 2003, pedoman untuk menentukan status kualitas air dengan menggunakan metoda STORET atau Metoda Indeks Pencemaran (Keputusan, 2003). Dalam penentuan kualitas air dengan menggunakan metoda STORET ini masih terhitung secara manual sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama dan membutuhkan biaya laboratorium yang cukup mahal. Perkembangan teknologi yang sudah ada sekarang ini, dapat memberikan solusi untuk membantu proses perhitungan dan penentuan kualitas air agar lebih cepat dan tidak memerlukan biaya yang cukup banyak serta memiliki hasil akurasi yang cukup tinggi.

Salah satu penelitian yang berkaitan dengan penentuan kualitas air sungai telah dilakukan oleh Mazenda dkk (2015) dengan menggunakan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) metode Fuzzy Tsukamoto. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan terhadap kualitas air sungai dengan kriteria fisika kimia yang telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah no. 82 tahun 2001. Parameter-parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah TSS, BOD, DO, pH, fenol, serta minyak dan lemak. Pada penelitian ini dilakukan pengujian pada 60 data dengan membandingkan pengujian kualitas air sungai menggunakan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) metode Fuzzy Tsukamoto dengan

perbandingan metode STORET. Berdasarkan hasil yang ada terdapat 6 data yang berbeda antara perhitungan Sistem Pendukung Keputusan (SPK) metode Fuzzy Tsukamoto dengan metode STORET sehingga didapatkan akurasi sebesar 90% (Mazenda, 2015). Akurasi tersebut merupakan akurasi yang cukup optimal namun dari metode tersebut dapat dilakukan optimasi batasan dari masing-masing parameter yang telah ditetapkan.

Banyak sekali penelitian mengenai optimasi yang telah dilakukan dengan berbagai macam studi kasus. Beberapa penelitian memilih menggunakan algoritma genetika sebagai metode dalam menyelesaikan masalah untuk memperoleh solusi maksimum dalam waktu yang cepat (Widodo dan Mahmudy, 2010). Salah satu penelitian dengan menggunakan algoritma genetika dilakukan oleh Restuputri dkk (2015) yang digunakan untuk mengoptimasi fungsi keanggotaan dari fuzzy tsukamoto dua tahap dalam kasus pemilihan calon penerima beasiswa dan BBP-PPA. Hasil akhir dari uji coba pada penelitian ini didapatkan nilai parameter terbaik yakni populasi sebesar 80, kombinasi cr 0,5 dan mr 0,5 serta banyaknya generasi adalah 150 untuk penentuan Beasiswa-PPA dan BBP-PPA.

Berdasarkan dari pemaparan permasalahan dan penelitian sebelumnya, maka penulis mengusulkan judul "Penerapan Algoritma Genetika Pada Optimasi Fungsi Keanggotaan Sistem Inferensi Fuzzy Tsukamoto Untuk Penentuan Kualitas Air Sungai". Penulis menerapkan algoritma genetika untuk mengoptimasi solusi pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Mazenda (2015). Pada penelitian ini digunakan data uji yang sama dengan penelitian sebelumnya untuk mendapatkan perbandingan solusi terbaik dengan penelitian sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang dapat dirumuskan suatu permasalahan antara lain :

1. Bagaimana menerapkan algoritma genetika pada optimasi *fuzzy* Tsukamoto untuk penentuan kualitas air sungai ?
2. Bagaimana cara menentukan nilai parameter algoritma genetika terbaik untuk mengoptimasi *fuzzy* Tsukamoto ?
3. Bagaimana tingkat akurasi *fuzzy* Tsukamoto yang telah dioptimasi menggunakan algoritma genetika?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui apakah algoritma genetika dapat memberikan solusi yang lebih baik dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.
2. Untuk mengetahui bagaimana cara menentukan representasi kromosom terbaik untuk optimasi penentuan kualitas air sungai.
3. Untuk mengetahui tingkat akurasi dari optimasi *fuzzy* Tsukamoto dengan menggunakan algoritma genetika.

1.4 Manfaat

Berdasarkan penjabaran latar belakang, rumusan masalah dan tujuan, penelitian ini mempunyai manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan alternatif metode perhitungan dengan solusi yang lebih baik untuk memudahkan dalam penentuan kualitas air sungai.
2. Memberikan pengetahuan yang lebih bagi pembaca tentang penerapan algoritma genetika pada beberapa masalah salah satunya untuk menentukan kualitas air sungai.

1.5 Batasan Masalah

Dari perumusan masalah yang dibuat, diberikan batasan masalah diantaranya :

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mazenda (2015).
2. Penelitian ini dibatasi hanya menggunakan algoritma genetika tanpa menggunakan metode lainnya.
3. Penelitian ini digunakan untuk mendapatkan solusi yang lebih baik dibandingkan penelitian sebelumnya.
4. Beberapa parameter yang akan digunakan untuk acuan dalam penelitian ini adalah residu tersuspensi (TSS), BOD, COD, DO, pH, Fenol, serta Minyak dan Lemak.
5. Pembahasan perhitungan kualitas air sungai yang ada dalam penelitian ini menggunakan kriteria parameter fisika-kimia yang telah ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah no. 82 tahun 2001.

1.6 Sistematika Pembahasan

Penulisan skripsi ini disusun berdasarkan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang permasalahan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat, serta sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori-teori yang diambil dari sumber pustaka terkait dengan teori-teori yang mendukung dalam penerapan algoritma genetika pada optimasi penentuan kualitas air sungai.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penulisan laporan penelitian yang meliputi studi literatur, perancangan sistem, implementasi sistem, pengujian dan analisis, serta penulisan laporan.

BAB IV PERANCANGAN

Bab ini membahas mengenai perancangan sistem yang terdiri atas analisis kebutuhan dan perancangan desain sistem untuk permasalahan rekomendasi kualitas air sungai dengan algoritma genetika.

BAB V IMPLEMENTASI

Bab ini membahas proses implementasi dari sistem tentang rekomendasi kualitas air sungai sesuai dengan perancangan yang telah dibangun.

BAB VI PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini memuat hasil dan proses dari pengujian terhadap sistem tentang rekomendasi kualitas air sungai menggunakan algoritma genetika yang telah direalisasikan.

BAB VII PENUTUP

Bab ini memuat kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan dan pengujian sistem yang dikembangkan untuk merekomendasikan kualitas air sungai menggunakan algoritma genetika dan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.



BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Kajian Pustaka

Berdasarkan judul skripsi yang akan dibahas, penulis akan menggunakan beberapa referensi dari hasil penelitian terkait untuk mendukung penelitian penulis. Kajian pustaka yang akan digunakan penulis sebagai pembandingan penulis dalam melakukan penelitian ini ditampilkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kajian Pustaka

No.	Judul (Tahun)	Penulis	Perbandingan	
			Kajian Pustaka	Skripsi Penulis
1.	Implementasi Fuzzy Inference System (FIS) Metode Tsukamoto Pada Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kualitas Air Sungai (2015)	Galuh Mazenda, Arief Andy Soebroto, Candra Dewi	Pada penelitian ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi kualitas air sungai dengan sistem pendukung keputusan menggunakan metode FIS Tsukamoto dengan hasil akurasi sebesar 90%.	Pada skripsi penulis menggunakan metode algoritma genetika bertujuan untuk memberikan solusi optimum dengan nilai akurasi yang lebih optimal dari rekomendasi kualitas air sungai.
2.	Optimasi Fungsi Keanggotaan Fuzzy Tsukamoto Dua Tahap Menggunakan Algoritma Genetika Pada Pemilihan Calon Penerima Beasiswa dan BBP-PPA (Studi Kasus : PTIIK Universitas Brawijaya Malang) (2015)	Bunga Amelia Restuputri, Wayan Firdaus Mahmudy, Imam Cholissodin	Pada penelitian ini bertujuan untuk optimasi fungsi keanggotaan fuzzy tsukamoto dua tahap pada kasus pemilihan calon beasiswa dan BBP-PPA. Pemecahan permasalahan ini menggunakan metode algoritma genetika. Akurasi yang didapatkan sebesar 98,7 %.	Pada skripsi penulis bertujuan untuk memberikan solusi optimal dari rekomendasi kualitas air sungai. Pada skripsi penulis, penyelesaian masalahnya menggunakan metode algoritma genetika.
3.	Perbandingan Algoritma Exhaustive, Algoritma Genetika dan Algoritma Jaringan Saraf Tiruan Hopfield untuk Pencarian Rute	Rudy Adipranata, Felicia Soedjinanto, Wahyudi Tjondro	Pada penelitian ini membandingkan 3 algoritma yaitu algoritma Exhaustive Combinational, algoritma genetika dan algoritma jaringan saraf tiruan Hopfield dalam pencarian rute	Pada penelitian ini penulis menggunakan algoritma genetika untuk mendapatkan pilihan parameter yang tepat sehingga akan didapatkan solusi yang lebih

<p>Terpendek</p>		<p>terpendek untuk kasus TSP (<i>Travelling Salesman Problem</i>). Pada akhir penelitian didapatkan bahwa algoritma genetika bekerja lebih baik daripada kedua algoritma yang lain. Ditinjau dari jarak yang dihasilkan serta waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan pada algoritma. Algoritma genetika memberikan pilihan parameter yang lebih tepat sehingga menghasilkan rute yang lebih optimum.</p>	<p>optimum.</p>
------------------	--	---	-----------------

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang menggunakan algoritma genetika sebagai metode penyelesaian menilai jika algoritma genetika mampu menjadi salah satu alternatif untuk menyelesaikan permasalahan yang sederhana maupun yang kompleks.

2.2 Air

Air merupakan bagian dari kehidupan permukaan bumi yang memiliki peran penting. Menurut Latif dkk (2012) air sebagai salah satu materi utama bagi kehidupan yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan hidup orang banyak, bahkan oleh semua makhluk hidup. Maka dari itu keberadaan dan kualitasnya perlu dilindungi agar dapat tetap bermanfaat bagi kehidupan manusia serta makhluk hidup lainnya. Hal ini berarti bahwa pemanfaatan air untuk berbagai kepentingan makhluk hidup harus dilakukan secara baik dengan memperhitungkan kepentingan generasi sekarang dan yang akan datang. Namun, sebagai akibat dari pesatnya proses pembangunan di segala bidangserta laju pertumbuhan penduduk yang semakin cepat menyebabkan pemanfaatan air tidak lagi dilakukan sebagaimana mestinya. Hal ini memberikan dampak negatif yang tidak sedikit yaitu mempengaruhi baik sifat fisik maupun sifat kimia air, sehingga menurunkan kualitas air.

Upaya pelestarian kualitas air merupakan upaya untuk memelihara fungsi air agar kualitasnya tetap pada kondisi alamiahnya. Pelestarian kualitas air dilakukan pada sumber air yang terdapat di hutan lindung. Selain itu upaya pengelolaan kualitas air pada sumber air di luar hutan lindung dapat dilakukan dengan



pengendalian pencemaran air, yaitu upaya memelihara fungsi air sehingga kualitas air memenuhi baku mutu.

Menurut PP. Nomor 82 Tahun 2001, klasifikasi mutu air ditetapkan menjadi empat kelas yaitu :

- Kelas I : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- Kelas II : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- Kelas III : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut;
- Kelas IV : air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

2.2.1 Pencemaran Air

Pencemaran air secara umum sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 01 tahun 2010 didefinisikan sebagai masuknya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam air akibat sisa kegiatan manusia, sehingga akan menurunkan mutu air mencapai ke tingkat tertentu yang menyebabkan air tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya. Pencemaran dari definisi tersebut dapat dibedakan menjadi tiga macam yaitu pencemaran air, tanah dan udara. Pencemaran air atau biasa disebut dengan limbah cair yang mencemari sepanjang aliran sungai dapat dibedakan menjadi dua, yaitu :

1. Limbah Domestik

Limbah domestik (limbah rumah tangga) berasal dari limbah buangan rumah tangga yang diakibatkan kegiatan manusia disepanjang aliran sungai. Limbah domestik dapat berwujud gas, padat atau cair.

2. Limbah Industri

Limbah industri berasal dari sisa bahan buangan yang digunakan untuk memproses bahan baku menjadi produk industri. Karakteristik limbah industri sangat bervariasi tergantung dari jenis produksinya.

Pencemaran air dapat diketahui melalui beberapa cara, diantaranya melalui pengamatan tidak langsung dan pengamatan langsung. Pengamatan tidak langsung dilakukan melalui keluhan penduduk pemakai air yang berbau tidak sedap atau berbau bahan kimia. Ada juga yang melakukan pengamatan dengan menyaksikan banyaknya ikan yang mati di perairan yang mereka gunakan untuk keperluan rumah tangga. Sedangkan pengamatan langsung dilakukan melalui indera untuk mengidentifikasi bau busuk, rasa tidak enak dan kekeruhan. Selain itu identifikasi masalah dapat juga diperoleh dengan mempelajari laporan hasil

penelitian dan monitoring yang dilakukan oleh suatu instansi pemerintah maupun swasta.

2.2.2 Parameter Fisika-Kimia Untuk Uji Kualitas Air

Sebagai petunjuk terjadinya pencemaran air digunakan parameter pencemar air sebagai indikator agar dapat dilakukan pencegahan dan penanggulangan pada pencemaran yang terjadi. Pada penelitian ini akan digunakan acuan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003 tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air sebagai standar parameter mutu air (Keputusan, 2003). Sedangkan Baku Mutu Air menggunakan acuan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran (Peraturan, 2001). Beberapa parameter fisika-kimia untuk menguji kualitas air sungai dapat diuraikan sebagai berikut :

a. Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid merupakan material padat dengan diameter $> 1 \mu\text{m}$ yang terdiri dari lumpur, pasir halus dan jasad-jasad renik yang sebagian besar disebabkan oleh adanya pengikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa oleh badan air. Menurut Parwati (2014) nilai TSS digunakan untuk mengetahui kualitas air di suatu persairan karena nilai TSS yang tinggi menunjukkan tingginya tingkat pencemaran dan menghambat penetrasi cahaya kedalam air sehingga mengakibatkan terganggunya proses fotosintesis dari biota air.

b. Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD)

Kebutuhan oksigen biologi (BOD) didefinisikan sebagai banyaknya oksigen yang diperlukan oleh organisme pada saat pemecahan bahan organik, pada kondisi aerobik. Pemecahan bahan organik diartikan bahwa bahan organik ini digunakan oleh organisme sebagai bahan makanan dan energinya diperoleh dari proses oksidasi. Penentuan BOD sangat penting untuk menelusuri aliran pencemaran dari tingkat hulu ke muara (Salmin, 2005).

c. Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD)

Kebutuhan Oksigen Kimiawi (COD) adalah jumlah oksigen (mg O_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 l sampel air, dimana pengoksidasi $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (oxidizing agent). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut didalam air (Muthawali, 2010).

d. Oksigen Terlarut (DO)

Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut. Kecepatan difusi oksigen dari udara, tergantung sari beberapa faktor, seperti kekeruhan air, suhu, salinitas, pergerakan massa air dan udara seperti arus, gelombang dan pasang surut. Oksigen memegang

peranan penting sebagai indikator kualitas perairan, karena oksigen terlarut berperan dalam proses oksidasi dan reduksi bahan organik dan anorganik. Selain itu, oksigen juga menentukan klan biologis yang dilakukan oleh organisme aerobik atau anaerobik. Dalam kondisi aerobik, peranan oksigen adalah untuk mengoksidasi bahan organik dan anorganik dengan hasil akhirnya adalah nutrisi yang pada akhirnya dapat memberikan kesuburan perairan. Dalam kondisi anaerobik, oksigen yang dihasilkan akan mereduksi senyawa-senyawa kimia menjadi lebih sederhana dalam bentuk nutrisi dan gas. Karena proses oksidasi dan reduksi inilah maka peranan oksigen terlarut sangat penting untuk membantu mengurangi beban pencemaran pada perairan secara alami (Salmin, 2005).

e. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) didalam suatu perairan merupakan salah satu parameter kimia yang penting dalam memantau kualitas perairan. Nilai pH dalam suatu perairan merupakan suatu indikasi terganggunya perairan tersebut. Berkurangnya nilai pH dalam suatu perairan ditandai dengan semakin meningkatnya senyawa organik di perairan tersebut. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup kriteria Nilai Ambang Batas (NAB) pH yaitu 6,5-8,5 (Simanjuntak, 2012).

f. Fenol

Fenol merupakan senyawa kimia beracun yang biasa terkandung dalam limbah cair industri pulp dan kertas. Dampak negatif adanya senyawa fenol dan turunannya dalam perairan sungai dapat menyebabkan penyimpangan reproduksi pada zooplankton dan invertebrata yang merupakan kelompok sumber makanan dari ikan yang dapat menyebabkan kerusakan genetik dan gangguan sistem kekebalan tubuh pada ikan. Fenol akan berbahaya bagi biota air jika konsentrasinya melebihi 4,38 mg/L. Selain berdampak negatif bagi biota perairan, senyawa tersebut juga membahayakan masyarakat sekitar sungai yang mengonsumsi air tersebut. Bagi manusia, senyawa fenol dan turunannya dapat menimbulkan gangguan kesehatan seperti gangguan perkembangan janin, cacat lahir, dan kanker (Purwaningsih, 2009).

g. Lemak dan Minyak

Lemak dan minyak merupakan salah satu kelompok golongan lipid, yaitu senyawa organik yang terdapat di alam serta tidak larut dalam air (Herlina dalam Abuzar dkk, 2012). Kadar maksimum lemak dan minyak yang boleh dibuang ke perairan adalah sebesar 5 mg/L. Tingginya kandungan lemak dan minyak dalam perairan dapat merusak ekosistem perairan (Abuzar dkk, 2012).

Kriteria kualitas air berdasarkan kelasnya dapat ditunjukkan pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Kriteria Kualitas Air Berdasarkan Kelasnya

No	Parameter	Satuan	Kelas Air			
			I	II	III	IV
	FISIKA					
1	Residu Tersuspensi/TSS	mg/L	50	50	400	400
	KIMIA					
	a. Anorganik					
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	pH	mg/L	6-9	6-9	6-9	5-9
	b. Organik					
6	Fenol	mg/L	0.001	0.001	0.001	-
7	Minyak & lemak	mg/L	1	1	1	-

Sumber : (Peraturan, 2001)

2.3 Sistem Inferensi *Fuzzy* Tsukamoto

Metode Tsukamoto pertama kali diperkenalkan oleh Tsukamoto pada tahun 1979, yang merupakan salah satu metode pengambilan keputusan. Metode ini berlaku untuk setiap penalaran dengan aturan yang monoton, maksudnya adalah untuk digunakan pada sebuah sistem dengan hanya satu aturan. Implikasi dari setiap aturan berbentuk implikasi "Sebab Akibat" atau Implikasi "Input-Output" dimana setiap konsekuen harus berhubungan. Setiap aturan diwakili menggunakan asosiasi fuzzy, dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Kemudian, untuk menentukan hasil dari sebuah perusahaan (Crisp Solution) digunakan dengan rumus pernyataan (defuzzifikasi) disebut "berpusat metode rata-rata" (Kusumadewi dalam Soraya, 2014). Menurut Ula (2014) dalam inferensinya metode Tsukamoto menggunakan tahapan sebagai berikut :

1. Fuzzifikasi
2. Pembentukan basis pengetahuan Fuzzy (rule dalam bentuk IF.... Then)
3. Mesin inferensi

Menggunakan fungsi implikasi MIN untuk mendapatkan nilai α -predikat tiap-tiap rule ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$). Kemudian nilai α -predikat ini digunakan untuk menghitung keluaran hasil inferensi secara tegas (crisp) masing-masing rule ($z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$)

4. Defuzzifikasi

Menggunakan metode rata-rata (Average) formulasi ini adalah untuk menentukan nilai output (Z), dengan mengubah input (dalam bentuk *fuzzy* set yang berasal dari komposisi aturan *fuzzy*) menjadi beberapa *fuzzy* set dalam domain. Dengan keterangan Z adalah variabel output, α_i adalah nilai α predikat dan z_i adalah nilai variabel output. Nilai keanggotaan (α) akan dicari pada setiap aturan dan jika aturan lebih dari satu maka akan dilakukan agregasi semua aturan. Selanjutnya nilai agregasi akan dilakukan defuzzifikasi untuk mendapatkan nilai crisp sebagai output (Soraya, 2014). Berikut persamaan untuk proses defuzzifikasi *fuzzy* Tsukamoto :

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n aizi}{\sum_{i=1}^n ai}$$

2-1

Sistem inferensi *fuzzy* metode Tsukamoto didasarkan pada konsep penalaran monoton. Karena menggunakan konsep dasar penalaran monoton, pada metode Tsukamoto setiap konsekuensi pada aturan berbentuk jika harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Keluaran hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas berdasarkan α -predikat (fire strength).

