

**OPTIMASI *FUZZY* TSUKAMOTO DALAM MEMPREDIKSI  
CURAH HUJAN di KABUPATEN BANYUASIN  
MENGUNAKAN ALGORITMA *ARTIFICIAL BEE COLONY***

*Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan  
Pendidikan Program Strata-1 Pada  
Jurusan Teknik Informatika*



Oleh :

M. Rizky Azizi

NIM : 09021181924161

**Jurusan Teknik Informatika**

**FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2023**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

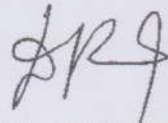
**OPTIMASI FUZZY TSUKAMOTO DALAM MEMPREDIKSI  
CURAH HUJAN di KABUPATEN BANYUASIN  
MENGUNAKAN ALGORITMA ARTIFICIAL BEE COLONY**

Oleh :

M. Rizky Azizi  
NIM : 09021181924161

Palembang, 2023

Pembimbing I



Dian Palupi Rini, M.Kom., Ph.D.

NIP. 197802232006042002

Pembimbing II



Kanda Januar Miraswan, M.T.

NIP. 199001092019031012

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Syahrini Utami, M.Kom.

NIP. 197812222006042003

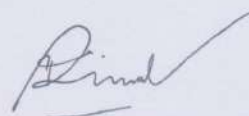
## TANDA LULUS UJIAN SIDANG SKRIPSI

Pada hari Senin, 22 Mei 2023 telah dilaksanakan ujian sidang skripsi oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya

Nama : M. Rizky Azizi  
NIM : 09021181924161  
Judul : Optimasi *Fuzzy* Tsukamoto Dalam Memprediksi Curah Hujan di Kabupaten Banyuasin Menggunakan Algoritma *Artificial Bee Colony*

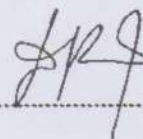
1. Ketua Penguji

Mastura Diana Marieska, M.T.  
NIP. 198603212018032001



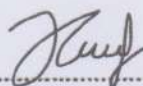
2. Pembimbing I

Dian Palupi Rini, M.Kom., Ph.D.  
NIP. 197802232006042002



3. Pembimbing II

Kanda Januar Miraswan, M.T.  
NIP. 199001092019031012



4. Penguji

Alvi Syahrini Utami, M.Kom.  
NIP. 197812222006042003



Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Syahrini Utami, M.Kom.  
NIP. 197812222006042003

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M. Rizky Azizi

NIM : 09021181924161

Program Studi : Teknik Informatika

Judul : Optimasi Fuzzy Tsukamoto Dalam Memprediksi Curah Hujan di Kabupaten Banyuasin Menggunakan Algoritma Artificial Bee Colony

Hasil Pengecekan Software iThenticate/Turnitin : 7%

Menyatakan bahwa Laporan Projek saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan projek ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapapun.



Palembang, Juni 2023



M. Rizky Azizi

NIM. 09021181924161

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto :

- *It's funny, sometimes you walk into a place, you know you're exactly where you're supposed to be ~ Ted Mosby*
- *Whatever you do in this life, it's not legendary unless your friends are there to see it ~ Barney Stinson*
- *One good deed leads to another and another ~ Marshall Eriksen*
- *The future is scary, but you can't just run back to the past because it's familiar. Yes, it's tempting, but it's a mistake ~ Robin Scherbatsky*
- *You can't just skip ahead to where you think your life should be ~ Lily Aldrin*

Kupersembahkan karya tulis ini kepada :

- Kedua Orang Tua dan Adikku
- Teman - Teman Seperjuangan
- Fakultas Ilmu Komputer
- Universitas Sriwijaya

**OPTIMIZATION OF FUZZY TSUKAMOTO IN PREDICTING RAINFALL  
IN BANYUASIN REGENCY USING ARTIFICIAL BEE COLONY  
ALGORITHM**

**By :**

**M. Rizky Azizi  
09021181924161**

**ABSTRACT**

Fuzzy inference system is one of the methods that can be used to predict the amount of rainfall. One of the common problems faced when implementing this fuzzy inference system is the difficulty in determining the boundary values of membership functions for each appropriate fuzzy set. One solution to overcome this problem is by applying optimization algorithms to help determine the boundary values of the appropriate fuzzy membership functions, such as the Artificial Bee Colony algorithm. The results of this study show that the Artificial Bee Colony algorithm is able to optimize Fuzzy Tsukamoto in predicting rainfall in Banyuasin Regency, resulting in a MAPE value of 26.02%, while rainfall prediction using the Fuzzy Tsukamoto method without optimization yields a larger MAPE value of 76.90%.