Pada metode FIS Tsukamoto, setiap konsekuensi pada aturan yang berbentuk IF-Then direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton dan hasil akhirnya akan diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot (Farouq dan Sholihin, 2014).

Metode FIS Tsukamoto menggunakan metode defuzzifikasi (penegasan) untuk fungsi keanggotaan monoton secara khusus disebut metode defuzzifikasi dengan rata-rata terpusat (Center Average Defuzzyfier). Ada dua aturan yang digunakan yaitu :

[R1] IF (x is A1) and (y is B2) THEN (z is C1)

2-2

[R2] IF (x is A2) and (y is b1) THEN (z is C2)

2-3

2.4 Algoritma genetika

Algoritma genetika merupakan salah satu cabang dari algoritma evolusi dimana bertujuan untuk mencari solusi dari suatu permasalahan terutama dalam masalah optimasi (Putri dkk, 2015). Salah satu penerapannya oleh Restuputri dkk (2015) yaitu pada optimasi fungsi keanggotaan *fuzzy* Tsukamoto dua tahap menggunakan algoritma genetika pada pemilihan calon penerima beasiswa dan BBP-PPA (Studi kasus : PTIIK Universitas Brawijaya Malang). Untuk menghasilkan suatu solusi optimal, algoritma genetika melakukan proses pencarian diantara sejumlah alternatif titik optimal berdasarkan fungsi probabilistic (Michalewicz dalam Widodo, 2010).

Kelebihan algoritma genetika sebagai metode optimasi adalah sebagai berikut (Mahmudy, 2013) :

- Algoritma genetika sebagai metode optimasi dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah yang luas dan kompleks (Gen & Cheng dalam Mahmudy, 2013).
- Individu pada populasi dapat dibagi menjadi sub-populasi yang diproses pada komputer secara paralel sehingga akan mengurangi waktu komputasi pada masalah yang sangat kompleks (Defersha & Chen, Qi, Burn & Harrison dalam Mahmudy, 2013).
- Algoritma genetika menghasilkan himpunan solusi yang optimal yang sangat berguna pada penyelesaian masalah dengan banyak obyektif (Mahmudy & Rahman dalam Mahmudy, 2013).
- Algoritma genetika dapat menyelesaikan masalah dengan banyak variabel dimana variabel tersebut bisa kontinu, diskrit atau campuran (Haupt & Haupt dalam Mahmudy, 2013)

- Algoritma genetika menggunakan kromosom untuk mengkodekan solusi sehingga bisa melakukan pencarian tanpa memperhatikan informasi derivative yang spesifik dari masalah yang diselesaikan (Gen & Cheng, Haupt & Haupt dalam Mahmudy, 2013).
- Algoritma genetika dapat diimplementasikan pada berbagai macam data seperti data yang dibangkitkan secara numerik atau menggunakan fungsi analitis (Haupt & Haupt dalam Mahmudy 2013).
- Algoritma genetika cukup fleksibel untuk dikolaborasikan dengan algoritma lainnya (Gen & Cheng dalam Mahmudy, 2013). Beberapa penelitian membuktikan bahwa algoritma genetika hybrid sangat efektif untuk menghasilkan solusi yang lebih baik (Mahmudy, Marian & Luong dalam Mahmudy, 2013).

Proses algoritma genetika itu sendiri diantaranya adalah (Mahmudy, 2013) :

1. Proses inialisasi, berfungsi untuk menciptakan individu-individu secara acak yang memiliki susunan gen (kromosom) tertentu.
2. Proses reproduksi, berfungsi untuk menghasilkan keturunan (*offspring*) dari individu-individu yang ada di populasi
3. Proses evaluasi, berfungsi untuk menghitung nilai *fitness* dari setiap kromosom.
4. Proses seleksi, berfungsi untuk memilih individu dari himpunan populasi dan *offspring* yang dipertahankan hidup pada generasi berikutnya.

2.4.1 Inialisasi

Inialisasi dilakukan untuk membangkitkan himpunan solusi baru secara acak yang terdiri atas sejumlah kromosom yang ditempatkan dalam sebuah populasi yang selanjutnya akan ditentukan ukuran populasi (*popSize*). Nilai *popSize* menyatakan banyaknya kromosom yang ditampung dalam populasi. Selain itu, kita juga akan menentukan nilai panjang setiap string chromosome (*stringLen*) dihitung berdasarkan presisi variabel solusi yang kita cari (Mahmudy, 2013).

Sebagai contoh misalkan kita tentukan *popSize*=4 dan kita gunakan representasi kromosom biner (bilangan basis 2). Nilai *x* ditentukan antara 0 sampai 15 dan bilangan biner dengan panjang 4 sudah dapat menjangkau nilai *x* (ingat $11112 = 15$). Jadi *stringLen*=4.

Maka inialisasi kromosomnya dapat dilihat pada Tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.3 Inialisasi kromosom

	Kromosom	X
P1	[0 0 1 1]	3
P2	[0 1 0 0]	4
P3	[1 0 0 1]	9
P4	[0 1 0 1]	5

Sumber : Mahmudy, 2013

2.4.2 Reproduksi

Reproduksi dilakukan untuk mendapatkan keturunan dari individu-individu yang ada di populasi. Himpunan keturunan ini akan ditempatkan dalam penampungan *offspring*. Pada proses ini menggunakan dua metode operator genetika yang telah banyak dikembangkan oleh para ahli yaitu metode tukar silang (*crossover*) dan metode mutasi (*mutation*) (Mahmudy, 2013). Pada penelitian ini digunakan metode *crossover* yakni *Extended Intermediate Crossover* dan metode mutasi yang digunakan adalah random mutasi.

Pada proses ini harus ditentukan tingkat *crossover* (*crossover rate/cr*) yang menyatakan nilai dari rasio *offspring* yang dihasilkan dari proses *crossover* terhadap ukuran populasi (*popSize*) sehingga akan dihasilkan *offspring* sebanyak $cr \times popSize$ (Mahmudy, 2013). Misalkan diketahui $cr = 0,4$ dan $popsize = 10$ maka *offspring* yang dihasilkan adalah $0,4 \times 10 = 4$ *offspring*.

Sedangkan nilai tingkat mutasi (*mutation rate / mr*) yang menyatakan rasio *offspring* yang dihasilkan dari proses mutasi terhadap ukuran populasi sehingga akan dihasilkan *offspring* dengan rumus $mr \times popSize$ (Mahmudy, 2013). Misalkan diketahui $mr = 0,2$ dan $popsize = 10$ maka *offspring* yang dihasilkan adalah $0,2 \times 10 = 2$ *offspring*.

2.4.3 Evaluasi

Evaluasi digunakan untuk menghitung nilai *fitness* dari setiap kromosom. Nilai *fitness* menjadi tolak ukur dalam menentukan generasi selanjutnya. Biasanya *offspring* dengan nilai *fitness* tinggi akan lolos menjadi generasi selanjutnya. Selain itu nilai *fitness* digunakan untuk menentukan kualitas dari generasi selanjutnya. Semakin besar nilai *fitness* maka semakin baik kromosom tersebut untuk dijadikan calon generasi selanjutnya. Pada kasus pencarian nilai maksimum maka nilai *fitness* dapat dihitung dengan rumus (Mahmudy, 2013) :

$$fitness = f(x) \quad 2-4$$

Sedangkan pada kasus perhitungan nilai minimum nilai *fitness* dapat dihitung dengan salah satu dari 2 rumus dibawah ini (Mahmudy, 2013)

$$fitness = C - f(x) \quad 2-5$$

$$fitness = \frac{1}{f(x)} \quad 2-6$$

2.4.4 Seleksi

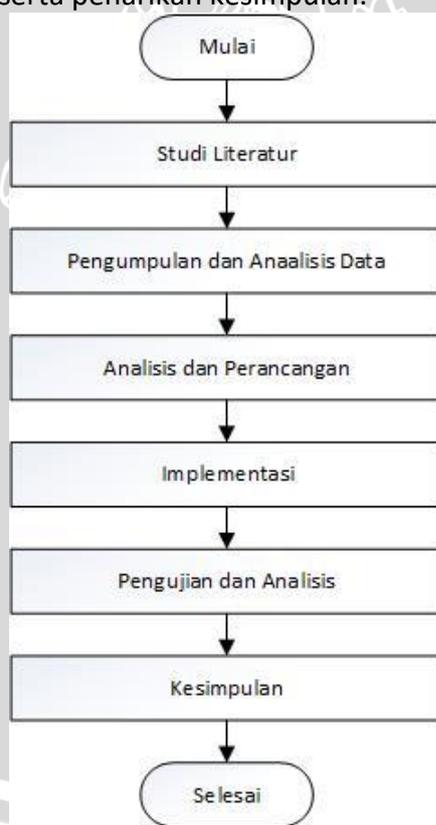
Seleksi dilakukan untuk memilih individu dari himpunan populasi dan *offspring* yang dipertahankan hidup pada generasi berikutnya. Semakin besar nilai *fitness* dari sebuah kromosom maka semakin besar peluangnya untuk terpilih. Hal ini dilakukan agar terbentuk generasi berikutnya yang lebih baik dari generasi sekarang. Banyak sekali metode yang dapat dilakukan dalam proses seleksi ini. Metode seleksi yang sering digunakan adalah *roulette wheel*, *binary tournament*, dan *elitism* (Mahmudy, 2013). Pada penelitian ini akan digunakan metode seleksi yakni *elitism* seleksi.

BAB 3 METODOLOGI

Bab ini menjelaskan tahapan dalam menyusun skripsi yang berjudul “Penerapan Algoritma Genetika Pada Optimasi Fungsi Keanggotaan Sistem Inferensi *Fuzzy* Tsukamoto Untuk Penentuan Kualitas Air Sungai”. Penelitian ini menggunakan pendekatan perancangan yang menggunakan metode algoritma genetika sehingga akan menghasilkan sebuah optimasi pada penentuan kualitas air sungai.

3.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian atau metode penelitian yang digunakan dalam pembuatan aplikasi penerapan algoritma genetika pada optimasi fungsi keanggotaan sistem inferensi *fuzzy* Tsukamoto untuk penentuan kualitas air sungai akan ditampilkan pada Gambar 3.1. Tahapan penelitian yang dilakukan dalam penelitian skripsi ini memiliki beberapa tahap yaitu studi literatur, analisis dan perancangan sistem perangkat lunak, implementasi sistem perangkat lunak, pengujian dan analisis, serta penarikan kesimpulan.



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

Sumber : Perancangan

3.1.1 Studi Literatur

Pada tahap ini studi literatur digunakan untuk mendapatkan sumber referensi dalam penulisan teori-teori terkait dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis. Studi literatur yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan dari jurnal, skripsi, buku dan artikel. Adapun teori-teori yang terkait dengan penelitian ini yaitu

1. Air
2. Pencemaran perairan
3. Parameter fisika kimia
4. Metode inferensi sistem *fuzzy* Tsukamoto
5. Algoritma genetika

3.1.2 Pengumpulan dan Analisis Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data dari hasil pengukuran kualitas sungai berdasarkan parameter fisika kimia yang telah ditetapkan. Data dalam penelitian ini didapatkan dari sampel hasil pengukuran kualitas sungai yang selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam proses optimasi.

3.1.3 Analisis dan Perancangan

Pada tahap ini analisis bertujuan untuk mengetahui dan menganalisis permasalahan sehingga akan didapatkan sebuah pemecahan atau solusi yang dapat dimodelkan sedemikian rupa. Selanjutnya, akan dilakukan analisis kebutuhan yang menunjang proses perancangan sistem untuk menyelesaikan studi kasus penerapan algoritma genetika pada optimasi sistem inferensi *fuzzy* Tsukamoto untuk penentuan kualitas air sungai.

Tahap perancangan sistem bertujuan untuk mengetahui alur kerja dari proses penyelesaian permasalahan. Penggunaan variabel dan penggunaan data pada proses perhitungan dan penerapan kedalam algoritma menjadi salah satu alur dari penyelesaian permasalahan, desain aplikasi harus dapat menampilkan hasil dan solusi permasalahan.

3.1.4 Implementasi

Tahap implementasi merupakan tahap pembuatan aplikasi yang telah melalui proses perancangan pada tahap sebelumnya. Aplikasi dibuat sesuai dengan desain yang telah dibuat yang bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan dengan penerapan algoritma genetika pada optimasi sistem inferensi *fuzzy* Tsukamoto untuk penentuan kualitas air sungai.

3.1.5 Pengujian dan Evaluasi

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dibangun untuk menunjukkan fungsi aplikasi ketika beroperasi. Selain itu pengujian berguna untuk mencari kesalahan-kesalahan dari sistem. Jika pada proses pengujian ditemukan kesalahan pada sistem maka akan dilakukan proses evaluasi dan perbaikan agar sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Pengujian

yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian validasi dan pengujian akurasi. Pengujian validasi dilakukan dengan menggunakan tabel yang menjelaskan hubungan kesesuaian antara fungsi hasil kerja sistem dengan daftar kebutuhan sistem. Sedangkan pada pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan data output pada metode STORET dengan data output dari sistem.

3.1.6 Kesimpulan

Pengambilan kesimpulan dilakukan setelah semua tahapan perancangan, implementasi dan pengujian sistem telah selesai dilakukan. Kesimpulan diambil dari hasil pengujian dan analisis terhadap sistem yang dibangun. Tahap terakhir dari penulisan adalah saran yang dimaksudkan untuk memperbaiki kesalahan-kesalahan yang terjadi dan menyempurnakan penulisan serta untuk memberikan pertimbangan atas pengembangan aplikasi selanjutnya.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data sampel dari hasil pengukuran kualitas air sungai. Data yang didapatkan berupa nilai dari parameter fisika kimia hasil uji kualitas dari salah satu sungai. Parameter fisika kimia yang digunakan beracuan pada penelitian skripsi sebelumnya yang berjudul “Implementasi *Fuzzy Inference System* (FIS) Metode Tsukamoto Pada Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kualitas Air Sungai”, Fakultas Ilmu Komputer dengan menggunakan tujuh parameter. Data yang akan digunakan didapatkan dari Laboraturium Air dan Tanah, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya.

3.3 Algoritma Yang Digunakan

Penelitian ini membangun sebuah sistem optimasi untuk penentuan kualitas air sungai dengan menggunakan algoritma genetika. Algoritma genetika dianggap mampu dan terbukti efektif dalam penyelesaian masalah optimasi sesuai dengan penjelasan yang telah dipaparkan pada Bab 2. Dalam penyelesaian masalahnya, algoritma genetika menghasilkan nilai *fitness* yang digunakan untuk menentukan generasi mana yang layak untuk menghasilkan keturunan yang lebih baik lagi. Selain itu, bahasa pemrograman Java juga digunakan dalam membangun algoritma genetika. Bahasa Java dianggap mampu merepresentasikan keseluruhan nilai-nilai dalam algoritma dengan tepat.

3.4 Kebutuhan Sistem

Dalam pembuatan aplikasi, kebutuhan yang digunakan oleh peneliti dalam pembuatan sistem optimasi sistem inferensi *fuzzy* Tsukamoto untuk penentuan kualitas air sungai memerlukan beberapa kebutuhan perangkat lunak maupun perangkat keras serta data yang diolah pada aplikasi ini. Berikut ini adalah kebutuhan yang diperlukan dalam mengembangkan penelitian ini :

1. Kebutuhan perangkat keras meliputi :
 - Komputer / laptop
2. Kebutuhan perangkat lunak meliputi
 - Operating System Windows 7 32 bit
 - Netbeans IDE 8.0.1
 - Bahasa pemrograman Java
 - Microsoft Visio 2007

3.5 Pengujian Algoritma

Dalam penelitian ini pengujian algoritma dilakukan dengan ketepatan hasil akhir berupa nilai akurasi yang dihasilkan harus lebih baik dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Nilai akurasi didapatkan dari pengujian metode Tsukamoto dan algoritma genetika. Pengujian yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pengujian ukuran populasi.
2. Pengujian kombinasi *crossover rate* (cr) dan *mutasi rate* (mr)
3. Pengujian ukuran generasi.

3.5.1 Pengujian Ukuran Populasi (popSize)

Pada pengujian ini dilakukan pengujian ukuran populasi terhadap nilai *fitness*. Banyaknya ukuran populasi (popSize) yang digunakan adalah kelipatan 10 yaitu mulai dari 20 sampai 200 popSize. Pengujian ukuran populasi ini digunakan untuk menentukan ukuran populasi yang akan digunakan selanjutnya. Pada perhitungan rata-rata nilai *fitness* akan dilakukan 10 kali percobaan. Perancangan pengujian ukuran populasi dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Pengujian Ukuran Populasi

Banyak Populasi	Nilai <i>fitness</i>										Rata – rata <i>fitness</i>
	Percobaan populasi ke-										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20											
40											
60											
80											
100											
120											
140											
160											
180											
200											

3.5.2 Pengujian Kombinasi *Crossover Rate* (cr) dan *Mutation Rate* (mr)

Pada pengujian ini akan dilakukan uji coba pada kombinasi *Crossover Rate* (cr) dan *Mutation Rate* (mr) yang terbaik untuk menghasilkan solusi yang paling



optimal. Pada pengujian ini akan digunakan nilai kombinasi *Crossover Rate* dan *Mutation Rate* yang berbeda-beda dengan nilai antara 0 hingga 1. Setiap kombinasi *cr* dan *mr* akan diuji sebanyak 10 kali. Perancangan pengujian kombinasi *Crossover Rate* (*cr*) dan *Mutation Rate* (*mr*) dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Pengujian Kombinasi *Crossover Rate* (*cr*) dan *Mutation Rate* (*mr*)

Kombinasi		Nilai <i>Fitness</i>										Rata-rata nilai <i>fitness</i>
		Percobaan Kombinasi Cr dan Mr ke-										
Cr	Mr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	0											
0,9	0,1											
0,8	0,2											
0,7	0,3											
0,6	0,4											
0,5	0,5											
0,4	0,6											
0,3	0,7											
0,2	0,8											
0,1	0,9											
0	1											

3.5.3 Pengujian Ukuran Generasi

Pada pengujian ini akan dilakukan pengujian ukuran generasi terhadap perubahan nilai *fitness*. Jumlah generasi yang digunakan adalah kelipatan 10 mulai dari 25 generasi sampai 250 generasi. Akan dilakukan sebanyak 10 kali percobaan untuk perhitungan nilai *fitness*. Perancangan pengujian ukuran generasi dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Pengujian Ukuran Generasi

Banyak Generasi	Nilai <i>fitness</i>										Rata-rata <i>fitness</i>
	Percobaan populasi ke-										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
25											
50											
75											
100											
125											
150											
175											
200											
225											
250											

BAB 4 PERANCANGAN

4.1 Formulasi Permasalahan

Pada sub bab ini akan membahas mengenai contoh permasalahan yang akan diselesaikan pada penelitian ini. Permasalahan pada penelitian ini adalah mengenai penentuan kualitas air sungai dimana kualitas air sungai terdiri atas 5 kelas yang terdiri dari kelas A (memenuhi baku mutu), kelas B (tercemar ringan), kelas C (tercemar sedang), dan kelas D (tercemar berat). Penentuan kualitas air sungai ini dilihat dari masing-masing nilai parameter fisika kimia anorganik dan parameter organik. Parameter fisika dan kimia anorganik ini terdiri dari TSS, BOD, COD, DO, pH, dan fenol sedangkan untuk parameter organik terdiri dari minyak dan lemak. Contoh data yang penulis dapatkan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Parameter Kualitas Air Sungai

Tahun	Bulan	Fisika	Kimia Anorganik				Bahan Organik	
		TSS	BOD	COD	DO	pH	Fenol	Minyak & Lemak
2005	Januari	0	15.35	56.8	11.2	7.5	0.0775	0.8
	Februari	0	10	34.8	15.3	8.05	0.0145	4.5
	Maret	44.85	12.6	35.4	18.55	8.85	0.1185	4.25
	April	72.75	19.75	62.85	10.45	8.1	0.172	0
	Mei	10	6.2	13.9	10.15	7.55	0.172	1.5
	Juni	6.2	11.3	35.1	16.925	8.45	0.086	1.425
	Juli	24.25	6.95	15.6	10.85	7.3	0.067	0.8
	Agustus	26.25	7.9	21	11.75	7	0.196	0
	September	17.4	6.9	16.3	7.95	6.8	0.128	0.9
	Oktober	21.25	6.25	13.4	7.45	6.95	0.0925	0.8
	November	17.75	5.05	20.6	3.5	6.9	0.0885	0.8
	Desember	25.35	4.1	16.85	6.75	7	0.151	3.5

Sumber : Mazenda (2015)

4.2 Siklus Penyelesaian Masalah Dengan Menggunakan *Fuzzy Tsukamoto*

Pada permasalahan penentuan kualitas air sungai ini akan diselesaikan dengan menggunakan metode *fuzzy Tsukamoto* dengan membentuk himpunan *fuzzy* terlebih dahulu berdasarkan batasan-batasan yang didapatkan dari seorang pakar. Selanjutnya akan dibentuk sebuah aturan (basis pengetahuan) dimana berbentuk IF-THEN. Pada *fuzzy Tsukamoto*, fungsi implikasi akan menggunakan operator AND atau fungsi MIN untuk mencari nilai terkecil dari nilai keanggotaan antara dua himpunan *fuzzy*. Kemudian nilai keanggotaan ini akan digunakan untuk menghitung nilai inferensi (Z) dari masing-masing aturan.

Dari salah satu data (bulan Februari tahun 2005) pada tabel 4.1 dapat ditentukan kualitas air sungai dengan metode *fuzzy* Tsukamoto melalui 4 tahapan berikut ini :

1. Fuzzifikasi (Pembentukan Himpunan *Fuzzy*)

Terdapat 8 variabel *fuzzy* yang terdiri dari 7 variabel input dan 1 variabel output.

1. Variabel input :

- a. TSS : 0
- b. BOD : 10
- c. COD : 34,8
- d. DO : 15,3
- e. pH : 8,05
- f. Fenol : 0,0145
- g. Minyak dan Lemak : 4,5

2. Variabel output :

Kualitas Air : Memenuhi baku mutu/ Tercemar ringan/Tercemar sedang/ Tercemar berat

Berdasarkan Tabel 2.1 mengenai kriteria penentuan kualitas air sungai dan pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Mazenda (2015) telah didapatkan rentang nilai *fuzzy* dari masing-masing kriteria. Rentang nilai dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut :

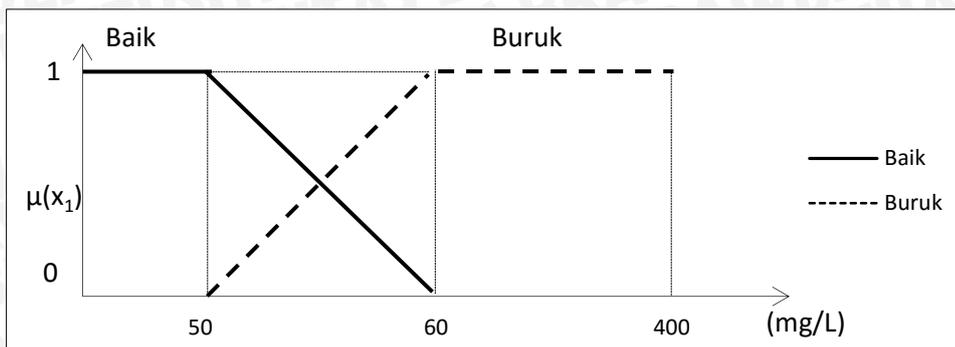
Tabel 4.2 Rentang nilai *fuzzy* dari masing-masing kriteria

Kriteria	Range
TSS	0-400
BOD	0-12
COD	0-100
DO	0-6
pH	0-10
Fenol	0-0.002
Minyak dan Lemak	0-1.5

Dari tabel diatas akan didapatkan ketetapan kategori yang akan digunakan untuk mengukur nilai dari masing-masing kriteria.

a. Kriteria 1 : TSS (Misal x_1)

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mazenda (2015), nilai TSS dikelompokkan menjadi dua kategori yakni baik dan buruk. Untuk kategori baik, batas atasnya 50 mg/L dan batas bawahnya 60 mg/L. Sedangkan untuk kategori buruk, batas atasnya 60 mg/L dan batas bawahnya 50 mg/L. Rentang nilai *fuzzy* dapat ditunjukkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik *fuzzy* TSS

Dari gambar di atas dapat dibentuk persamaan himpunan *fuzzy* TSS sebagai berikut :

$$\mu_{Baik}(x_1) = \begin{cases} 1; & x \leq 50 \\ \frac{60-x}{10}; & 50 \leq x \leq 60 \\ 0; & x \geq 60 \end{cases} \quad 4-1$$

$$\mu_{Buruk}(x_1) = \begin{cases} 0; & x \leq 50 \\ \frac{x-50}{10}; & 50 \leq x \leq 60 \\ 1; & 60 \leq x \leq 400 \end{cases} \quad 4-2$$

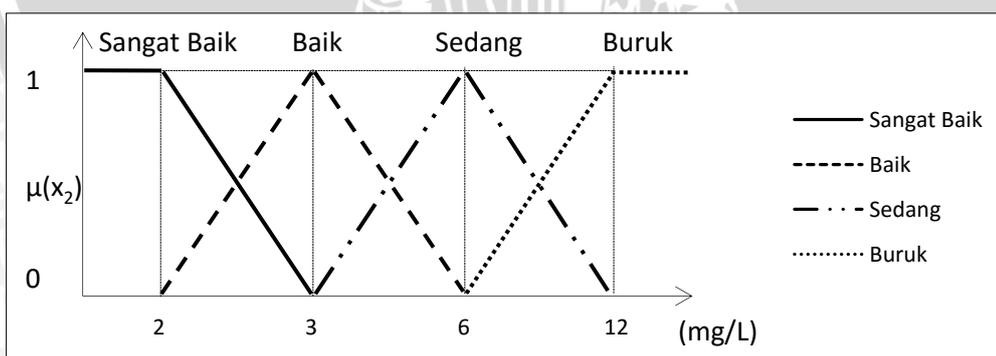
Sehingga untuk TSS = 0, maka :

$$\mu_{Baik}(x_1) = 1$$

$$\mu_{Buruk}(x_1) = 0$$

b. Kriteria 2 : BOD(Misal x_2)

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mazenda (2015), nilai BOD dikelompokkan menjadi empat kategori yaitu sangat baik, baik, sedang dan buruk. Untuk kategori sangat baik batas atasnya 2 mg/L, kategori baik batas atasnya 3 mg/L, kategori sedang batas atasnya 6 mg/L, dan kategori buruk batas atasnya 12 mg/L. Rentang nilai *fuzzy* dapat ditunjukkan pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Grafik *fuzzy* BOD

Dari gambar di atas dapat dibentuk persamaan himpunan *fuzzy* BOD sebagai berikut :

$$\mu_{SangatBaik}(x_2) = \begin{cases} 1; & x \leq 2 \\ \frac{3-x}{1}; & 2 \leq x \leq 3 \\ 0; & x \geq 3 \end{cases} \quad 4-3$$

$$\mu_{Baik}(x_2) = \begin{cases} \frac{x-2}{1}; & 2 \leq x \leq 3 \\ \frac{6-x}{3}; & 3 \leq x \leq 6 \\ 0; & \text{lainnya} \end{cases} \quad 4-4$$

$$\mu_{Sedang}(x_2) = \begin{cases} \frac{x-3}{3}; & 3 \leq x \leq 6 \\ \frac{12-x}{6}; & 6 \leq x \leq 12 \\ 0; & \text{lainnya} \end{cases} \quad 4-5$$

$$\mu_{Buruk}(x_2) = \begin{cases} 0; & x \leq 6 \\ \frac{x-6}{6}; & 6 \leq x \leq 12 \\ 1; & x \geq 12 \end{cases} \quad 4-6$$

Sehingga untuk BOD = 10, maka :

$$\mu_{Sangat\ baik}(x_2) = 0$$

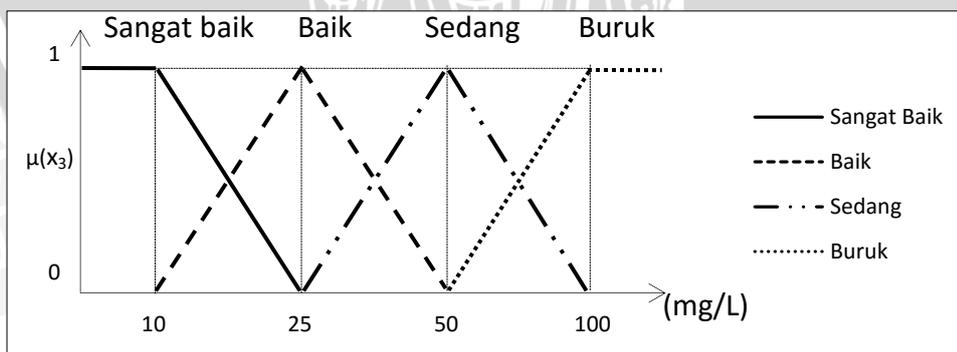
$$\mu_{Baik}(x_2) = 0$$

$$\mu_{Sedang}(x_2) = \frac{12 - 10}{6} = 0,33$$

$$\mu_{Buruk}(x_2) = \frac{10 - 6}{6} = 0,66$$

c. Kriteria 3 : COD (Misal x_3)

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mazenda (2015), nilai COD dikelompokkan menjadi empat kategori yaitu sangat baik, baik, sedang dan buruk. Untuk kategori sangat baik batas atasnya 10 mg/L, kategori baik batas atasnya 25 mg/L, kategori sedang batas atasnya 50 mg/L, dan kategori buruk batas atasnya 100 mg/L. Rentang nilai fuzzy dapat ditunjukkan pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Grafik fuzzy COD

Dari gambar di atas dapat dibentuk persamaan himpunan fuzzy BOD sebagai berikut :

$$\mu_{SangatBaik}(x_3) = \begin{cases} 1; & x \leq 10 \\ \frac{25-x}{15}; & 10 \leq x \leq 25 \\ 0; & x \geq 25 \end{cases} \quad 4-7$$

$$\mu_{Baik}(x_3) = \begin{cases} \frac{x-10}{15}; & 10 \leq x \leq 25 \\ \frac{50-x}{25}; & 25 \leq x \leq 50 \\ 0; & \text{lainnya} \end{cases} \quad 4-8$$

$$\mu_{Sedang}(x_3) = \begin{cases} \frac{x-25}{25}; & 25 \leq x \leq 50 \\ \frac{100-x}{50}; & 50 \leq x \leq 100 \\ 0; & \text{lainnya} \end{cases} \quad 4-9$$

$$\mu_{Buruk}(x_3) = \begin{cases} 0; & x \leq 50 \\ \frac{x-50}{50}; & 50 \leq x \leq 100 \\ 1; & x \geq 100 \end{cases} \quad 4-10$$

Sehingga untuk BOD = 34,8, maka :

$$\mu_{Sangat\ baik}(x_3) = 0$$

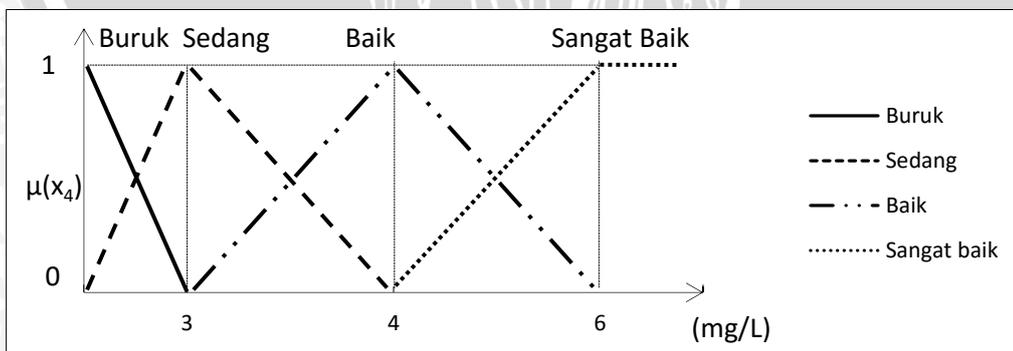
$$\mu_{Baik}(x_3) = \frac{50 - 34,8}{25} = 0,608$$

$$\mu_{Sedang}(x_3) = \frac{34,8 - 25}{25} = 0,392$$

$$\mu_{Buruk}(x_3) = 0$$

d. Kriteria 4 : DO (Misal x_4)

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mazenda (2015), nilai DO dikelompokkan menjadi empat kategori yaitu sangat baik, baik, sedang dan buruk. Untuk kategori sangat baik batas atasnya 6 mg/L, kategori baik batas atasnya 4 mg/L, kategori sedang batas atasnya 3 mg/L, dan kategori buruk batas atasnya 0 mg/L. Rentang nilai fuzzy dapat ditunjukkan pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Grafik fuzzy DO

Dari gambar di atas dapat dibentuk persamaan himpunan fuzzy DO sebagai berikut :



$$\mu_{SangatBaik}(x_4) = \begin{cases} 1; & x \leq 4 \\ \frac{x-4}{2}; & 4 \leq x \leq 6 \\ 0; & x \geq 6 \end{cases} \quad 4-11$$

$$\mu_{Baik}(x_4) = \begin{cases} \frac{x-3}{1}; & 3 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{2}; & 4 \leq x \leq 6 \\ 0; & \text{lainnya} \end{cases} \quad 4-12$$

$$\mu_{Sedang}(x_4) = \begin{cases} \frac{x-0}{3}; & 0 \leq x \leq 3 \\ \frac{4-x}{1}; & 3 \leq x \leq 4 \\ 0; & \text{lainnya} \end{cases} \quad 4-13$$

$$\mu_{Buruk}(x_4) = \begin{cases} 1; & x \leq 0 \\ \frac{3-x}{3}; & 0 \leq x \leq 3 \\ 0; & x \geq 3 \end{cases} \quad 4-14$$

Sehingga untuk DO = 15,3, maka :

$$\mu_{Sangat\ baik}(x_4) = 0$$

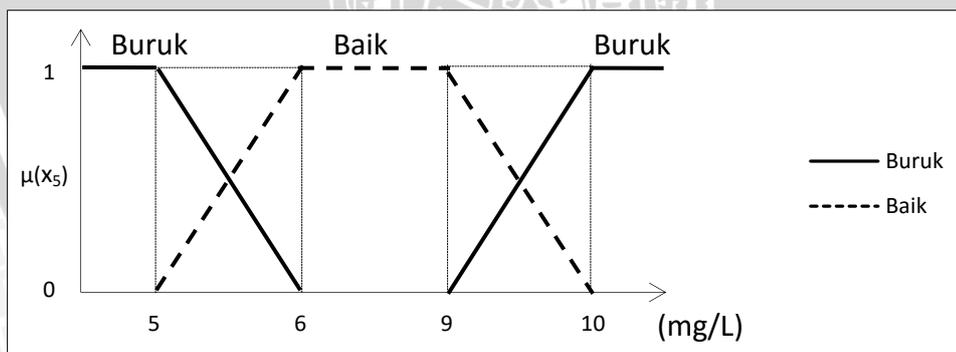
$$\mu_{Baik}(x_4) = 0$$

$$\mu_{Sedang}(x_4) = 0$$

$$\mu_{Buruk}(x_4) = 0$$

e. Kriteria 5 : pH(Misal x_5)

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mazenda (2015), nilai pH dikelompokkan menjadi dua kategori yaitu baik dan buruk. Untuk kategori baik, nilai pH air antara 6 s/d 9. Selain itu termasuk dalam kategori buruk. Rentang nilai fuzzy dapat ditunjukkan pada Gambar 4.5



Gambar 4.5 Grafik fuzzy pH

Dari gambar di atas dapat dibentuk persamaan himpunan fuzzy pH sebagai berikut :



$$\mu_{Baik}(x_5) = \begin{cases} 1; & 6 \leq x \leq 9 \\ \frac{x-5}{1}; & 5 \leq x \leq 6 \\ \frac{10-x}{1}; & 9 \leq x \leq 10 \\ 0; & x \leq 5 \text{ or } x \geq 10 \end{cases} \quad 4-15$$

$$\mu_{Buruk}(x_5) = \begin{cases} 1; & x \leq 5 \text{ or } x \geq 10 \\ \frac{6-x}{1}; & 5 \leq x \leq 6 \\ \frac{x-9}{1}; & 9 \leq x \leq 10 \\ 0; & 6 \leq x \leq 9 \end{cases} \quad 4-16$$

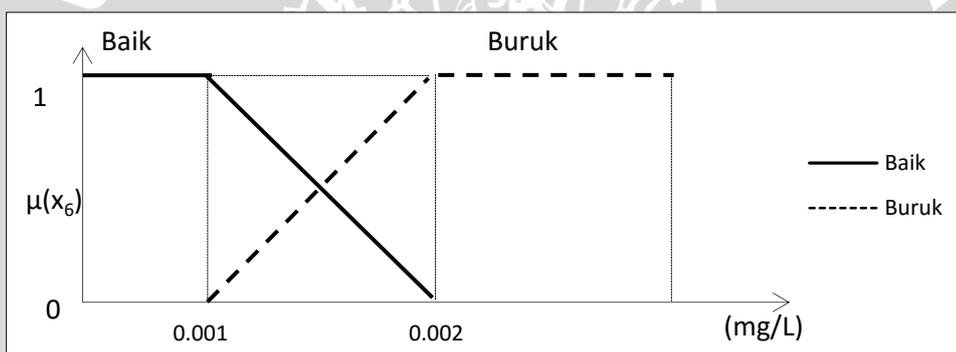
Sehingga untuk pH = 8,05, maka :

$$\mu_{Baik}(x_5) = 1$$

$$\mu_{Buruk}(x_5) = 0$$

f. Kriteria 6 Fenol (Misal x_6)

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mazenda (2015), nilai Fenol dikelompokkan menjadi dua kategori yaitu baik dan buruk. Untuk kategori baik, batas atasnya 0,001 mg/L dan batas bawahnya 0,002 mg/L. Sedangkan untuk kategori buruk, batas atasnya 0,002 mg/L dan batas bawahnya 0,001 mg/L. Rentang nilai fuzzy dapat ditunjukkan pada Gambar 4.6



Gambar 4.6 Grafik fuzzy fenol

Dari gambar di atas dapat dibentuk persamaan himpunan fuzzy Fenol sebagai berikut :

$$\mu_{Baik}(x_6) = \begin{cases} 1 & x \leq 0.001 \\ \frac{0.002-x}{0.001} & 0.001 \leq x \leq 0.002 \\ 0 & x \geq 0.002 \end{cases} \quad 4-17$$

$$\mu_{Buruk}(x_6) = \begin{cases} 0 & x \leq 0.001 \\ \frac{x-0.001}{0.001} & 0.001 \leq x \leq 0.002 \\ 1 & x \geq 0.002 \end{cases} \quad 4-18$$