**Keywords** : Fuzzy Inference System Tsukamoto, Artificial Bee Colony, Rainfall Prediction

**OPTIMASI *FUZZY* TSUKAMOTO DALAM MEMPREDIKSI CURAH  
HUJAN DI KABUPATEN BANYUASIN MENGGUNAKAN ALGORITMA  
*ARTIFICIAL BEE COLONY***

**Oleh :**

**M. Rizky Azizi  
09021181924161**

**ABSTRAK**

*Fuzzy inference system* merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk memprediksi besaran curah hujan. Permasalahan yang sering dihadapi ketika mengimplementasikan *fuzzy inference system* ini, yaitu sulitnya menentukan nilai-nilai batasan fungsi keanggotaan untuk setiap himpunan *fuzzy* yang tepat. Salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan ini yaitu dengan menerapkan algoritma optimasi untuk membantu menentukan nilai batasan fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* yang tepat, seperti algoritma *Artificial Bee Colony*. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa algoritma *Artificial Bee Colony* mampu mengoptimasi *Fuzzy Tsukamoto* dalam memprediksi curah hujan di Kabupaten Banyuasin yang menghasilkan nilai MAPE sebesar 26,02%, sedangkan prediksi curah hujan dengan menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto* tanpa optimasi menghasilkan nilai MAPE yang lebih besar yaitu 76,90%.

**Kata Kunci** : *Fuzzy Inference System Tsukamoto, Artificial Bee Colony, Prediksi Curah Hujan*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi syarat untuk menyelesaikan pendidikan Strata-I pada Fakultas Ilmu Komputer program studi Teknik Informatika di Universitas Sriwijaya.

Dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini, ada banyak pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, dan dukungan kepada penulis baik secara langsung maupun tidak langsung. Maka dari itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Alm. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd. M.T., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Alvi Syahrini Utami, M.Kom., selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika sekaligus dosen penguji yang telah memberikan saran dalam penulisan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dian Palupi Rini, M.Kom., Ph.D., dan Bapak Kanda Januar Miraswan, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran, dan masukkan kepada penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
4. Kedua orang tua dan adik tersayang yang tak henti-hentinya selalu mendoakan dan memberikan dukungan serta semangat kepada penulis.



5. Aditiya R.S. dan Naufal K., *best bros* yang dari awal mulai kuliah selalu bareng dalam tugas kelompok, belajar bareng, projek bareng, kerja praktek bareng, sampai bolos kuis kalkulus bareng. Terima kasih telah selalu menemani dan berjuang bersamaku sobat.
6. Wawan C. dan Giga S. yang telah menemani penulis setiap ingin melakukan bimbingan skripsi dan mengambil data penelitian skripsi, Ricky A. dan Vinito Z. yang telah memicu rasa cemas dan tertinggal karena mengerjakan skripsi lebih dulu tapi pada akhirnya penulis berhasil sidang duluan, serta Andri W. dan Zananda A. yang telah banyak memberikan informasi-informasi penting, saran dan arahan yang penulis perlukan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
7. Rekan-rekan TI Reg B angkatan 2019 yang selalu solid dalam segala hal, membuat penulis merasa bersyukur telah menjadi bagian dari kelas ini.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis juga menyadari masih banyak terdapat kekurangan dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan pengalaman. Maka dari itu, diharapkan kritik dan saran yang membangun demi kemajuan penelitian selanjutnya. Akhir kata penulis berharap semoga hasil penulisan ini dapat bermanfaat baik bagi kita semua.