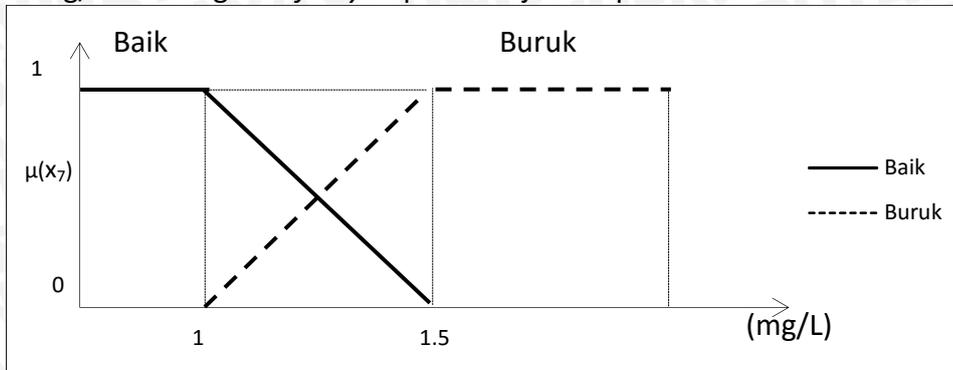
Sehingga untuk Fenol = 0,0145, maka :

$$\mu_{Baik}(x_6) = 0$$

$$\mu_{Buruk}(x_6) = 1$$

g. Kriteria 7 : Minyak dan Lemak (Misal x_7)

Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mazenda (2015), nilai Fenol dikelompokkan menjadi dua kategori yaitu baik dan buruk. Untuk kategori baik, batas atasnya 0,001 mg/L dan batas bawahnya 0,002 mg/L. Sedangkan untuk kategori buruk, batas atasnya 0,002 mg/L dan batas bawahnya 0,001 mg/L. Rentang nilai *fuzzy* dapat ditunjukkan pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Grafik *fuzzy* minyak dan lemak

Dari gambar di atas dapat dibentuk persamaan himpunan *fuzzy* Minyak dan Lemak sebagai berikut :

$$\mu_{Baik}(x_7) = \begin{cases} 1 & x \leq 1 \\ \frac{1.5-x}{0.5} & 1 \leq x \leq 1.5 \\ 0 & x \geq 1.5 \end{cases} \quad 4-19$$

$$\mu_{Buruk}(x_7) = \begin{cases} 0 & x \leq 1 \\ \frac{x-1}{0.5} & 1 \leq x \leq 1.5 \\ 1 & x \geq 1.5 \end{cases} \quad 4-20$$

Sehingga untuk Minyak dan Lemak = 4,5, maka :

$$\mu_{Baik}(x_7) = 0$$

$$\mu_{Buruk}(x_7) = 1$$

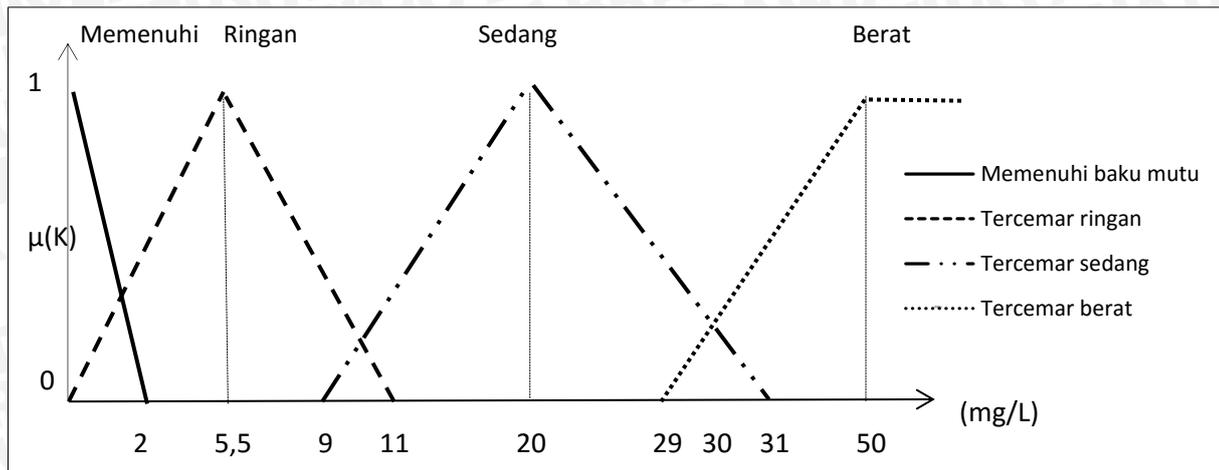
h. Variabel Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mazenda (2015) dan mengacu pada Tabel 2.2, maka pengklasifikasian kualitas air dibagi menjadi empat kelas, yaitu :

Tabel 4.3 Tabel Klasifikasi Kualitas Air Sungai

Jenis Kelas	Keterangan	Skor
A (Memenuhi Baku Mutu)	Baik Sekali	0
B (Tercemar Ringan)	Baik	-1 s/d -10
C (Tercemar Sedang)	Sedang	-11 s/d -30
D (Tercemar Berat)	Buruk	≥ -31

Berikut ini adalah bentuk grafik *fuzzy* yang ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.8 Grafik fuzzy variabel kesimpulan

Dari gambar di atas dapat dibentuk persamaan himpunan fuzzy sebagai berikut :

$$\mu_{\text{memenuhi}}(z) = \begin{cases} 1; & x = 0 \\ \frac{2-x}{2}; & 0 \leq x \leq 2 \\ 0; & x \geq 40 \end{cases} \quad 4-21$$

$$\mu_{\text{ringan}}(z) = \begin{cases} \frac{x-0}{5,5}; & 0 \leq x \leq 5,5 \\ \frac{11-x}{5,5}; & 5,5 \leq x \leq 11 \\ 0; & \text{lainnya} \\ 1 & x = 5,5 \end{cases} \quad 4-22$$

$$\mu_{\text{sedang}}(z) = \begin{cases} \frac{x-9}{2}; & 9 \leq x \leq 20 \\ \frac{31-x}{11}; & 29 \leq x \leq 31 \\ 1 & x = 20 \\ 0; & \text{lainnya} \end{cases} \quad 4-23$$

$$\mu_{\text{berat}}(z) = \begin{cases} 0; & x \leq 29 \\ \frac{x-29}{21}; & 29 \leq x \leq 50 \\ 1; & x \geq 50 \end{cases} \quad 4-24$$

2. Pembentukan basis pengetahuan Fuzzy

Terdapat 7 variabel input, dan masing-masing variabel memiliki jumlah parameter yang berbeda, seperti yang dijelaskan dibawah ini :

- TSS memiliki 2 parameter (Baik, Buruk)
- BOD memiliki 4 parameter (Sangat Baik, Baik, Sedang, Buruk)
- COD memiliki 4 parameter (Sangat Baik, Baik, Sedang, Buruk)
- DO memiliki 4 parameter (Sangat Baik, Baik, Sedang, Buruk)
- pH memiliki 2 parameter (Baik, Buruk)
- Fenol memiliki 2 parameter (Baik, Buruk)
- Minyak dan Lemak memiliki 2 parameter (Baik, Buruk)



Sehingga didapatkan jumlah aturan yang bisa dibentuk sebanyak = $2 \times 4 \times 4 \times 4 \times 2 \times 2 \times 2 = 1024$. Aturan yang dapat dibentuk dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Pembentukan Basis Pengetahuan

No	TSS	BOD	COD	DO	pH	Fenol	Minyak dan Lemak	Kesimpulan
1	baik	sangat baik	sangat baik	sangat baik	baik	baik	baik	A
4	baik	baik	sangat baik	sangat baik	baik	baik	baik	A
7	baik	sangat baik	sangat baik	sangat baik	buruk	baik	baik	B
8	baik	sangat baik	sangat baik	sedang	baik	baik	baik	B
9	baik	sangat baik	sangat baik	buruk	baik	baik	baik	B
35	baik	sangat baik	baik	baik	baik	baik	buruk	C
337	buruk	baik	sangat baik	sangat baik	baik	buruk	baik	C
338	buruk	baik	sangat baik	sangat baik	buruk	baik	baik	C
350	buruk	baik	baik	sangat baik	baik	buruk	baik	C
374	buruk	sedang	sangat baik	sangat baik	baik	buruk	baik	C
375	buruk	sedang	sangat baik	sangat baik	buruk	baik	baik	C
404	baik	sangat baik	sangat baik	sedang	buruk	buruk	buruk	D
824	buruk	sedang	baik	sangat baik	baik	baik	buruk	D
825	buruk	sedang	baik	sangat baik	baik	buruk	baik	D
826	buruk	sedang	baik	sangat baik	baik	buruk	buruk	D

Dari aturan-aturan yang telah terbentuk diatas akan digunakan untuk menghitung data pada bulan Februari tahun 2005 dengan menggunakan operator AND dan fungsi MIN sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 [R1] &= \text{MIN}(\mu_{\text{Baik}}(x_1) \cap \mu_{\text{Sangat baik}}(x_2) \cap \mu_{\text{Sangat baik}}(x_3) \\
 &\quad \cap \mu_{\text{Sangat baik}}(x_4) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_5) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_6) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_7)) \\
 &= \text{MIN}(\mu_{\text{Baik}}(0), \mu_{\text{Sangat baik}}(10), \mu_{\text{Sangat baik}}(34,8), \mu_{\text{Sangat baik}}(15,3), \mu_{\text{Baik}}(8,05), \\
 &\quad \mu_{\text{Baik}}(0,0145), \mu_{\text{Baik}}(4,5))
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 &= \text{MIN}(1, 0, 0, 0, 1, 0, 0) \\
 &= 0 \\
 [R4] &= \text{MIN}(\mu_{\text{Baik}}(x_1) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_2) \cap \mu_{\text{Sangat baik}}(x_3) \cap \mu_{\text{Sangat baik}}(x_4) \\
 &\quad \cap \mu_{\text{Baik}}(x_5) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_6) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_7)) \\
 &= \text{MIN}(\mu_{\text{Baik}}(0), \mu_{\text{Baik}}(10), \mu_{\text{Sangat baik}}(34,8), \mu_{\text{Sangat baik}}(15,3), \\
 &\quad \mu_{\text{Baik}}(8,05), \mu_{\text{Baik}}(0,0145), \mu_{\text{Baik}}(4,5)) \\
 &= \text{MIN}(1, 0, 0, 0, 1, 0, 0) \\
 &= 0 \\
 [R7] &= \text{MIN}(\mu_{\text{Baik}}(x_1) \cap \mu_{\text{Sangat Baik}}(x_2) \cap \mu_{\text{Sangat baik}}(x_3) \\
 &\quad \cap \mu_{\text{Sangat baik}}(x_4) \cap \mu_{\text{Buruk}}(x_5) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_6) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_7)) \\
 &= \text{MIN}(\mu_{\text{Baik}}(0), \mu_{\text{Sangat Baik}}(10), \mu_{\text{Sangat baik}}(34,8), \\
 &\quad \mu_{\text{Sangat baik}}(15,3), \mu_{\text{Buruk}}(8,05), \mu_{\text{Baik}}(0,0145), \mu_{\text{Baik}}(4,5)) \\
 &= \text{MIN}(1, 0, 0, 0, 0, 0, 0) \\
 &= 0 \\
 [R8] &= \text{MIN}(\mu_{\text{Baik}}(x_1) \cap \mu_{\text{Sangat Baik}}(x_2) \cap \mu_{\text{Sangat baik}}(x_3) \cap \mu_{\text{Sedang}}(x_4) \\
 &\quad \cap \mu_{\text{Baik}}(x_5) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_6) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_7)) \\
 &= \text{MIN}(\mu_{\text{Baik}}(0), \mu_{\text{Sangat Baik}}(10), \mu_{\text{Sangat baik}}(34,8), \mu_{\text{Sedang}}(15,3), \\
 &\quad \mu_{\text{Baik}}(8,05), \mu_{\text{Baik}}(0,0145), \mu_{\text{Baik}}(4,5)) \\
 &= \text{MIN}(1, 0, 0, 0, 1, 0, 0) \\
 &= 0 \\
 [R9] &= \text{MIN}(\mu_{\text{Baik}}(x_1) \cap \mu_{\text{Sangat Baik}}(x_2) \cap \mu_{\text{Sangat baik}}(x_3) \cap \mu_{\text{Buruk}}(x_4) \\
 &\quad \cap \mu_{\text{Baik}}(x_5) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_6) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_7)) \\
 &= \text{MIN}(\mu_{\text{Baik}}(0), \mu_{\text{Sangat Baik}}(10), \mu_{\text{Sangat baik}}(34,8), \mu_{\text{Buruk}}(15,3), \\
 &\quad \mu_{\text{Baik}}(8,05), \mu_{\text{Baik}}(0,0145), \mu_{\text{Baik}}(4,5)) \\
 &= \text{MIN}(1, 0, 0, 0, 1, 0, 0) \\
 &= 0 \\
 [R35] &= \text{MIN}(\mu_{\text{Baik}}(x_1) \cap \mu_{\text{Sangat Baik}}(x_2) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_3) \cap \mu_{\text{Sangat Baik}}(x_4) \\
 &\quad \cap \mu_{\text{Buruk}}(x_5) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_6) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_7)) \\
 &= \text{MIN}(\mu_{\text{Baik}}(0), \mu_{\text{Sangat Baik}}(10), \mu_{\text{Baik}}(34,8), \mu_{\text{Baik}}(15,3), \\
 &\quad \mu_{\text{Baik}}(8,05), \mu_{\text{Baik}}(0,0145), \mu_{\text{Buruk}}(4,5)) \\
 &= \text{MIN}(1, 0, 0, 608, 0, 1, 0, 1) \\
 &= 0 \\
 [R337] &= \text{MIN}(\mu_{\text{Baik}}(x_1) \cap \mu_{\text{Sangat Baik}}(x_2) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_3) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_4) \\
 &\quad \cap \mu_{\text{Baik}}(x_5) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_6) \cap \mu_{\text{Buruk}}(x_7)) \\
 &= \text{MIN}(\mu_{\text{Baik}}(0), \mu_{\text{Sangat Baik}}(10), \mu_{\text{Baik}}(34,8), \mu_{\text{Baik}}(15,3), \\
 &\quad \mu_{\text{Baik}}(8,05), \mu_{\text{Baik}}(0,0145), \mu_{\text{Buruk}}(4,5)) \\
 &= \text{MIN}(1, 0, 0, 608, 0, 1, 0, 1) \\
 &= 0 \\
 [R338] &= \text{MIN}(\mu_{\text{Buruk}}(x_1) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_2) \cap \mu_{\text{Sangat Baik}}(x_3) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_4) \\
 &\quad \cap \mu_{\text{Baik}}(x_5) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_6) \cap \mu_{\text{Buruk}}(x_7)) \\
 &= \text{MIN}(\mu_{\text{Baik}}(0), \mu_{\text{Baik}}(10), \mu_{\text{Sangat Baik}}(34,8), \mu_{\text{Baik}}(15,3), \\
 &\quad \mu_{\text{Baik}}(8,05), \mu_{\text{Baik}}(0,0145), \mu_{\text{Buruk}}(4,5)) \\
 &= \text{MIN}(0, 0, 0, 0, 1, 0, 1) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [R350] &= \text{MIN}(\mu_{\text{Buruk}}(x_1) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_2) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_3) \cap \mu_{\text{SangatBaik}}(x_4) \\
 &\quad \cap \mu_{\text{Baik}}(x_5) \cap \mu_{\text{Buruk}}(x_6) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_7)) \\
 &= \text{MIN}(\mu_{\text{Baik}}(0), \mu_{\text{Baik}}(10), \mu_{\text{Baik}}(34,8), \mu_{\text{SangatBaik}}(15,3), \\
 &\quad \mu_{\text{Baik}}(8,05), \mu_{\text{Buruk}}(0,0145), \mu_{\text{Baik}}(4,5)) \\
 &= \text{MIN}(0, 0, 0, 608, 0, 1, 1, 0) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [R374] &= \text{MIN}(\mu_{\text{Buruk}}(x_1) \cap \mu_{\text{Sedang}}(x_2) \cap \mu_{\text{SangatBaik}}(x_3) \\
 &\quad \cap \mu_{\text{SangatBaik}}(x_4) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_5) \cap \mu_{\text{Buruk}}(x_6) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_7)) \\
 &= \text{MIN}(\mu_{\text{Buruk}}(0), \mu_{\text{Sedang}}(10), \mu_{\text{SangatBaik}}(34,8), \\
 &\quad \mu_{\text{SangatBaik}}(15,3), \mu_{\text{Baik}}(8,05), \mu_{\text{Buruk}}(0,0145), \mu_{\text{Baik}}(4,5)) \\
 &= \text{MIN}(0, 0, 33, 0, 0, 1, 1, 0) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [R375] &= \text{MIN}(\mu_{\text{Buruk}}(x_1) \cap \mu_{\text{Sedang}}(x_2) \cap \mu_{\text{SangatBaik}}(x_3) \\
 &\quad \cap \mu_{\text{SangatBaik}}(x_4) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_5) \cap \mu_{\text{Buruk}}(x_6) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_7)) \\
 &= \text{MIN}(\mu_{\text{Buruk}}(0), \mu_{\text{Sedang}}(10), \mu_{\text{SangatBaik}}(34,8), \\
 &\quad \mu_{\text{SangatBaik}}(15,3), \mu_{\text{Baik}}(8,05), \mu_{\text{Buruk}}(0,0145), \mu_{\text{Baik}}(4,5)) \\
 &= \text{MIN}(0, 0, 33, 0, 0, 0, 1, 0) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [R404] &= \text{MIN}(\mu_{\text{Baik}}(x_1) \cap \mu_{\text{SangatBaik}}(x_2) \cap \mu_{\text{SangatBaik}}(x_3) \\
 &\quad \cap \mu_{\text{Sedang}}(x_4) \cap \mu_{\text{Buruk}}(x_5) \cap \mu_{\text{Buruk}}(x_6) \cap \mu_{\text{Buruk}}(x_7)) \\
 &= \text{MIN}(\mu_{\text{Baik}}(0), \mu_{\text{SangatBaik}}(10), \mu_{\text{SangatBaik}}(34,8), \\
 &\quad \mu_{\text{Sedang}}(15,3), \mu_{\text{Buruk}}(8,05), \mu_{\text{Buruk}}(0,0145), \mu_{\text{Buruk}}(4,5)) \\
 &= \text{MIN}(1, 0, 0, 0, 0, 1, 1) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [R824] &= \text{MIN}(\mu_{\text{Buruk}}(x_1) \cap \mu_{\text{Sedang}}(x_2) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_3) \cap \mu_{\text{SangatBaik}}(x_4) \\
 &\quad \cap \mu_{\text{Baik}}(x_5) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_6) \cap \mu_{\text{Buruk}}(x_7)) \\
 &= \text{MIN}(\mu_{\text{Buruk}}(0), \mu_{\text{Sedang}}(10), \mu_{\text{Baik}}(34,8), \mu_{\text{SangatBaik}}(15,3), \\
 &\quad \mu_{\text{Baik}}(8,05), \mu_{\text{Baik}}(0,0145), \mu_{\text{Buruk}}(4,5)) \\
 &= \text{MIN}(0, 0, 33, 0, 608, 0, 0, 0, 1) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [R825] &= \text{MIN}(\mu_{\text{Buruk}}(x_1) \cap \mu_{\text{Sedang}}(x_2) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_3) \cap \mu_{\text{SangatBaik}}(x_4) \\
 &\quad \cap \mu_{\text{Baik}}(x_5) \cap \mu_{\text{Buruk}}(x_6) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_7)) \\
 &= \text{MIN}(\mu_{\text{Buruk}}(0), \mu_{\text{Sedang}}(10), \mu_{\text{Baik}}(34,8), \mu_{\text{SangatBaik}}(15,3), \\
 &\quad \mu_{\text{Baik}}(8,05), \mu_{\text{Buruk}}(0,0145), \mu_{\text{Baik}}(4,5)) \\
 &= \text{MIN}(0, 0, 33, 0, 608, 0, 0, 1, 0) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 [R826] &= \text{MIN}(\mu_{\text{Buruk}}(x_1) \cap \mu_{\text{Sedang}}(x_2) \cap \mu_{\text{Baik}}(x_3) \cap \mu_{\text{SangatBaik}}(x_4) \\
 &\quad \cap \mu_{\text{Baik}}(x_5) \cap \mu_{\text{Buruk}}(x_6) \cap \mu_{\text{Buruk}}(x_7)) \\
 &= \text{MIN}(\mu_{\text{Buruk}}(0), \mu_{\text{Sedang}}(10), \mu_{\text{Baik}}(34,8), \mu_{\text{SangatBaik}}(15,3), \\
 &\quad \mu_{\text{Baik}}(8,05), \mu_{\text{Buruk}}(0,0145), \mu_{\text{Buruk}}(4,5)) \\
 &= \text{MIN}(0, 0, 33, 0, 608, 0, 0, 1, 1) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

3. Mesin Inferensi

Dari hasil fungsi implikasi dari tiap aturan, kemudian dilakukan inferensi sistem dengan menghitung nilai anggota dari Z. Pada tahap ini akan dicari nilai

potensi dari masing-masing aturan berdasarkan fungsi keanggotaan dari kesimpulan.

Tabel 4.5 Nilai Potensi Dari Masing-Masing Aturan

Rule	Min	Potensi (Z)
1	0	2
4	0	2
7	0	5.5
8	0	5.5
9	0	5.5
35	0	20
337	0	20
338	0	20
350	0	20
374	0	20
375	0	20
404	0	0.952380952
824	0	0.952380952
825	0	0.952380952
826	0	0.952380952

4. Defuzzifikasi

Pada tahap ini akan didapatkan hasil akhir dari kualitas air sungai dimana terdapat empat kelas yang terdiri dari memenuhi baku mutu, tercemar ringan, tercemar sedang, dan tercemar berat.

Tabel 4.6 Hasil Akhir Dari Kualitas Air Sungai

Rule	Nilai min (α)= μ	Potensi (Z)	$\mu^* Z$
1	0	2	0
4	0	2	0
7	0	5.5	0
8	0	5.5	0
9	0	5.5	0
35	0	20	0
337	0	20	0
338	0	20	0
350	0	20	0
374	0	20	0
375	0	20	0
404	0	0.952380952	0
824	0	0.952380952	0
825	0	0.952380952	0
826	0	0.952380952	0

Dari hasil perhitungan seluruh rule didapatkan nilai Z total = 35.1939328 dan berdasarkan Tabel 4.3 maka termasuk dalam kualitas tercemar berat. Maka untuk data bulan Februari Tahun 2005 termasuk dalam kualitas “tercemar berat” atau kelas C.

Berdasarkan hasil perhitungan keseluruhan data didapatkan nilai akurasi yang ditampilkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Tabel Akurasi Dengan Keseluruhan Data

No	Tahun	Bulan	Kelas (Metode STORET)	Kelas (Metode fuzzy Tsukamoto)	Akurasi
1	2005	Januari	C	C	1
2		Februari	D	D	1
3		Maret	D	D	1
4		April	D	D	1
5		Mei	C	C	1
6		Juni	C	D	0
7		Juli	C	C	1
8		Agustus	C	C	1
9		September	C	C	1
10		Oktober	C	C	1
11		November	C	C	1
12		Desember	C	C	1
13	2006	Januari	B	C	0
14		Februari	C	C	1
15		Maret	C	C	1
16		April	D	D	1
17		Mei	C	C	1
18		Juni	C	C	1
19		Juli	C	C	1
20		Agustus	C	C	1
21		September	C	C	1
22		Oktober	C	C	1
23		November	D	D	1
24		Desember	C	C	1
25	2007	Januari	C	C	1
26		Februari	C	C	1
27		Maret	D	D	1
28		April	C	C	1
29		Mei	C	C	1
30		Juni	C	C	1
31		Juli	C	C	1
32		Agustus	C	C	1



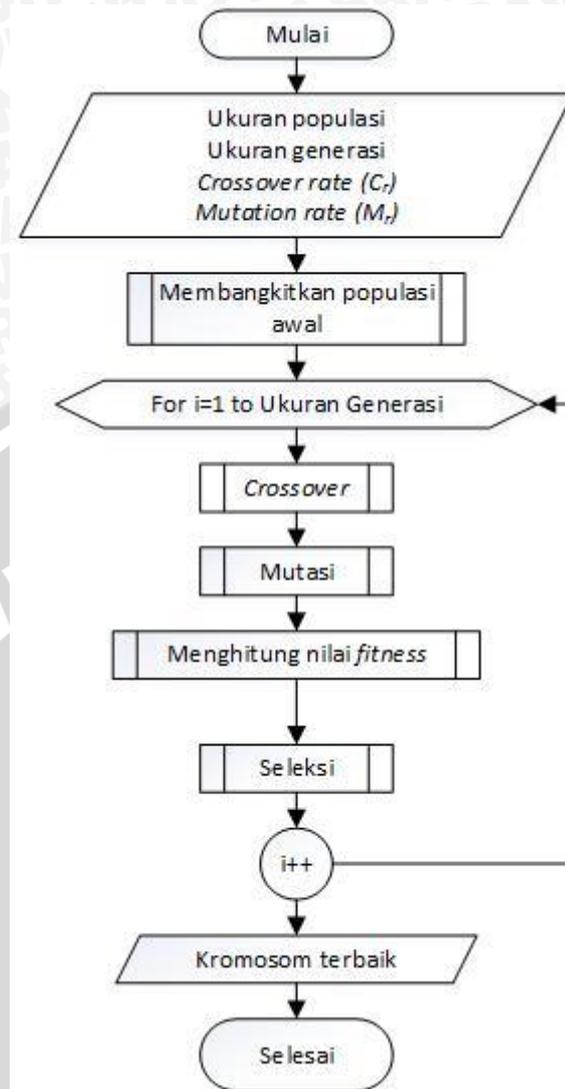
33	2008	September	C	C	1
34		Oktober	C	C	1
35		November	D	C	0
36		Desember		C	1
				C	1
37		Januari	D	D	1
38		Februari	D	D	1
39		Maret	C	C	1
40		April	B	C	0
41		Mei	D	D	1
42		Juni	C	C	1
43		Juli	C	C	1
44	Agustus	C	C	1	
45	September	C	C	1	
46	Oktober	D	C	0	
47	November	C	C	1	
48	Desember	C	C	1	
49	2009	Januari	C	C	1
50		Februari	D	D	1
51		Maret	C	C	1
52		April	C	C	1
53		Mei	C	C	1
54		Juni	C	C	1
55		Juli	B	B	1
56		Agustus	C	C	1
57		September	C	C	1
58		Oktober	D	C	0
59		November	C	C	1
60		Desember	C	C	1

Berdasarkan tabel akurasi diatas maka didapatkan nilai akurasi sebesar :

$$\text{Akurasi} = \frac{54}{60} \times 100\% = 90 \%$$

4.3 Siklus Algoritma

Siklus penyelesaian pada kasus optimasi penentuan kualitas air sungai dengan menggunakan metode *fuzzy* Tsukamoto dan algoritma genetika dapat dilihat pada Gambar 4.9.



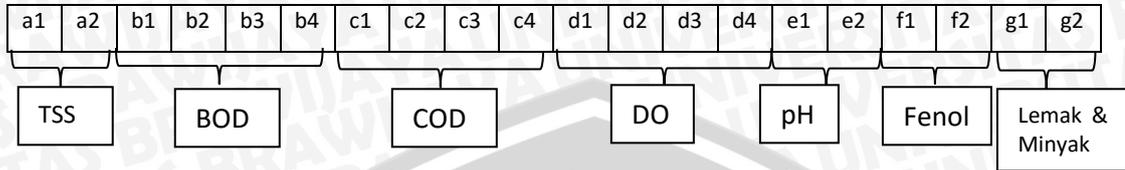
Gambar 4.9 Diagram Alir Sistem

Proses yang dilakukan adalah seperti diagram alir sistem diatas. Pertama input ukuran populasi, ukuran generasi, *crossover rate* (cr), *mutation rate* (mr), yang kemudian data ukuran populasi dilakukan untuk membangkitkan populasi awal. Kemudian setelah melakukan proses tersebut nilai *crossover rate* (cr) dan *mutation rate* (mr) digunakan untuk proses *crossover* dan mutasi. Setiap kromosom *parent* dan *child* yang dihasilkan akan digunakan untuk pembentukan fungsi keanggotaan. Kemudian akan dihitung nilai *fitness* dari masing-masing individu. Setelah itu dilakukan proses seleksi yang nantinya hasil output yaitu kromosom terbaik dengan nilai *fitness* tertinggi.

4.3.1 Representasi Kromosom dan Perhitungan *Fitness*

Pada penentuan kualitas air sungai dengan menggunakan *fuzzy* Tsukamoto dan algoritma genetika digunakan representasi kromosom pengkodean real (*real-coded*). Hal ini dikarenakan bilangan yang digunakan dalam batasan fungsi keanggotaan *fuzzy* Tsukamoto merupakan bilangan pecahan dan bulat. Kromosom dibangkitkan secara random dan bilangan random

tersebut memiliki range 0 sampai 1000. Panjang kromosom yaitu 20 gen. Setiap parameter mempunyai panjang gen yang berbeda-beda. Masing-masing gen nantinya akan digunakan sebagai nilai batasan pada *fuzzy* Tsukamoto. Representasi kromosom ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Representasi Kromosom *Real-Coded*

Setelah representasi kromosom terbentuk akan dihitung nilai *fitness* dari hasil keakurasian antara hasil perhitungan STORET dengan data yang dihitung dengan metode *fuzzy* Tsukamoto yang telah dioptimasi dengan algoritma genetika. Sebelum mencari nilai *fitness* langkah awal adalah proses menghitung *fuzzy* Tsukamoto dengan menggunakan batasan masing-masing parameter pada kromosom *parent* 1. Berdasarkan Tabel 4.1 diperoleh nilai *fuzzy* sebagai berikut.

Tabel 4.8 Hasil Perhitungan *Fuzzy* Tsukamoto dengan Kromosom P1

No	Tahun	Bulan	Nilai Fuzzy	Kelas
1	2005	Januari	20	C
2		Februari	32.8706137509685	D
3		Maret	31	D
4		April	31.6306614573003	D
5		Mei	19.134126984127	C
6		Juni	31.159375	D
7		Juli	20	C
8		Agustus	20	C
9		September	18.5708928571429	C
10		Oktober	19.3733683166249	C
11		November	16.5115358819584	C
12		Desember	20	C
13	2006	Januari	17.2916666666667	C
14		Februari	13.4209656084656	C
15		Maret	17.9764773710895	C
16		April	30.9132949232586	D
17		Mei	20	C
18		Juni	20	C
19		Juli	20	C
20		Agustus	20	C
21		September	20	C
22		Oktober	18.3269230769231	C
23		November	31.1747833219511	D
24		Desember	20	C
25	2007	Januari	15.137441643324	C
26		Februari	20	C

27		Maret	31.3165355943168	D
28		April	14.322270928422	C
29		Mei	20	C
30		Juni	20	C
31		Juli	20	C
32		Agustus	20	C
33		September	20	C
34		Oktober	20	C
35		November	17.5411340760935	C
36		Desember	19.0036861430396	C
37	2008	Januari	37.3411340760935	D
38		Februari	34.11340760935	D
39		Maret	20	C
40		April	16.375	C
41		Mei	34.50633	D
42		Juni	14.30633	C
43		Juli	20	C
44		Agustus	20	C
45		September	20	C
46		Oktober	36.633	D
47		November	20	C
48		Desember	20	C
49	2009	Januari	20	C
50		Februari	33.10533	D
51		Maret	20	C
52		April	15.1588178182293	C
53		Mei	13.6055020621184	C
54		Juni	20	C
55		Juli	20	C
56		Agustus	19.7732284580499	C
57		September	16.8779198572345	C
58		Oktober	19.4915351067757	C
59		November	20	C
60		Desember	18.7218302361595	C

Setelah didapatkan hasil penentuan kelas kualitas air sungai berdasarkan data pada Tabel 4.1 maka dapat dihitung akurasi dengan membandingkan dengan metode STORET yang akan ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.9 Perbandingan Akurasi

No	Tahun	Bulan	Kelas (Metode STORET)	Kelas (Metode fuzzy Tsukamoto)	Akurasi
1	2005	Januari	C	C	1
2		Februari	D	D	1
3		Maret	D	D	1
4		April	D	D	1
5		Mei	C	C	1
6		Juni	C	D	0
7		Juli	C	C	1
8		Agustus	C	C	1
9		September	C	C	1
10		Oktober	C	C	1
11		November	C	C	1
12		Desember	C	C	1
13	2006	Januari	B	C	0
14		Februari	C	C	1
15		Maret	C	C	1
16		April	D	D	1
17		Mei	C	C	1
18		Juni	C	C	1
19		Juli	C	C	1
20		Agustus	C	C	1
21		September	C	C	1
22		Oktober	C	C	1
23		November	D	D	1
24		Desember	C	C	1
25	2007	Januari	C	C	1
26		Februari	C	C	1
27		Maret	D	D	1
28		April	C	C	1
29		Mei	C	C	1
30		Juni	C	C	1
31		Juli	C	C	1
32		Agustus	C	C	1
33		September	C	C	1
34		Oktober	C	C	1
35		November	D	C	0
36		Desember	C	C	1
37	2008	Januari	D	D	1
38		Februari	D	D	1
39		Maret	C	C	1

40	2009	April	B	C	0
41		Mei	D	D	1
42		Juni	C	C	1
43		Juli	C	C	1
44		Agustus	C	C	1
45		September	C	C	1
46		Oktober	D	D	1
47		November	C	C	1
48		Desember	C	C	1
49		Januari	C	C	1
50		Februari	D	D	1
51		Maret	C	C	1
52	April	C	C	1	
53	Mei	C	C	1	
54	Juni	C	C	1	
55	Juli	B	C	0	
56	Agustus	C	C	1	
57	September	C	C	1	
58	Oktober	D	C	0	
59	November	C	C	1	
60	Desember	C	C	1	

Berdasarkan tabel diatas maka dapat dihitung nilai akurasi dengan menggunakan persamaan berikut ini :

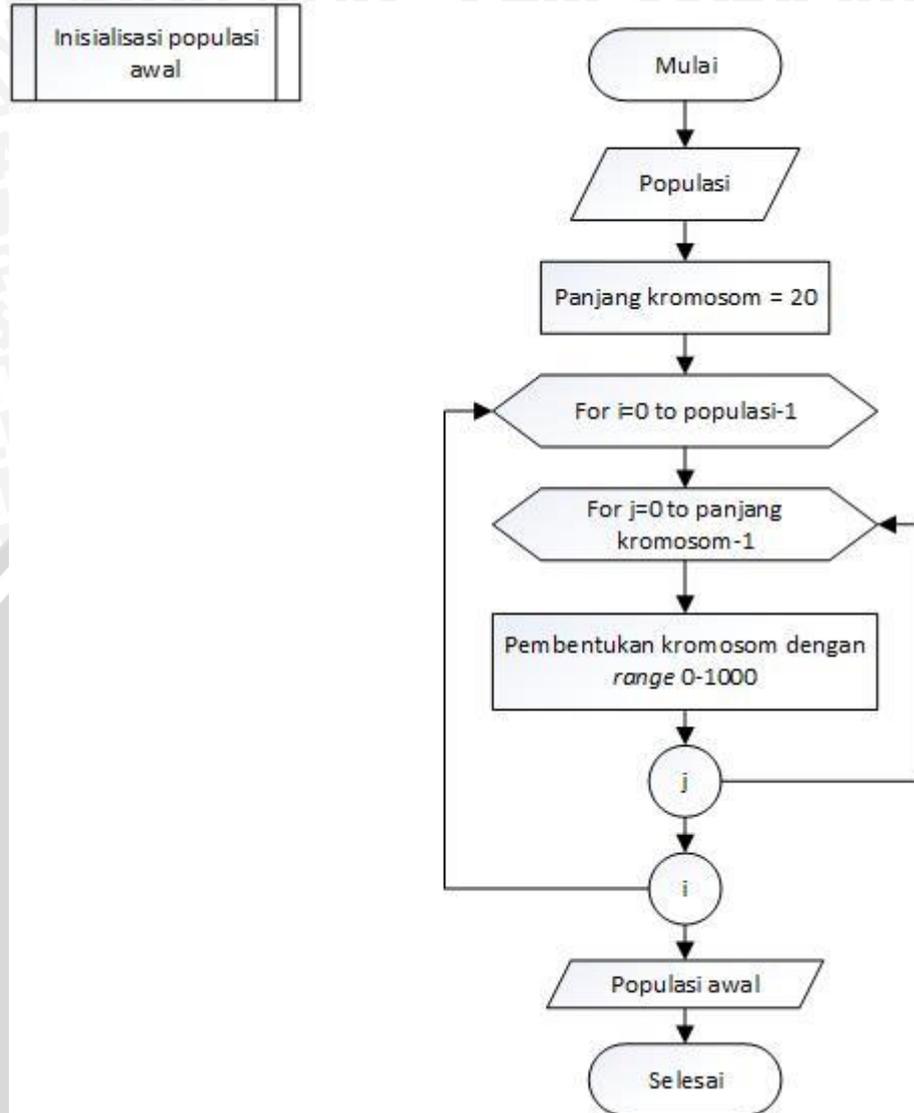
$$Akurasi = \frac{Jumlah\ data\ yang\ sesuai}{Total\ data\ keseluruhan} \times 100\% \quad 4-25$$

Sehingga didapatkan nilai akurasinya adalah $\frac{54}{60} \times 100\% = 90\%$

Jadi parent 1 memiliki nilai *fitness* sebesar 0,9

4.3.2 Inisialisasi Populasi Awal

Secara garis besar proses inisialisasi populasi awal akan ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Diagram Alir Inisialisasi Populasi Awal

Pada proses inisialisasi populasi awal yang telah ditunjukkan pada Gambar 4.11 dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Masukkan ukuran populasi.
2. Inisialisasi panjang kromosom yakni sebesar 20.
3. Pembentukan kromosom berdasarkan ukuran populasi dan panjang kromosom sebesar 20 yang akan ditentukan secara *random* dengan *range* 0-1000.
4. Jika n belum mencapai ukuran populasi maka proses akan diulang sampai ukuran populasi yang ditentukan.
5. Setelah pembentukan kromosom mencapai ukuran populasi yang ditentukan, maka hasil pembentukannya akan dijadikan populasi awal.

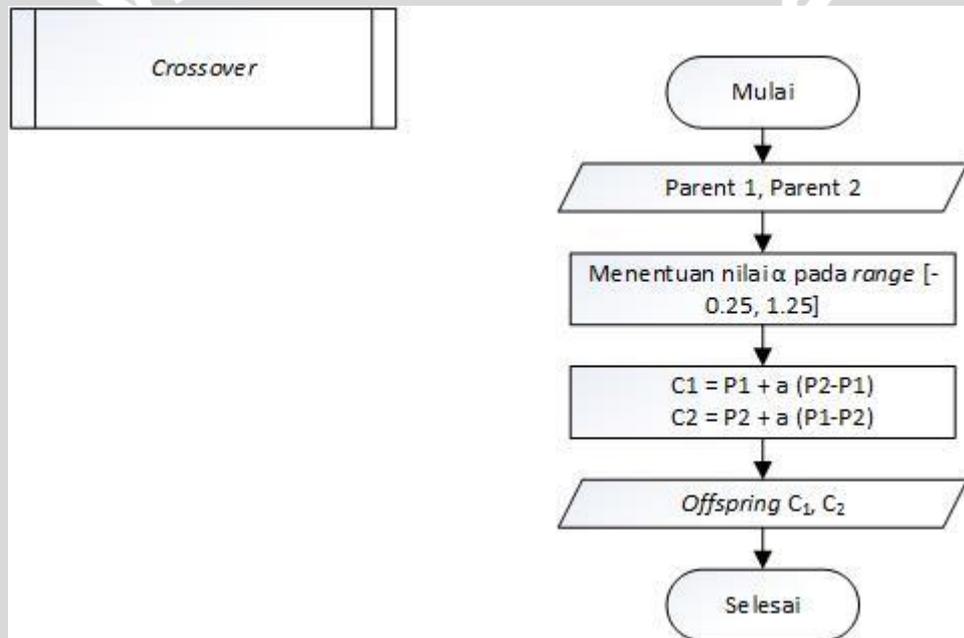
Proses pembentukan populasi awal dilakukan secara *random*. Nilai *random* dari masing-masing kriteria berurutan dari yang kecil pada sisi kiri hingga yang paling besar pada sisi kanan pada setiap kategori. Berikut ini contoh

individu pada populasi awal yang nantinya akan dilakukan proses reproduksi, evaluasi dan seleksi.