Palembang, Juni 2023



M. RIZKY AZIZI

## DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
TANDA LULUS UJIAN SIDANG .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....	v
ABSTRACT .....	vi
ABSTRAK .....	vii
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xvi
DAFTAR GAMBAR .....	xix
BAB I    PENDAHULUAN	
1.1 Pendahuluan .....	I-1
1.2 Latar Belakang .....	I-1
1.3 Rumusan Masalah .....	I-4
1.4 Tujuan Penelitian .....	I-4
1.5 Manfaat Penelitian .....	I-5
1.6 Batasan Masalah .....	I-5
1.7 Sistematika Penulisan .....	I-6
1.8 Kesimpulan .....	I-7

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Pendahuluan .....	II-1
2.2	Landasan Teori .....	II-1
2.2.1	Curah Hujan .....	II-1
2.2.2	Logika <i>Fuzzy</i> .....	II-2
2.2.2.1	Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	II-2
2.2.2.2	Fungsi Keanggotaan .....	II-3
2.2.2.3	Operator <i>Fuzzy</i> .....	II-6
2.2.2.4	<i>Fuzzy Inference System</i> Tsukamoto .....	II-7
2.2.3	<i>Artificial Bee Colony</i> .....	II-8
2.2.4	Nilai Kesalahan Prediksi .....	II-13
2.2.5	<i>Rational Unified Process</i> (RUP) .....	II-14
2.3	Penelitian Lain yang Relevan .....	II-15
2.3.1	Penerapan Logika <i>Fuzzy</i> Tsukamoto untuk Memprediksi Curah Hujan di Kabupaten Kotawaringin Timur .....	II-15
2.3.2	Analisis Perbandingan Akurasi Metode <i>Fuzzy</i> Tsukamoto dan <i>Fuzzy</i> Sugeno Dalam Prediksi Penentuan Harga Mobil Bekas .....	II-16
2.3.3	Pendekatan <i>Particle Swarm Optimization</i> dan <i>Artificial Bee Colony</i> Untuk Optimalisasi Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy Single Input-Output</i> .....	II-16
2.4	Kesimpulan .....	II-17

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Pendahuluan .....	III-1
3.2	Unit Penelitian .....	III-1
3.3	Pengumpulan Data .....	III-1

3.3.1	Jenis dan Sumber Data .....	III-1
3.3.2	Metode Pengumpulan Data .....	III-2
3.4	Tahapan Penelitian .....	III-2
3.4.1	Menetapkan Kerangka Kerja .....	III-3
3.4.1.1	<i>Fuzzy Inference System</i> dan <i>Artificial Bee Colony</i> .....	III-3
3.4.1.2	Evaluasi .....	III-7
3.4.2	Menetapkan Kriteria Pengujian .....	III-7
3.4.3	Menetapkan Format Data Pengujian .....	III-8
3.4.4	Menentukan Alat yang Digunakan Dalam Penelitian .	III-9
3.4.5	Melakukan Pengujian Penelitian .....	III-9
3.4.6	Analisis Hasil Pengujian dan Membuat Kesimpulan ..	III-10
3.5	Metode Pengembangan Perangkat Lunak .....	III-10
3.5.1	<i>Rational Unified Process</i> (RUP) .....	III-11
3.5.1.1	Fase Insepsi .....	III-11
3.5.1.2	Fase Elaborasi .....	III-12
3.5.1.3	Fase Konstruksi .....	III-12
3.5.1.4	Fase Transisi .....	III-13
3.6	Manajemen Proyek Perangkat Lunak .....	III-14
3.7	Kesimpulan .....	III-19

#### BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK

4.1	Pendahuluan .....	IV-1
4.2	<i>Rational Unified Process</i> (RUP) .....	IV-1
4.2.1	Fase Insepsi .....	IV-1
4.2.1.1	Pemodelan Bisnis .....	IV-1
4.2.1.2	Kebutuhan Sistem .....	IV-3