Parent	Kromosom	Fitness
P1	[30, 65, 2, 3, 6, 12, 9, 22, 45, 100, 1, 2, 4, 5, 7, 12, 0.001, 0.0024, 1, 2]	0.9
P2	[55, 70, 3, 4, 7, 13, 10, 25, 55, 110, 0, 1, 3, 6, 4, 7, 0.0015, 0.0020, 1.5, 3]	0.8833
P3	[60, 85, 4, 5, 6, 11, 15, 35, 60, 90, 2, 3, 5, 7, 6, 10, 0.0018, 0.0025, 1.25, 4]	0.9
P4	[50, 110, 3, 4, 8, 14, 8, 23, 70, 120, 3, 4, 6, 7, 8, 11, 0.0012, 0.0023, 1.5, 5]	0.9166

4.3.3 Reproduksi

Pada proses reproduksi ini sistem melakukan pembentukan *child* (*offspring*) dengan menggunakan *crossover* dan *mutasi*. Pembentukan *offspring* dilakukan sejumlah populasi. Pada proses *crossover* digunakan metode *extended intermediate crossover* sedangkan untuk proses mutasi digunakan metode *random mutation*. Secara garis besar proses *crossover* dan proses mutasi akan dijabarkan pada Gambar 4.12 dan Gambar 4.13.

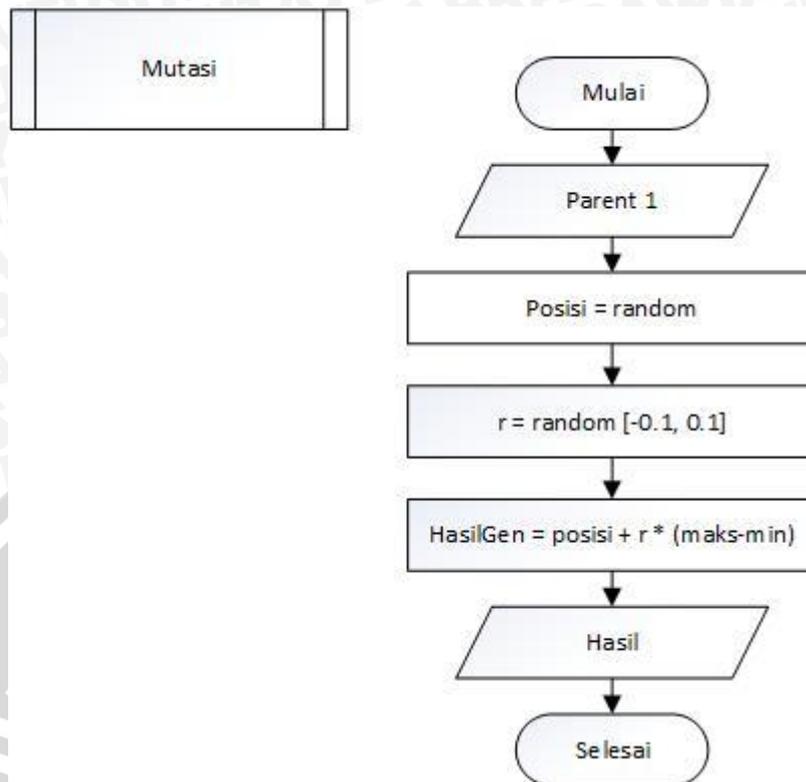


Gambar 4.12 Diagram Alir Proses *Extended Intermediate Crossover*

Secara rinci Gambar 4.12 dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Masukkan *parent 1* dan *parent 2*.
2. Setelah mendapatkan *parent* maka menentukan nilai α secara *random* untuk masing-masing gen dengan *range* [0.25, 1.25].
3. Kemudian menghitung nilai masing-masing gen dari setiap *parent* dengan rumus $C_1 = P_1 + \alpha(P_2 - P_1)$ dan $C_2 = P_2 + \alpha(P_1 - P_2)$.
4. Dan akan dihasilkan *offspring* C1, C2.

Sedangkan untuk proses mutasi yakni metode *random mutation* akan diilustrasikan pada Gambar 4.13 berikut.



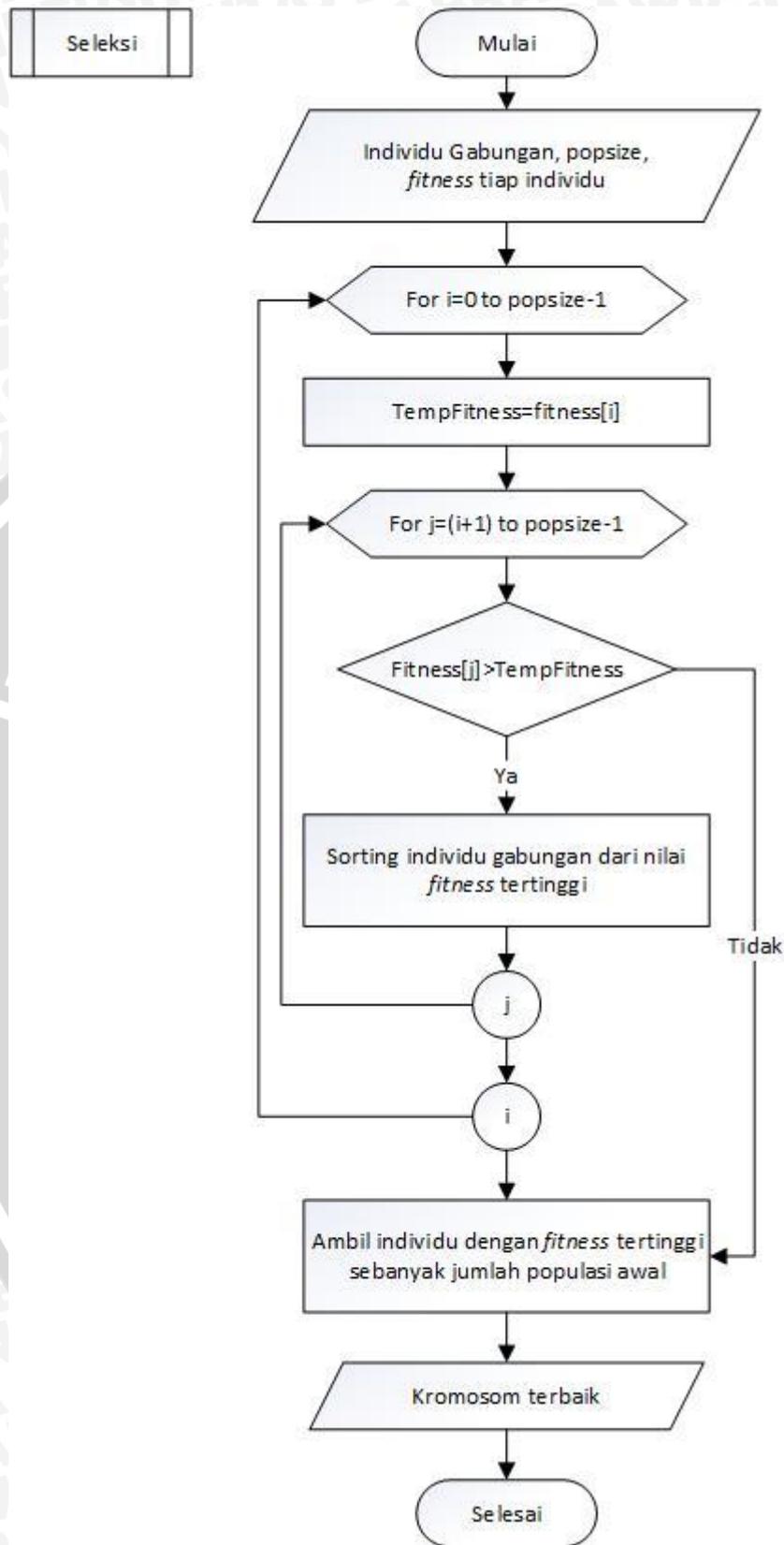
Gambar 4.13 Diagram Alir Proses Mutasi

Secara lebih rinci Gambar 4.13 dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Masukkan *parent* tunggal.
2. Menentukan posisi mutasi secara *random*.
3. Menentukan nilai *r* dengan range secara *random* dengan range [-0.1, 0.1].
4. Menentukan titik gen yang akan dimutasi.
5. Kemudian hitung gen *offspring* dengan rumus $x'_i = x_i + r (max_i - min_i)$.
6. Dan akan dihasilkan *offspring* dari proses mutasi.

4.3.4 Seleksi

Pada proses seleksi sistem akan melakukan perhitungan nilai *fitness* dari *parent* dan *offspring* yang sudah didapatkan sebelumnya. Selanjutnya akan diambil individu dengan nilai *fitness* tertinggi dan akan dijadikan *parent* pada generasi selanjutnya. Proses seleksi akan diilustrasikan pada Gambar 4.14.



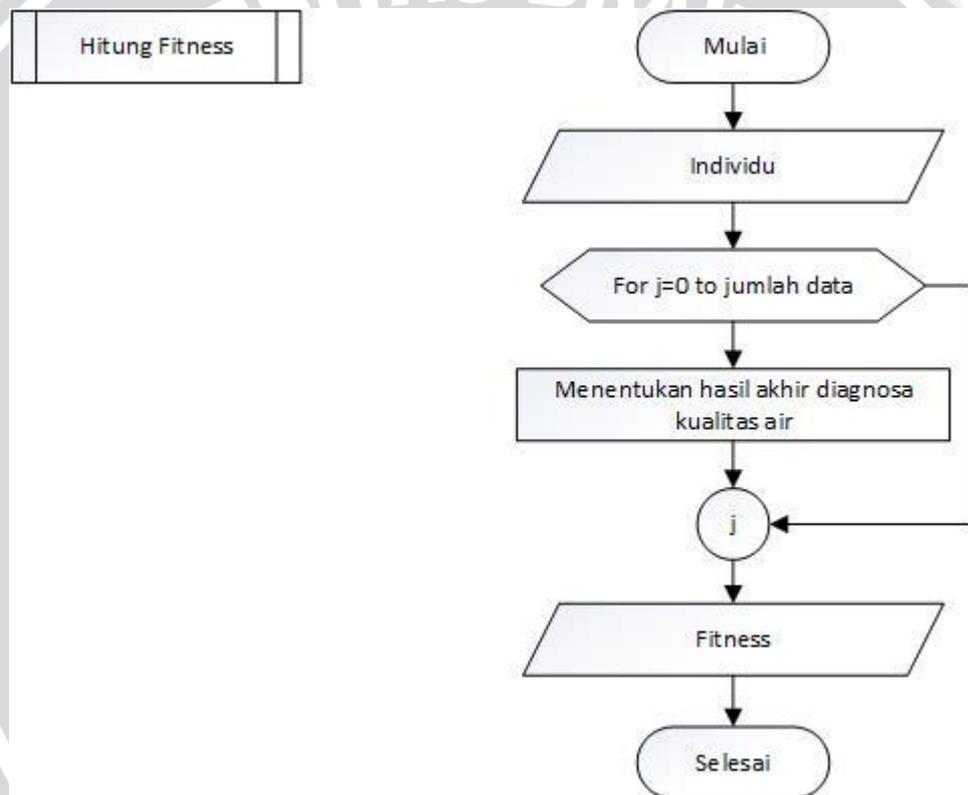
Gambar 4.14 Diagram Alir Proses Seleksi

Secara lebih rinci Gambar 4.14 dapat diartikan sebagai berikut :

1. Masukkan jumlah individu gabungan, *jumlah popsize* dan *nilai fitness* dari masing-masing individu.
2. Hitung nilai *fitness* dari individu gabungan.
3. Urutkan nilai *fitness* dari yang terbesar ke yang terkecil.
4. Selanjutnya individu dengan nilai *fitness* tertinggi akan diambil sesuai dengan ukuran populasi awal.
5. Hasilnya adalah kromosom terbaik.

4.3.5 Hitung Nilai *Fitness*

Pada proses ini akan dilakukan perhitungan nilai *fitness* dari masing-masing individu. Proses perhitungan nilai *fitness* akan diilustrasikan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Diagram Alir Perhitungan Nilai *Fitness*

Secara lebih rinci Gambar 4.15 dapat diartikan sebagai berikut :

1. Masukkan jumlah individu.
2. Menentukan hasil diagnose kualitas air sungai menggunakan metode Tsukamoto.
3. Didapatkan hasil akhir berupa nilai *fitness* dari masing-masing individu sejumlah data (jumlah data=60).

BAB 5 IMPLEMENTASI

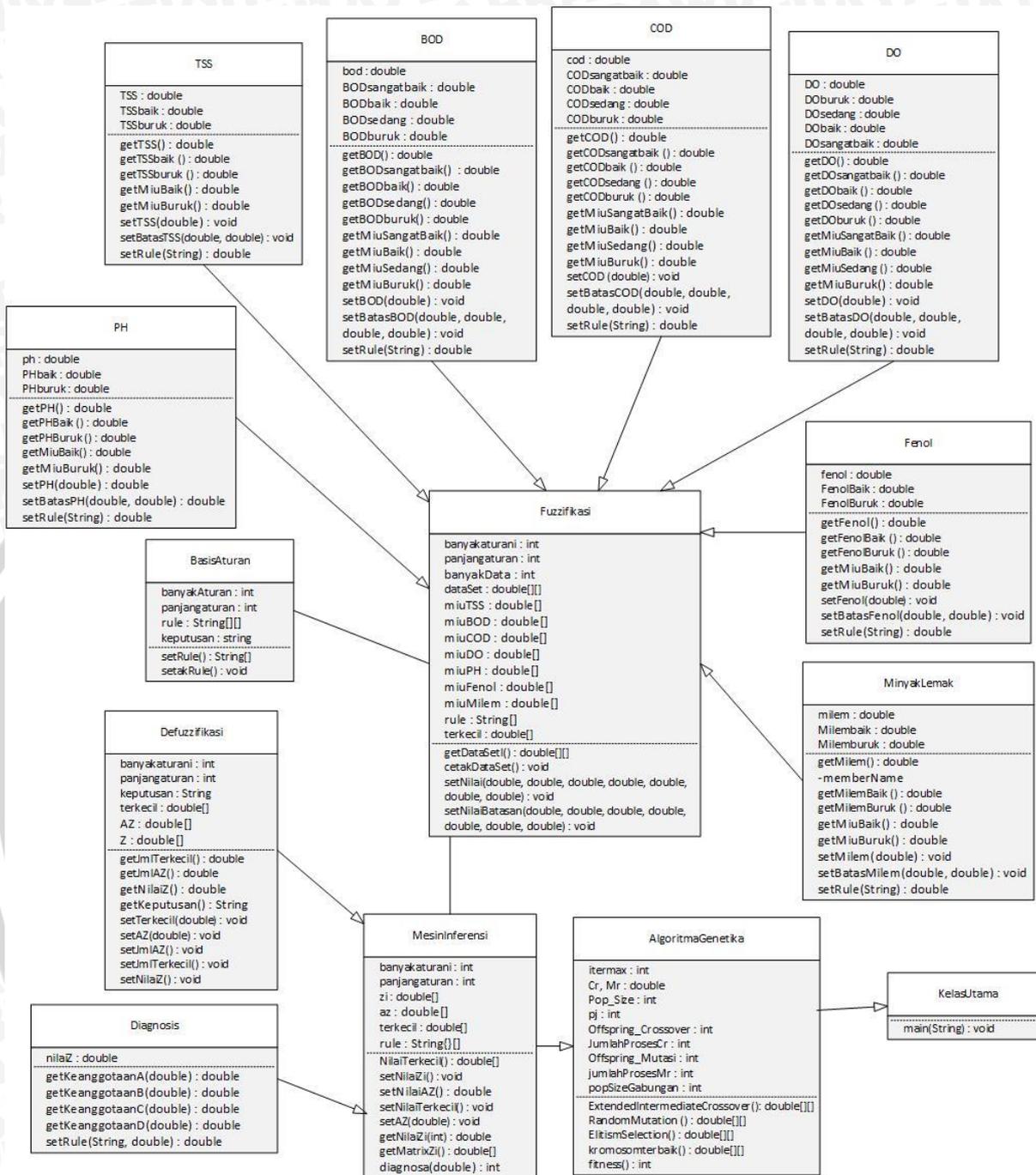
Pada bab ini akan dijelaskan mengenai struktur *database*, struktur kelas serta implementasi kode program pada algoritma genetika untuk optimasi fungsi keanggotaan *fuzzy* Tsukamoto.

5.1 Struktur *class*

Kelas-kelas yang terbentuk pada proses optimasi *fuzzy* Tsukamoto dengan menggunakan Algoritma Genetika ada 14. Yaitu diantaranya adalah :

1. Kelas KelasUtama merupakan kelas utama (*main class*).
2. Kelas AlgoritmaGenetika yang merupakan kelas untuk proses algoritma genetika.
3. Kelas Fuzzifikasi merupakan kelas untuk mengambil nilai dari data air.
4. Kelas BasisAturan merupakan kelas untuk mengambil nilai rule dari database.
5. Kelas Defuzzifikasi merupakan kelas untuk menentukan nilai output dari *fuzzy* Tsukamoto.
6. Kelas MesinInferensi merupakan kelas untuk menghitung fungsi implikasi MIN.
7. Kelas Diagnosis merupakan kelas untuk menghitung nilai Z dari masing-masing kesimpulan.
8. Kelas TSS merupakan kelas untuk menghitung derajat keanggotaan *fuzzy* pada kriteria TSS.
9. Kelas COD merupakan kelas untuk menghitung derajat keanggotaan *fuzzy* pada kriteria COD.
10. Kelas BOD merupakan kelas untuk menghitung derajat keanggotaan *fuzzy* pada kriteria BOD.
11. Kelas DO merupakan kelas untuk menghitung derajat keanggotaan *fuzzy* pada kriteria DO.
12. Kelas pH merupakan kelas untuk menghitung derajat keanggotaan *fuzzy* pada kriteria PH.
13. Kelas Fenol merupakan kelas untuk menghitung derajat keanggotaan *fuzzy* pada kriteria Fenol.
14. Kelas MinyakLemak merupakan kelas untuk menghitung derajat keanggotaan *fuzzy* pada kriteria Minyak dan Lemak.

Berikut merupakan struktur kelas yang ditunjukkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Struktur Kelas

5.2 Implementasi Kode Program

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai implementasi kode program pada penerapan algoritma genetika pada optimasi fungsi keanggotaan sistem inferensi fuzzy Tsukamoto. Penjelasan mengenai kode program ini akan dibagi menjadi empat sub bab lagi yaitu penjelasan pada proses inialisasi populasi awal, proses reproduksi, proses perhitungan nilai *fitness*, dan proses seleksi.

5.2.1 Implementasi Inisialisasi Populasi Awal

Pada Gambar 5.2 dibawah ini merupakan potongan source code program pada proses pembentukan populasi awal. Dimana dalam satu kromosom terdapat 20 gen yang dibangkitkan secara acak.

```

1 Random rand = new Random();
2 int panjangkromosom = 20;
3 double hasilAwal[][]=new double [popsize][panjangkromosom];
4     for(int i=0;i<popsize;i++){
5         for(int j=0; j<20; j++){
6             int nilaibawah=0, nilaiatas=1000;
7             hasilAwal[i][j]=rand.nextInt(nilaiatas-
8 nilaibawah+1)+nilaibawah;
9         }
10    }

```

Gambar 5.2 Kode Program Proses Inisialisasi Populasi Awal

Penjelasan baris kode program pada Gambar 5.2 sebagai berikut :

1. Baris 1 merupakan pembangkitan fungsi random.
2. Baris 2 inisialisasi panjang kromosom.
3. Baris 3-10 pembangkitan nilai random antara 0 sampai 1000, dimana akan dilakukan berulang-ulang sehingga setiap gen pada kromosom yang berjumlah 20 akan diisi oleh nilai acak tersebut.

5.2.2 Implementasi Reproduksi

Pada sub bab ini akan dijelaskan kode program untuk proses *crossover* dan mutasi. Dimana proses *crossover* menggunakan metode *Extended Intermediate Crossover* dan proses mutasi yang menggunakan metode *Random Mutation*.

5.2.2.1 Implementasi Proses *Crossover*

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Extended Intermediate Crossover*. Pada proses ini dibutuhkan 2 kromosom dari 2 individu yang berbeda dan akan menghasilkan 2 *offspring* baru. Pada metode ini akandicari nilai alfa (a) secara acak dengan *range* [-0.25, 1.25] sehingga *offspring* akan didapatkan dari hasil kali a dengan nilai gen pada kromosom dari individu terpilih kedua dikurangi dengan nilai gen pada kromosom individu terpilih pertama. Kode program untuk metode *Extended Intermediate Crossover* dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut :

```

1 Random random = new Random();
2 int panjangkromsososom = Individu[0].length;
3 int popsize = Individu.length;
4 int a[] = new int [panjangkromsososom];
5 double aKonversi[]=new double [panjangkromsososom];
6 double[][]Hasil = new double[2][panjangkromsososom];
7 double[][]IndukPertama = new double[1][panjangkromsososom];
8 double[][]IndukKedua = new double[1][panjangkromsososom];
9 int nilaiTerendah = 0;

```

```

10     int nilaiTertinggi = popsize - 1;
11     boolean flag = true;
12     int IndeksIndukPertama = 0, IndeksIndukKedua = 0;
13     while (flag) {
14         IndeksIndukPertama=random.nextInt(nilaiTertinggi -
15 nilaiTerendah + 1) + nilaiTerendah;
16 IndeksIndukKedua = random.nextInt(nilaiTertinggi -
17 nilaiTerendah + 1) + nilaiTerendah;
18     if (IndeksIndukPertama != IndeksIndukKedua) {
19         flag = false;
20     }
21 }
22 for (int k=0;k<panjangkromsososom;k++){
23     int nilaiTerendahA= 0, nilaiTertinggiA = 1000;
24     a[k]= random.nextInt(nilaiTertinggiA - nilaiTerendahA + 1)
25 + nilaiTerendahA;
26     aKonversi[k]=((a[k]/1000)*1.5)-0.25;
27     for (int i = 0; i < panjangkromsososom; i++) {
28         IndukPertama[0][i] = Individu[IndeksIndukPertama][i];
29     }
30     for (int i = 0; i < panjangkromsososom; i++) {
31         IndukKedua[0][i] = Individu[IndeksIndukKedua][i];
32     }
33     for (int i = 0; i < panjangkromsososom; i++) {
34         Hasil[0][i] = IndukPertama[0][i] +
35 (aKonversi[k]*(IndukKedua[0][i]-IndukPertama[0][i]));
36         Hasil[1][i] = IndukKedua[0][i] +
37 (aKonversi[k]*(IndukPertama[0][i]-IndukKedua[0][i]));
38     }
39 }
40     return Hasil;
41 }

```

Gambar 5.3 Kode Program Proses *Crossover*

Penjelasan baris kode program pada Gambar 5.3 sebagai berikut :

1. Baris 1 merupakan pembangkitan fungsi *random*.
2. Baris 2 dan 3 inialisasi *integer* untuk mengetahui panjang kromosom dan jumlah populasi.
3. Baris 4 inialisasi *array integer* 1 dimensi untuk menyimpan nilai a.
4. Baris 5 inialisasi *array double* 1 dimensi untuk menyimpan hasil konversi nilai a pada range -0.25 hingga 1.25.
5. Baris 6 inialisasi *array double* 2 dimensi untuk menyimpan hasil *crossover*.
6. Baris 7 inialisasi *array double* 2 dimensi untuk menyimpan induk pertama terpilih.
7. Baris 8 inialisasi *array double* 2 dimensi untuk menyimpan induk kedua terpilih.
8. Baris 9-10 inialisasi variabel *integer* batas atas dan batas bawah untuk pencarian induk yang akan dipilih.
9. Baris 11-21 mencari 2 induk secara acak dari populasi.
10. Baris 22-25 mencari nilai a secara acak antara 0 hingga 1000.
11. Baris 26 mengkonversi nilai a sesuai range -0.25 hingga 1.25.

12. Baris 27-32 mengcopy nilai induk terpilih kedalam *array* yang telah disediakan.
13. Baris 33-39 melakukan proses *crossover* dengan menggunakan metode *Extended Intermediate Crossover*.

5.2.2.2 Implementasi Proses Mutasi

Metode mutasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *Random Mutation*. *Offspring* baru akan didapatkan dari satu induk dan satu titik potong pada kromosom yang terpilih secara acak. Dimana proses *Random Mutation* adalah dengan mencari nilai *r* yang didapatkan secara acak pada *range* [-0.1, 0.1] dan *offspring* dibentuk pada gen yang menjadi titik potong pada kromosom terpilih dengan *r* yang dikalikan dengan hasil pengurangan dari nilai maksimum dan minimum pada gen tersebut. Kode program proses *Random Mutation* dapat dilihat pada Gambar 5.4 berikut :

```

1 Random rand = new Random();
2     int panjangKromosom = Individu[0].length;
3     int popsize = Individu.length;
4     double[][] Hasil = new double[1][panjangKromosom ];
5
6     int nilaiBawahTitik = 0, nilaiAtasTitik =
7 panjangKromosom-1 ;
8     int posisi=0;
9     posisi = rand.nextInt(nilaiAtasTitik -
10 nilaiBawahTitik + 1) + nilaiBawahTitik;
11     int Random = posisi+1;
12     System.out.println("Gen Terpilih = " + Random);
13
14     int nilaiBawah = 0;
15     int nilaiAtas = popsize - 1;
16     int IndeksInduk = rand.nextInt(nilaiAtas - nilaiBawah
17 + 1) + nilaiBawah;
18
19     System.out.print("P" + (IndeksInduk + 1) + "= ");
20     for (int j = 0; j < panjangKromosom ; j++) {
21         System.out.print(Individu[IndeksInduk][j] + " ");
22     }
23     System.out.println();
24
25     int nilaiBawahR= 0, nilaiAtasR = 1000;
26     int rAwal= rand.nextInt(nilaiAtasR - nilaiBawahR + 1)
27 + nilaiBawahR;
28     double r =((rAwal/1000)*0.2)-0.1;
29
30     for (int j = 0; j < panjangKromosom ; j++) {
31         Hasil[0][j]=Individu[IndeksInduk][j];
32     }
33
34     double max=1000;
35     double min=0;
36
37     double HasilGen=

```

```

38 Individu[IndeksInduk][posisi]+(r*(max-min));
39 Hasil [0][posisi]= HasilGen;
40
41 System.out.print("C = ");
42 for (int j = 0; j < panjangKromosom ; j++) {
43     System.out.print(Hasil[0][j] + " ");
44 }
45 return Hasil;
46 }

```

Gambar 5.4 Kode Program Proses Mutasi

Penjelasan baris kode program pada Gambar 5.5 sebagai berikut :

1. Baris 1 merupakan pembangkitan fungsi *random*.
2. Baris 2 dan 3 inialisasi *integer* untuk panjang kromosom dan jumlah populasi.
3. Baris 4 inialisasi *array double* 2 dimensi untuk menyimpan hasil mutasi.
4. Baris 6 dan 7 inialisasi variable *integer* untuk batas bawah dan batas atas dari pencarian gen kromosom yang akan dipilih.
5. Baris 9 dan 10 untuk memilih gen kromosom yang menjadi titik mutasi.
6. Baris 13 untuk menampilkan gen yang terpilih.
7. Baris 14-17 proses pemilihan individu untuk proses mutasi secara acak.
8. Baris 20-23 menampilkan individu terpilih.
9. Baris 25-28 proses menghitung nilai r dengan range -0.1 sampai 0.1.
10. Baris 34-38 proses *random mutation*.
11. Baris 39 menyimpan nilai gen yang telah dimutasi.
12. Baris 41-43 mencetak hasil mutasi.

5.2.3 Implementasi Perhitungan Nilai *Fitness*

Nilai *fitness* didapatkan dari suatu kromosom dengan menguji kromosom tersebut ketika digunakan sebagai batasan pada fungsi keanggotaan sesuai kegunaan setiap segmen pada kromosom. Caranya dengan membandingkan hasil kesimpulan pada sistem dengan hasil kesimpulan dari penelitian sebelumnya menggunakan metode STORET. Semakin banyak data yang memiliki kesimpulan yang sama dengan kesimpulan pada penelitian sebelumnya maka semakin besar nilai *fitness*nya. Kode program untuk proses perhitungan *fitness* dapat dilihat pada Gambar 5.5 sebagai berikut :

```

1 int fitness = 0;
2 int diagnosis [] = new int[60];;
3 double[][] dataSet = new double[60][7];
4
5 MesinInferensi MI = new MesinInferensi();
6 Fuzzifikasi fuz = new Fuzzifikasi();
7 dataSet=fuz.getDataSet();
8 for(int j=0; j<60; j++){
9 diagnosis[j]=MI.diagnosa(dataSet[j][0],dataSet[j][1],

```

```

10 dataSet[j][2], dataSet[j][3], dataSet[j][4],
11 dataSet[j][5], dataSet[j][6], Individu [0], Individu
12 [1], Individu [2], Individu [3], Individu [4], Individu
13 [5], Individu [6], Individu [7], Individu [8], Individu
14 [9],
15 Individu [10], Individu [11], Individu [12], Individu
16 [13], Individu [14], Individu [15], Individu
17 [16],Individu [17], Individu [18], Individu [19]);
18 }
19 for (int j=0;j<60;j++ ){
20     if (diagnosis[j]==dataSet[j][7]){
21         fitness ++;
22     }
23 }
24 return fitness;
    }

```

Gambar 5.5 Kode Program Proses Perhitungan Nilai *Fitness*

Penjelasan baris kode program pada Gambar 5.6 sebagai berikut :

1. Baris 1 inialisasi *integer* untuk menyimpan hasil *fitness*.
2. Baris 2 inialisasi *array integer* 1 dimensi untuk menyimpan hasil diagnosis kualitas air dari sistem.
3. Baris 3 inialisasi *array integer* 1 dimensi untuk menyimpan data set yang ada.
 1. Baris 7 mengambil nilai dari dataset dari fungsi yang ada di kelas fuzzifikasi.
 2. Baris 9-16 mengambil hasil diagnosa sebanyak dataset yang fungsi keanggotaannya memakai nilai pada tiap kromosom yang diuji.
 4. Baris 18-20 menghitung nilai *fitness* dengan menambahkan variable *fitness* jika hasil diagnosis sistem sama dengan hasil diagnosis metode STORET.

5.2.4 Implementasi Seleksi

Pada penelitian ini metode seleksi yang digunakan adalah metode *Elitism Selection*. Dimana pada metode yang digunakan setiap individu dari induk dan *offspring* akan digabungkan dan diurutkan dari individu yang memiliki nilai *fitness* terbesar kemudian akan diambil sebanyak jumlah *popSize* dari nilai *fitness* tertinggi. Kode program proses seleksi dengan metode *Elitism Selection* dapat dilihat pada Gambar 5.6 berikut :

```

1 public double [][] SeleksiElitismSimpleFx(double [][]
2 IndividuGabungan, int popsize, double []angka) {
3     int panjangkromosom = 20;
4     double[][] Hasil = new
5     double[popsize][panjangkromosom+1];
6     int[] IndeksAwalIndividuGabungan = new int[popsize];
7     for (int i = 0; i < popsize; i++) {
8     IndeksAwalIndividuGabungan[i] = i;
9     }
10    // sorting NilaiFx
11    for (int i = 0; i < popsize; i++) {

```

```

12 double TempNilaiFx = angka[i];
13 int TempIndeksAwalIndividuGabungan =
14 IndeksAwalIndividuGabungan[i];
15 double[][] TempHasil = new
16 double[1][panjangkromosom];
17 for (int j = (i + 1); j < popsize; j++) {
18     if (angka[j] > TempNilaiFx) {
19         TempNilaiFx = angka[j];
20         angka[j] = angka[i];
21         angka[i] = TempNilaiFx;
22         TempIndeksAwalIndividuGabungan =
23 IndeksAwalIndividuGabungan[j];
24 IndeksAwalIndividuGabungan[j] =
25 IndeksAwalIndividuGabungan[i];
26         IndeksAwalIndividuGabungan[i] =
27 TempIndeksAwalIndividuGabungan;
28 for (int k = 0; k < panjangkromosom; k++) {
29     TempHasil[0][k] = IndividuGabungan[j][k];
30     }
31     for (int k = 0; k < panjangkromosom; k++) {
32     IndividuGabungan[j][k] = IndividuGabungan[i][k];
33     }
34     for (int k = 0; k < panjangkromosom; k++) {
35     IndividuGabungan[i][k] = TempHasil[0][k];
36     }
37     }
38     }
39     }
40 //Menampung Hasil IndividuGabungan ter-sorting sebanyak
41 popsize
42 for (int i = 0; i < popsize; i++) {
43     for (int j = 0; j < panjangkromosom; j++) {
44         Hasil[i][j] = IndividuGabungan[i][j];
45     }
46 }
return Hasil;
}

```

Gambar 5.6 Implementasi Proses Seleksi

Penjelasan baris kode program pada Gambar 5.7 sebagai berikut :

1. Baris 1-2 merupakan judul fungsi untuk mendapatkan populasi baru dari hasil seleksi metode *Elitism Selection* berupa *array double* 2 dimensi dengan 3 parameter sebagai masukan yaitu individu gabungan dari induk dan *offspring*, jumlah *popSize*, dan nilai *fitness* masing-masing individu.
2. Baris 3 inialisasi panjang kromosom yang bertipe *integer*.
3. Baris 4 membuat *array double* 2 dimensi untuk menyimpan hasil seleksi.
4. Baris 5 membuat *array* satu dimensi sepanjang nilai *popsize* untuk menyimpan indeks pada tiap individu.
5. Baris 6-8 menyimpan angka indeks dari 1 hingga jumlah *popSize* pada *array integer* yang telah disediakan sebelumnya.

6. Baris 10-37 digunakan untuk mengurutkan individu sesuai nilai *fitness* nya.
7. Baris 11 inialisasi variabel bertipe *integer* untuk menyimpan nilai *fitness* sementara pada indeks ke-i.
8. Baris 12-13 inialisasi variabel bertipe *integer* untuk menyimpan no indeks sementara pada individu ke-i.
9. Baris 14 membuat *arraydouble* 2 dimensi untuk menyimpan kromosom sementara.
10. Baris 15 membuat indeks j yang nilai nya i+1 hingga seukuran populasi.
11. Baris 16 apabila *fitness* pada indeks ke j lebih besar dari isi variabel penyimpanan sementara untuk *fitness* ke-i.
12. Baris 17 nilai dari variabel sementara menjadi *fitness* ke-j.
13. Baris 18 *fitness* ke-j menjadi *fitness* ke-i.
14. Baris 19 nilai *fitness* ke-i didapat dari variabel sementara tersebut.
15. Baris 20-21 variabel sementara untuk indeks menjadi indeks ke-j.
16. Baris 22-23 indeks ke-j nilainya mengambil nilai dari indeks ke-i.
17. Baris 24-25 indeks ke-i mendapatkan nilai dari variabel indeks semetara.
18. Baris 26-28 kromosom pada hasil sementara menjadi kromosom individu gabungan ke-j.
19. Baris 29-31 kromosom pada individu gabungan ke-j diubah sesuai kromosom dari individu gabungan ke-i.
20. Baris 32-34 nilai pada individu gabungan ke-i mengambil nilai dari hasil sementara.
21. Baris 40-44 mengambil individu gabungan yang telah di urutkan sebanyak ukuran *popSize*.

BAB 6 PENGUJIAN

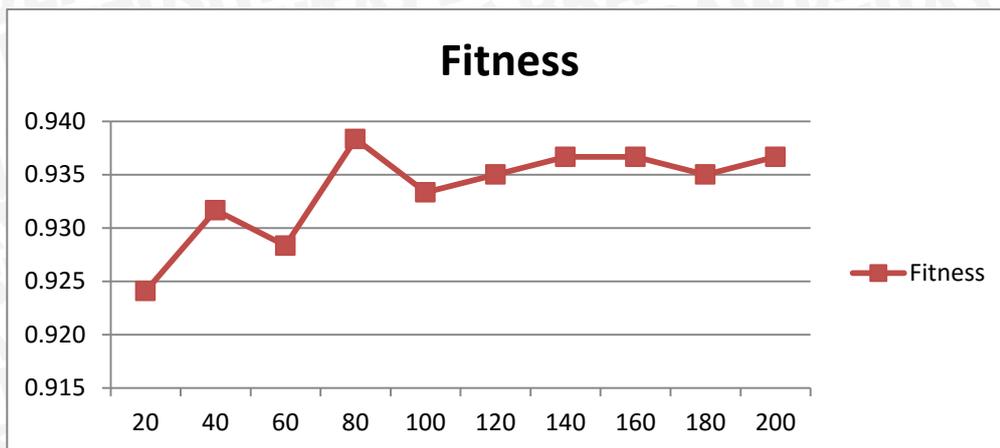
Pada bab ini dibahas mengenai hasil pengujian dari algoritma yang digunakan sesuai dengan rancangan pengujian yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Scenario yang digunakan pada proses pengujian ini diantaranya adalah pengujian ukuran populasi, pengujian kombinasi *crossover rate* (*cr*) dan *mutation rate* (*mr*), dan pengujian generasi.

6.1 Pengujian Ukuran Populasi

Pada skenario pengujian ukuran populasi dilakukan guna mengetahui berapa ukuran populasi yang dapat menghasilkan kromosom terbaik dengan nilai *fitness* tertinggi. Dalam pengujian kali ini akan dilakukan sebanyak 10 kali percobaan dengan variasi angka kelipatan 20 dimulai dengan nilai 20 hingga 200. Parameter yang digunakan adalah nilai *cr*, *mr*, dan jumlah generasi. Nilai *cr* dan *mr* serta banyak generasi yang digunakan sesuai dengan nilai terbaik dari penelitian sebelumnya yang juga menggunakan metode *fuzzy* Tsukamoto yang dioptimasi adengan algoritma genetika (Restuputri dkk, 2015). Nilai dari masing-masing parameter adalah *cr* = 0.5, *mr* = 0.5, generasi sebanyak 100. Hasil dari pengujian ukuran populasi dapat dilihat pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Hasil Pengujian Ukuran Populasi

Ukuran populasi	Percobaan ke-										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
20	0.933	0.933	0.917	0.917	0.917	0.917	0.933	0.933	0.917	0.917	0.924
40	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.917	0.933	0.933	0.933	0.932
60	0.933	0.917	0.917	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.917	0.928
80	0.950	0.933	0.950	0.933	0.933	0.950	0.933	0.933	0.933	0.933	0.938
100	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933
120	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.950	0.933	0.933	0.933	0.933	0.935
140	0.950	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.950	0.933	0.933	0.937
160	0.950	0.950	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.937
180	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.950	0.933	0.933	0.933	0.935
200	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.950	0.950	0.937
Nilai rata-rata terbesar											0.938



Gambar 6.1 Grafik Hasil Pengujian Ukuran Populasi

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa rata-rata nilai *fitness* terbesar dimiliki oleh angka 80 yaitu 0,938. Sedangkan rata-rata nilai *fitness* terkecil berada pada angka 20 yaitu 0,924. Dari hasil pengamatan pada pengujian populasi pada saat nilai populasi semakin besar maka semakin besar pula kemungkinan untuk mendapatkan kromosom yang optimal. Namun ketika ukuran populasi yang terlalu besar akan mengakibatkan waktu saat eksekusi algoritma genetika semakin lama dan belum tentu mendapatkan kromosom yang semakin optimal.