4.2.1.3	Analisis dan Desain .....	IV-4
4.2.1.3.1	Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak .....	IV-4
4.2.1.3.2	Analisis Data .....	IV-5
4.2.1.3.3	Analisis Inisialisasi Nilai Solusi Awal .....	IV-12
4.2.1.3.4	Analisis Fuzzyfikasi .....	IV-15
4.2.1.3.5	Analisis Inferensi .....	IV-17
4.2.1.3.6	Analisis Proses Defuzzyfikasi ....	IV-25
4.2.1.3.7	Analisis Perhitungan MAPE .....	IV-27
4.2.1.3.8	Analisis Fase <i>Employed Bee</i> .....	IV-28
4.2.1.3.9	Analisis Fase <i>Onlooker Bee</i> .....	IV-30
4.2.1.3.10	Analisis Fase <i>Scout Bee</i> .....	IV-33
4.2.1.3.11	Desain <i>Software</i> .....	IV-33
4.2.2	Fase Elaborasi .....	IV-44
4.2.2.1	Pemodelan Bisnis .....	IV-44
4.2.2.1.1	Perancangan Data .....	IV-44
4.2.2.1.2	Perancangan Antarmuka .....	IV-45
4.2.2.2	Kebutuhan Sistem .....	IV-46
4.2.2.3	Diagram .....	IV-46
4.2.2.3.1	<i>Activity Diagram</i> .....	IV-47
4.2.2.3.2	<i>Sequence Diagram</i> .....	IV-51
4.2.3	Fase Konstruksi .....	IV-55
4.2.3.1	Kebutuhan Sistem .....	IV-55
4.2.3.2	Diagram Kelas .....	IV-55
4.2.3.3	Implementasi .....	IV-56
4.2.3.3.1	Implementasi Kelas .....	IV-56
4.2.3.3.2	Implementasi Antarmuka .....	IV-57

4.2.4	Fase Transisi .....	IV-59
4.2.4.1	Pemodelan Bisnis .....	IV-59
4.2.4.2	Kebutuhan Sistem .....	IV-60
4.2.4.3	Rencana Pengujian .....	IV-60
4.2.4.4	Implementasi .....	IV-63
4.3	Kesimpulan .....	IV-69
BAB V	HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN	
5.1	Pendahuluan .....	V-1
5.2	Data Hasil Pengujian Penelitian .....	V-1
5.2.1	Konfigurasi Percobaan .....	V-1
5.2.2	Data Hasil Konfigurasi .....	V-2
5.2.2.1	Hasil Pengujian Metode <i>Fuzzy</i> Tsukamoto ...	V-2
5.2.2.2	Hasil Pengujian Metode <i>Fuzzy</i> Tsukamoto Dan <i>Artificial Bee Colony</i> .....	V-3
5.3	Analisis Hasil Pengujian .....	V-8
5.3.1	Analisis Hasil Pengujian Prediksi Curah Hujan Menggunakan <i>Fuzzy Inference System</i> Tsukamoto .....	V-8
5.3.2	Analisis Hasil Pengujian Prediksi Curah Hujan Menggunakan <i>Fuzzy Inference System</i> Tsukamoto dan <i>Artificial Bee Colony</i> .....	V-8
5.3.3	Analisis Hasil Pengujian Prediksi Curah Hujan Menggunakan <i>Fuzzy Inference System</i> Tsukamoto dan <i>Fuzzy Inference System</i> Tsukamoto Dengan <i>Artificial Bee Colony</i> .....	V-9
5.4	Kesimpulan .....	V-10

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Pendahuluan .....	VI-1
6.2 Kesimpulan .....	VI-1
6.3 Saran .....	VI-2

DAFTAR PUSTAKA .....	xxii
----------------------	------

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel III-1. Rancangan Hasil Pengujian Jumlah Lebah .....	III-8
Tabel III-2. Rancangan Hasil Pengujian Jumlah Iterasi .....	III-8
Tabel III-3. Rancangan Hasil Perbandingan <i>Fuzzy</i> Tsukamoto dan <i>Fuzzy</i> Tsukamoto dan <i>Artificial Bee Colony</i> .....	III-10
Tabel III-4. Perencanaan Jadwal Kegiatan Dalam Bentuk <i>Gantt Chart</i> ...	III-15
Tabel IV-1. Kebutuhan Fungsional Sistem .....	IV-3
Tabel IV-2. Kebutuhan Non-Fungsional .....	IV-3
Tabel IV-3. Analisis <i>Dataset</i> Iklim .....	IV-5
Tabel IV-4. Interval Himpunan <i>Fuzzy</i> Variabel Suhu .....	IV-6
Tabel IV-5. Interval Himpunan <i>Fuzzy</i> Variabel Kelembaban Udara .....	IV-7
Tabel IV-6. Interval Himpunan <i>Fuzzy</i> Variabel Tekanan Udara .....	IV-8
Tabel IV-7. Interval Himpunan <i>Fuzzy</i> Variabel Kecepatan Angin .....	IV-10
Tabel IV-8. Interval Himpunan <i>Fuzzy</i> Variabel Curah Hujan .....	IV-11
Tabel IV-9. Fungsi Keanggotaan Pakar .....	IV-13
Tabel IV-10. Sumber Makanan 1 yang Telah Diinisialisasi .....	IV-15
Tabel IV-11. Sumber Makanan 2 yang Telah Diinisialisasi .....	IV-15
Tabel IV-12. Nilai Inputan .....	IV-16
Tabel IV-13. Fuzzyfikasi Inputan Suhu .....	IV-16
Tabel IV-14. Fuzzyfikasi Inputan Kelembaban Udara .....	IV-16
Tabel IV-15. Fuzzyfikasi Inputan Tekanan Udara .....	IV-17
Tabel IV-16. Fuzzyfikasi Inputan Kecepatan Angin .....	IV-17
Tabel IV-17. Aturan Inferensi .....	IV-18
Tabel IV-18. Hasil Prediksi Menggunakan Fungsi Keanggotaan Pakar .....	IV-25