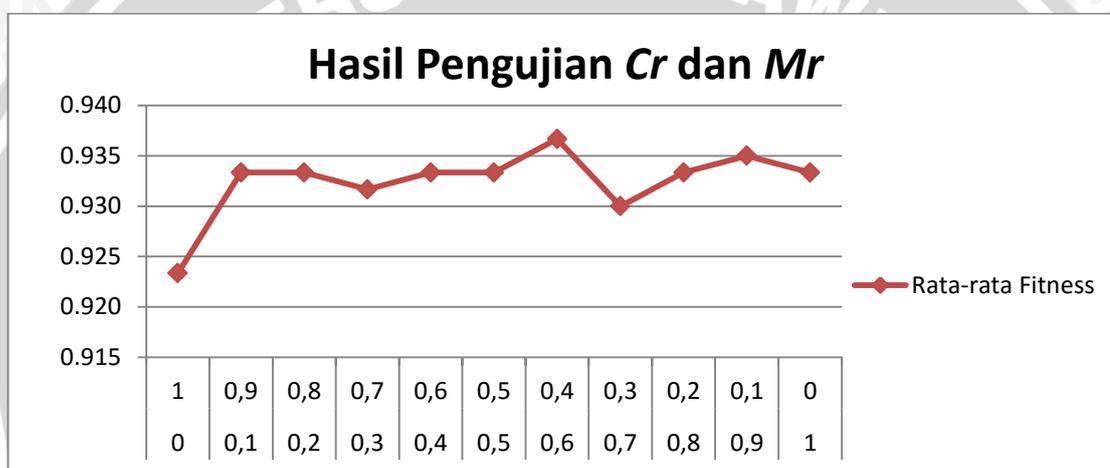
6.2 Pengujian Kombinasi *Crossover Rate* (*cr*) dan *Mutation Rate* (*mr*)

Dari hasil percobaan pada pengujian ukuran populasi didapatkan bahwa ukuran populasi sebanyak 80 merupakan ukuran terbaik yang selanjutnya akan digunakan untuk melakukan pengujian kombinasi *crossover rate* (*cr*) dan *mutation rate* (*mr*). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kombinasi *crossover rate* (*cr*) dan *mutation rate* (*mr*) yang paling optimal sehingga akan menghasilkan solusi terbaik. Cara pengujian pada tahap ini adalah dengan melakukan percobaan dari setiap kombinasi *crossover rate* (*cr*) dan *mutation rate* (*mr*) sebanyak 10 kali sehingga didapatkan rata-rata nilai *fitness* dari setiap kombinasi. Kombinasi yang memiliki nilai rata-rata *fitness* tertinggi yang akan dipilih menjadi kombinasi *crossover rate* (*cr*) dan *mutation rate* (*mr*) terbaik. Nilai parameter lain yang digunakan adalah populasi sebanyak 80 yang didapatkan dari hasil uji populasi sebelumnya dan parameter generasi sebanyak 100 sesuai dengan generasi terbaik dari penelitian sebelumnya yang menggunakan metode yang sama (Restuputri dkk, 2015). Hasil dari pengujian kombinasi *crossover rate* (*cr*) dan *mutation rate* (*mr*) dapat dilihat pada Tabel 6.2 berikut :

Tabel 6.2 Hasil Pengujian Kombinasi *cr* dan *mr*

Kombinasi		Nilai Fitness										Rata-rata
		Percobaan Kombinasi Cr dan Mr ke-										
Cr	Mr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

0	1	0.917	0.917	0.933	0.933	0.917	0.933	0.917	0.917	0.933	0.917	0.923
0,1	0,9	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933
0,2	0,8	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933
0,3	0,7	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.917	0.932
0,4	0,6	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933
0,5	0,5	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933
0,6	0,4	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.950	0.933	0.950	0.937
0,7	0,3	0.933	0.917	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.917	0.930
0,8	0,2	0.933	0.950	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.917	0.933
0,9	0,1	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.950	0.935
1	0	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933
Nilai rata-rata terbesar												0.937



Gambar 6.2 Grafik Hasil Pengujian Kombinasi *cr* dan *mr*

Pada Gambar 6.2 dapat dilihat bahwa nilai rata-rata *fitness* tertinggi berada pada kombinasi nilai *cr* sebesar 0,6 dan nilai *mr* 0,4 yaitu sebesar 0,937. Sedangkan untuk nilai rata-rata *fitness* terendah dimiliki oleh kombinasi *cr* sebesar 0 dan *mr* sebesar 1 yaitu sebesar 0,923. Berdasarkan grafik hasil pengujian diatas bahwa rata-rata *fitness* yang didapatkan sangat beragam dikarenakan tidak adanya ketetapan nilai *cr* dan *mr* yang harus digunakan agar didapatkan solusi paling optimal. Setiap permasalahan akan memiliki kombinasi nilai *cr* dan *mr* yang berbeda-beda. Nilai *cr* yang terlalu rendah akan menyebabkan tidak ditemukannya solusi optimal dari permasalahan, sedangkan nilai *mr* yang terlalu rendah akan mengakibatkan konvergensi dini (Mahmudy dalam Panharese, 2015).

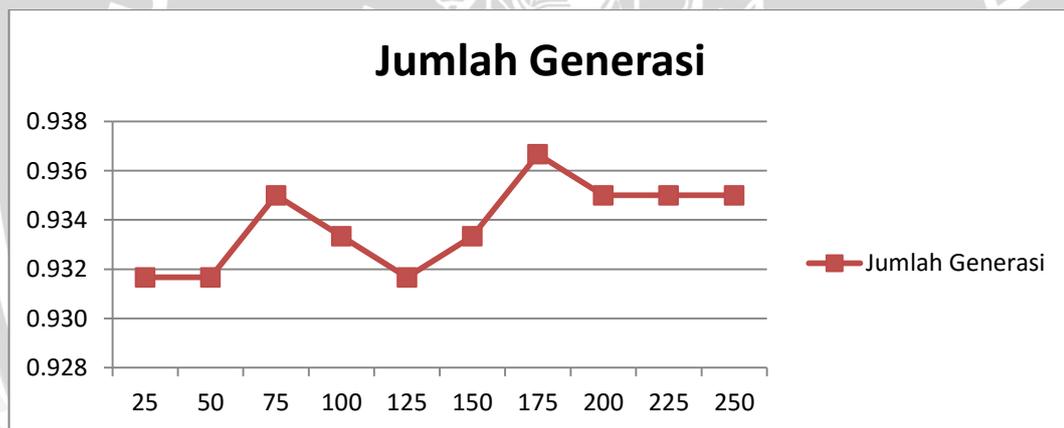
6.3 Pengujian Jumlah Generasi

Pengujian jumlah generasi dilakukan untuk mendapatkan jumlah generasi yang tepat untuk menghasilkan solusi yang optimal. Pengujian ini akan dilakukan dengan variasi ukuran antara 25 hingga 250 dengan penambahan angka 25 sebanyak 10 kali uji coba. Parameter lainnya yaitu ukuran populasi, kombinasi *cr*

dan mr yang didapatkan dari hasil pengujian sebelumnya. Nilai populasi sebanyak 80, $cr=0,6$ dan $mr=0,4$. Hasil dari pengujian jumlah generasi dapat dilihat pada Tabel 6.3 berikut :

Tabel 6.3 Hasil Pengujian Jumlah Generasi

Jumlah Generasi	Percobaan ke-										Rata-rata	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
25	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.917	0.932
50	0.933	0.933	0.933	0.917	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.932
75	0.933	0.933	0.933	0.933	0.950	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.935
100	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.950	0.933	0.933	0.933	0.917	0.933
125	0.917	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.932
150	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933
175	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.950	0.950	0.937
200	0.933	0.933	0.933	0.950	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.935
225	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.950	0.933	0.933	0.933	0.935
250	0.950	0.933	0.933	0.950	0.933	0.933	0.933	0.933	0.933	0.917	0.933	0.935
Nilai rata-rata terbesar											0.937	



Gambar 6.3 Grafik Hasil Pengujian Jumlah Generasi

Berdasarkan grafik hasil pengujian jumlah generasi pada Gambar 6.3, jumlah generasi sebanyak 175 memiliki rata-rata *fitness* tertinggi. Pada generasi 75-150 memiliki ketidak stabilan nilai *fitness*. Sedangkan untuk generasi 200-250 sudah mulai menunjukkan kestabilan karena tidak adanya perubahan rata-rata *fitness* yang begitu besar. Semakin banyak generasi maka akan semakin besar waktu komputasi yang diperlukan dan belum tentu menghasilkan solusi yang optimal.

6.4 Hasil dan Analisis Akurasi Sistem

Dari hasil pengujian seluruh parameter pada sub bab sebelumnya telah didapatkan *fitness* terbaik dari masing-masing parameter. Selanjutnya akan dilakukan pengujian kaurasi sistem yang didapatkan dengan membandingkan hasil kualitas air dari metode STORET dengan sistem. Untuk nilai parameter yang akan digunakan adalah sesuai dengan hasil scenario pengujian yakni ukuran populasi sebanyak 80, kombinasi cr

dan mr masing-masing adalah 0,6 dan 0,4, dan jumlah generasi sebanyak 175. Data yang digunakan adalah sebanyak 60 data yang nantinya akan dibandingkan antara hasil diagnosis system dan hasil metode STORET. Ketika hasil diagnosis sistem dan metode STORET sama maka akan didapatkan hasil perbandingan diantara keduanya. Pada system akan dihasilkan diagnosis kelas dari kualitas air berupa angka 1 sampai 4 dimana masing-masing angka menyimbolkan dari kualitas air yaitu 1 = kelas A, 2 = kelas B, 3 = kelas C, dan 4 = kelas D. Sehingga akan didapatkan akurasi sebesar 95%. Berikut adalah hasil dari perbandingan data berdasarkan nilai *fitness* dari kromosom terbaik dapat dilihat pada Tabel 6.4.

Tabel 6.4 Hasil analisis sistem

No	Data Air Sungai		Metode STORET	Metode Fuzzy Tsukamoto	Metode Optimasi	Hasil
	Tahun	Bulan				
1	2007	Januari	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
2		Februari	Tercemar Berat	Tercemar Berat	Tercemar Berat	1
3		Maret	Tercemar Berat	Tercemar Berat	Tercemar Berat	1
4		April	Tercemar Berat	Tercemar Berat	Tercemar Berat	1
5		Mei	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
6		Juni	Tercemar Sedang	Tercemar Berat	Tercemar Sedang	1
7		Juli	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
8		Agustus	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
9		September	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
10		Oktober	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
11		November	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
12		Desember	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
13	2006	Januari	Tercemar Ringan	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	0
14		Februari	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
15		Maret	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
16		April	Tercemar Berat	Tercemar Berat	Tercemar Berat	1
17		Mei	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
18		Juni	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
19		Juli	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
20		Agustus	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
21		September	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
22		Oktober	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
23		November	Tercemar Berat	Tercemar Berat	Tercemar Berat	1
24		Desember	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
25	2007	Januari	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
26		Februari	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
27		Maret	Tercemar Berat	Tercemar Berat	Tercemar Berat	1
28		April	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
29		Mei	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
30		Juni	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
31		Juli	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
32		Agustus	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1

33		September	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
34		Oktober	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
35		November	Tercemar Berat	Tercemar Sedang	Tercemar Berat	1
36		Desember	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
37	2008	Januari	Tercemar Berat	Tercemar Berat	Tercemar Berat	1
38		Februari	Tercemar Berat	Tercemar Berat	Tercemar Berat	1
39		Maret	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
40		April	Tercemar Ringan	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	0
41		Mei	Tercemar Berat	Tercemar Berat	Tercemar Berat	1
42		Juni	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
43		Juli	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
44		Agustus	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
45		September	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
46		Oktober	Tercemar Berat	Tercemar Sedang	Tercemar Berat	1
47		November	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
48		Desember	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
49		2009	Januari	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang
50	Februari		Tercemar Berat	Tercemar Berat	Tercemar Berat	1
51	Maret		Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
52	April		Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
53	Mei		Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
54	Juni		Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
55	Juli		Tercemar Ringan	Tercemar Ringan	Tercemar Sedang	0
56	Agustus		Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
57	September		Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
58	Oktober		Tercemar Berat	Tercemar Sedang	Tercemar Berat	1
59	November		Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1
60	Desember		Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	Tercemar Sedang	1

Berdasarkan Tabel 6.4 diatas dapat dilakukan perhitungan nilai akurasi dari sistem perhitungan metode Algoritma Genetika dengan menggunakan Persamaan 4-25 sebagai berikut :

$$Akurasi = \frac{Jumlah\ data\ yang\ sesuai}{Total\ data\ keseluruhan} \times 100\%$$

$$Akurasi = \frac{57}{60} \times 100\%$$

$$Akurasi = 95 \%$$

Dari perhitungan nilai akurasi diatas didapatkan hasil sebesar 95% sedangkan berdasarkan penyelesaian menggunakan metode *fuzzy* Tsukamoto pada penelitian sebelumnya (Mazenda dkk, 2015) dihasilkan akurasi sebesar 90%. Sehingga metode optimasi *fuzzy* Tsukamoto menggunakan algoritma genetika dapat menghasilkan akurasi yang lebih baik.

BAB 7 PENUTUP

Pada bab ini akan dibahas mengenai kesimpulan dari penelitian optimasi fungsi keanggotaan *fuzzy* Tsukamoto menggunakan metode Algoritma Genetika untuk penentuan kualitas air sungai yang sudah dilakukan dan juga akan dibahas mengenai saran yang dapat dijadikan sebagai masukan untuk membuat sistem yang lebih baik lagi.

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis pada bab sebelumnya maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Algoritma genetika mampu menyelesaikan masalah optimasi pada fungsi keanggotaan sistem inferensi *fuzzy* Tsukamoto untuk penentuan kualitas air sungai dengan menggunakan representasi kromosom berbasis *real-code*. Pada proses reproduksi berbasis *real-coded* yang digunakan adalah metode *extended intermediate crossover* pada proses *crossover* dan *random mutation* pada proses mutasi, serta menggunakan seleksi *elitism*.
2. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai dari tiap parameter algoritma genetika sangat mempengaruhi hasil kromosom terbaik yang nantinya akan dijadikan sebagai batasan pada fungsi keanggotaan *fuzzy* Tsukamoto. Hasil uji pada parameter ukuran populasi dan jumlah generasi yang semakin besar akan membutuhkan waktu eksekusi yang semakin banyak pula namun belum tentu mendapatkan hasil yang semakin optimal. Parameter dari algoritma genetika yang dapat menghasilkan solusi terbaik adalah populasi sebanyak 80, generasi 175 serta kombinasi cr 0,6 dan mr 0,4.
3. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dari metode optimasi pada rule sistem inferensi *fuzzy* Tsukamoto didapatkan akurasi yang lebih baik dari metode sebelumnya yakni metode *fuzzy* Tsukamoto tanpa optimasi. Besar nilai akurasi yang didapatkan dari penelitian ini adalah 95% sedangkan untuk penelitian sebelumnya dengan *fuzzy* Tsukamoto tanpa optimasi sebesar 90%.

7.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian ini didapatkan beberapa masukan yang dapat digunakan untuk bahan penelitian selanjutnya diantara sebagai berikut :

1. Pengembangan dalam sistem ini yaitu dapat mengoptimasi basis aturan yang terdapat dalam inferensi *fuzzy* Tsukamoto sehingga hasil akhir penentuan kualitas air sungai menjadi lebih optimal dibandingkan dengan hanya optimasi fungsi keanggotaan.
2. Penggunaan metode *Hybrid Genetic Algorithms* (HGAs) merupakan metode yang dapat dikembangkan untuk sistem optimasi ini. Metode HGAs dapat memberikan hasil atau solusi yang optimal dan lebih efisien

dibanding dengan metode algoritma genetika pada umumnya (Mahmudy, Marian & Luong dalam Mahmudy, 2013).

3. Metode dalam proses reproduksi dan seleksi dapat diganti dengan metode lainnya sehingga hasil akhir yang didapat lebih beragam dan dapat diketahui metode apa yang tepat untuk menghasilkan hasil akhir yang optimal.



DAFTAR PUSTAKA

- Abuzar, SS, Afrianita, R & Notrilauvia, N. 2012. *Penyisihan Minyak dan Lemak Limbah Cair Hotel Menggunakan Serbuk Kulit Jagung*. Laboratorium Air Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Andalas.
- Adipranata, R, Soedjinanto, F & Tjondro, W. *Perbandingan Algoritma Exhaustive, Algoritma Genetika dan Algoritma Jaringan Saraf Tiruan Hopfield untuk Pencarian Rute Terpendek*. Surabaya : Fakultas Teknologi Industri, Universitas Kristen Petra.
- Agustiningih, D, Sasongko, SB & Sudarno. 2012. *Analisis Kualitas Air dan Strategi Pengendalian Pencemaran Air Sungai Blukar Kabupaten Kendal*. Semarang : Universitas Diponegoro, vol. 9, no. 2.
- Farouq, K & Sholihin, M. 2014. *Penerapan Fuzzy Tsukamoto Dalam Pengangkatan Jabatan Pegawai di BKD Lamongan*. Program Studi Teknik Informatika. Lamongan : Universitas Islam Lamongan.
- Latif, MAA. 2012. *Studi Kuantitas dan Kualitas Air Sungai Tallo Sebagai Sumber Air Baku*. Jurusan Sipil, Fakultas Teknik, Makassar : Universitas Hasanussin.
- Mahmudy, WF. 2013. *Algoritma Evolusi*. Program Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya, Malang.
- Mazenda, G, Soebroto, AA& Dewi, C. 2015. *Implementasi Fuzzy Inference System (FIS) Metode Tsukamoto Pada Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Kualitas Air Sungai*. DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. *Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : 115 Tahun 2003 Tentang Pedoman Penentuan Status Mutu Air*.
- Muthawali, DI. 2010. *Analisa COD Dari Campuran Limbah Domestik dan Laboratorium di balai Riset dan Standarisasi Industri Medan*.
- Panhares, YG & Mahmudy, WF 2015, *Optimasi Distribusi Barang Dengan Algoritma Genetika*, DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya, vol. 5, no. 11.
- Parwati, E. 2014. *Analisis Dinamika Fluktuasi TSS (Total Suspended Solid) Sepanjang DAS-Muara-Laut di Perairan Berau Kalimantan Timur*. Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN.
- Purwaningsih, IS. 2009. *Pengaruh Penambahan Nutrisi Terhadap Efektifitas Fitoremediasi Menggunakan Tanaman Enceng Gondok (Eichhornia crassipes) Terhadap Limbah Orto-Klorofenol*. Jurusan teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau, vol. 3, no. 1.
- Putri, FB, Mahmudy, WF & Ratnawati, DE 2015, *Penerapan Algoritma Genetika Untuk Vehicle Routing Problem With Time Windows (VRPTW) Pada*

Kasus Optimasi Distribusi Beras Bersubsidi, DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya, vol. 5, no. 1.

Republik Indonesia. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air*.

Restuputri, BA, Mahmudy, WF & Cholissodin, I. 2015. *Optimasi fungsi keanggotaan fuzzy Tsukamoto dua tahap menggunakan algoritma genetika pada pemilihan calon penerima beasiswa dan BBP-PPA (studi kasus: PTIIK Universitas Brawijaya Malang)*. DORO: Repository Jurnal Mahasiswa PTIIK Universitas Brawijaya, vol. 5, no. 15.

Salmin. 2005. *Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan*. Oseana, vol. 30, no. 3.

Simanjuntak, M. 2012. *Kualitas Air Laut Ditinjau Dari Aspek Zat Hara, Oksigen Terlarut dan pH di Perairan Banggai, Sulawesi Tengah*. Jakarta : Bidang Dinamika Laut, Penelitian Oseanografi, LIPI, vol. 4, no. 2.

Soraya, S. 2014. *Implementasi Metode Tsukamoto Dalam Menentukan Jumlah Pembibitan Kelapa Sawit Berdasarkan Data Persediaan Dan Jumlah Permintaan (Studi Kasus : Pusat Penelitian Kelapa Sawit)*. Jurusan Teknik Informatika. Medan : STMIK Budi Darma. vol. 7, no. 1.

Ula, M. 2014. *Implementasi Logika Fuzzy Dalam Optimasi Jumlah Pengadaan Barang Menggunakan Metode Tsukamoto (Studi Kasus : Toko Kain My Text)*. Teknik Infomatika. Aceh utara : Universitas Malikussaleh.

Widodo, AW& Mahmudy, WF. 2010. *Penerapan Algoritma Genetika Pada Sistem Rekomendasi Wisata Kuliner*. FMIPA. Malang : Universitas Brawijaya, vol. 5, no. 4.