Tabel IV-19.	Hasil Prediksi Menggunakan Fungsi Keanggotaan Sumber Makanan 1 .....	IV-26
Tabel IV-20.	Hasil Prediksi Menggunakan Fungsi Keanggotaan Sumber Makanan 2 .....	IV-27
Tabel IV-21.	Sumber Makanan Baru 1 Fase <i>Employed Bee</i> .....	IV-29
Tabel IV-22.	Sumber Makanan Baru 2 Fase <i>Employed Bee</i> .....	IV-30
Tabel IV-23.	Sumber Makanan baru 1 Fase <i>Onlooker Bee</i> .....	IV-31
Tabel IV-24.	Sumber Makanan Baru 2 Fase <i>Onlooker Bee</i> .....	IV-32
Tabel IV-25.	Definisi Aktor .....	IV-35
Tabel IV-26.	Definisi <i>Usecase</i> .....	IV-35
Tabel IV-27.	Skenario <i>Usecase 1</i> .....	IV-37
Tabel IV-28.	Skenario <i>Usecase 2</i> .....	IV-39
Tabel IV-29.	Skenario <i>Usecase 3</i> .....	IV-41
Tabel IV-30.	Skenario <i>Usecase 4</i> .....	IV-43
Tabel IV-31.	Implementasi Kelas .....	IV-57
Tabel IV-32.	Rencana Pengujian <i>Usecase 1</i> .....	IV-61
Tabel IV-33.	Rencana Pengujian <i>Usecase 2</i> .....	IV-61
Tabel IV-34.	Rencana Pengujian <i>Usecase 3</i> .....	IV-62
Tabel IV-35.	Rencana Pengujian <i>Usecase 4</i> .....	IV-63
Tabel IV-36.	Hasil Pengujian <i>Usecase 1</i> .....	IV-64
Tabel IV-37.	Hasil Pengujian <i>Usecase 2</i> .....	IV-65
Tabel IV-38.	Hasil Pengujian <i>Usecase 3</i> .....	IV-66
Tabel IV-39.	Hasil Pengujian <i>Usecase 4</i> .....	IV-67
Tabel V-1.	Hasil Prediksi Curah Hujan Metode <i>Fuzzy Tsukamoto</i> .....	V-3
Tabel V-2.	Hasil Pengujian Jumlah Lebah .....	V-4
Tabel V-3.	Hasil Pengujian Jumlah Iterasi .....	V-6

Tabel V-4.	Perbandingan Nilai MAPE dan <i>Execution Time</i> Prediksi Curah Hujan Metode FIS Tsukamoto Dengan <i>Hybrid</i> FIS Tsukamoto dan <i>Artificial Bee Colony</i> .....	V-9
------------	---	-----

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II-1. Representasi Linear Naik (Setiawan et al., 2018) .....	II-3
Gambar II-2. Representasi Linear Turun (Setiawan et al., 2018) .....	II-4
Gambar II-3. Representasi Kurva Segitiga (Setiawan et al., 2018) .....	II-4
Gambar II-4. Representasi Kurva Trapesium (Setiawan et al., 2018) .....	II-5
Gambar II-5. Diagram Alir <i>Fuzzy Inference System</i> Tsukamoto .....	II-8
Gambar II-6. Diagram Alir Algoritma <i>Artificial Bee Colony</i> .....	II-9
Gambar II-7. Model RUP (Taufik et al., 2015) .....	II-14
Gambar III-1. Diagram Tahapan Penelitian .....	III-2
Gambar III-2. <i>Flowchart Hybrid Fuzzy</i> Tsukamoto dan <i>Artificial Bee Colony</i> .....	III-6
Gambar III-3. Tahapan Pengujian Penelitian .....	III-9
Gambar IV-1. Fungsi Keanggotaan Variabel Suhu .....	IV-6
Gambar IV-2. Fungsi Keanggotaan Variabel Kelembaban Udara .....	IV-7
Gambar IV-3. Fungsi Keanggotaan Variabel Tekanan Udara .....	IV-9
Gambar IV-4. Fungsi Keanggotaan Variabel Kecepatan Angin .....	IV-10
Gambar IV-5. Fungsi Keanggotaan Curah Hujan .....	IV-11
Gambar IV-6. Posisi Setiap Dimensi Pada Variabel Suhu .....	IV-13
Gambar IV-7. Posisi Setiap Dimensi Pada Variabel Kelembaban Udara ..	IV-13
Gambar IV-8. Posisi Setiap Dimensi Pada Variabel Tekanan Udara .....	IV-14
Gambar IV-9. Posisi Setiap Dimensi Pada Variabel Kecepatan Angin .....	IV-14
Gambar IV-10. Diagram <i>Usecase</i> .....	IV-34
Gambar IV-11. Rancangan Halaman <i>Home</i> .....	IV-45
Gambar IV-12. Rancangan Halaman <i>Dataset Forecasting Result</i> .....	IV-45

Gambar IV-13. Rancangan Halaman <i>Manual Forecasting</i> .....	IV-46
Gambar IV-14. <i>Activity Diagram</i> Melakukan Proses <i>Fuzzy Tsukamoto</i> Dalam Memprediksi Curah Hujan Dari Dataset .....	IV-48
Gambar IV-15. <i>Activity Diagram</i> Optimasi <i>Fuzzy Tsukamoto</i> Dalam Memprediksi Curah Hujan Dari Dataset Menggunakan <i>Artificial Bee Colony</i> .....	IV-49
Gambar IV-16. <i>Activity Diagram</i> Melakukan Proses <i>Fuzzy Tsukamoto</i> Dalam Memprediksi Curah Hujan Menggunakan Batasan Fungsi Keanggotaan Pakar .....	IV-50
Gambar IV-17. <i>Activity Diagram</i> Melakukan Proses <i>Fuzzy Tsukamoto</i> Dalam Memprediksi Curah Hujan Menggunakan Batasan Fungsi Keanggotaan Dari <i>Artificial Bee Colony</i> .....	IV-51
Gambar IV-18. <i>Sequence Diagram</i> Prediksi Curah Hujan Menggunakan FIS Tsukamoto .....	IV-52
Gambar IV-19. <i>Sequence Diagram</i> Prediksi Curah Hujan Menggunakan FIS Tsukamoto & <i>Artificial Bee Colony</i> .....	IV-52
Gambar IV-20. <i>Sequence Diagram</i> Proses <i>Fuzzy Tsukamoto</i> Dalam Melakukan Prediksi Curah Hujan Berdasarkan Inputan <i>User</i> Menggunakan Batas Fungsi Keanggotaan Dari Pakar .....	IV-53
Gambar IV-21. <i>Sequence Diagram</i> Proses <i>Fuzzy Tsukamoto</i> Dalam Melakukan Prediksi Curah Hujan Berdasarkan Inputan <i>User</i> Menggunakan Batas Fungsi Keanggotaan Dari <i>Artificial Bee Colony</i> .....	IV-54
Gambar IV-22. Diagram Kelas Perangkat Lunak .....	IV-56
Gambar IV-23. Tampilan Antarmuka Halaman <i>Home</i> .....	IV-58
Gambar IV-24. Tampilan Antarmuka Halaman <i>Dataset Forecasting Result</i> .....	IV-58
Gambar IV-25. Tampilan Antarmuka Halaman <i>Manual Forecasting</i> .....	IV-59

Gambar V-1. Grafik Rata-Rata MAPE Pengujian Jumlah Lebih dan 20 Iterasi ..... V-5

Gambar V-2. Grafik Rata-rata Waktu Eksekusi Program Pengujian Jumlah Lebih dan 20 Iterasi ..... V-5

Gambar V-3. Grafik Rata-Rata MAPE Pengujian Jumlah Iterasi dan 90 Lebih ..... V-7

Gambar V-4. Grafik Rata-Rata Waktu Eksekusi Program Pengujian Jumlah Iterasi dan 90 Lebih ..... V-7

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Pendahuluan**

Pada bab ini akan membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, sistematika penulisan, serta kesimpulan dalam penulisan tugas akhir.

### **1.2 Latar Belakang**

Logika *fuzzy* merupakan metode yang sering digunakan para peneliti untuk memprediksi data karena logika *fuzzy* dapat digunakan untuk menganalisis masalah yang mengandung ketidakpastian salah satunya yaitu proses prediksi (Nurhayati & Immanudin, 2019). Didalam teknik perhitungan *fuzzy inference system* (FIS) terdapat 3 buah metode yang telah digunakan para peneliti sebelumnya untuk memprediksi data dan mengambil keputusan yaitu, metode Mamdani (Saifullah & Tundo, 2022), metode Takagi-Sugeno (Khofifah Putriyani et al., 2021), dan metode Tsukamoto (Wahyuni & Ahda, 2018).

*Fuzzy inference system* metode Tsukamoto memiliki kelebihan yaitu bersifat toleransi pada data, sangat fleksibel, dan dapat memberikan tanggapan berdasarkan informasi yang bersifat kualitatif, tidak akurat, dan ambigu (Nasution & Prakarsa, 2021). Pada penelitian yang dilakukan oleh Firman Aldyanto (2016) untuk memprediksi jumlah produksi roti menggunakan metode *Fuzzy* Mamdani, Sugeno, dan

Tsukamoto, menyatakan bahwa metode *Fuzzy* Tsukamoto merupakan metode yang terbaik karena memiliki nilai *error* terkecil sebesar 1%, sedangkan metode Mamdani menghasilkan nilai *error* sebesar 71% dan metode Sugeno menghasilkan nilai *error* sebesar 17%. Kemudian pada penelitian oleh Ferga Prasetyo et al. (2020) yang menganalisis perbandingan prediksi produksi saroja menggunakan metode *Fuzzy* Tsukamoto dan Mamdani, juga menyatakan bahwa metode tsukamoto lebih baik karena memiliki nilai *error* terkecil yaitu sebesar 0,6% sedangkan metode Mamdani menghasilkan nilai *error* sebesar 8%.

Permasalahan yang sering dihadapi saat mengimplementasikan *Fuzzy Inference System* ini yaitu sulitnya menentukan nilai batas derajat fungsi keanggotaan yang tepat, sehingga output yang dihasilkan pun belum optimal (Armanda & Mahmudy, 2016). Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Ummy Sholihah (2022) yang memprediksi curah hujan menggunakan FIS Tsukamoto. Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa perhitungan atau prediksi curah hujan yang telah dilakukan masih kurang tepat karena selisih antara data aktual dan hasil perhitungan *fuzzy* Tsukamoto yang terbilang tidak sedikit, yaitu data aktual sebesar 57,4 mm dan hasil perhitungan *fuzzy* Tsukamoto sebesar 48,7 mm dengan nilai *Mean Square Error (MSE)* sebesar 3,15375. Solusi yang bisa dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan menerapkan algoritma optimasi untuk menentukan *range* derajat fungsi keanggotaan setiap variabel *fuzzy*, seperti pada penelitian Ardi et al. (2018) yang mengoptimasi *fuzzy* Tsukamoto menggunakan algoritma genetika untuk mengetahui lama waktu siram pada tanaman

*strawberry* dan menghasilkan nilai *error* sebesar 0,3790, sedangkan untuk metode *fuzzy* Tsukamoto tanpa optimasi menghasilkan nilai *error* sebesar 4,9570.

*Artificial Bee Colony* merupakan salah satu metode yang cocok untuk mengoptimasi derajat fungsi keanggotaan *fuzzy* karena *Artificial Bee Colony* dapat mengoptimalkan kinerja sistem logika *fuzzy* secara signifikan (Nikolić et al., 2020). Algoritma *Bee Colony* juga sudah pernah digunakan sebelumnya untuk memprediksi curah hujan pada penelitian oleh Pradnyana et al. (2018) yang dikombinasikan dengan metode jaringan saraf tiruan *Backpropagation* dan menghasilkan akurasi mencapai 95%.

Kasus yang diangkat dalam penelitian ini yaitu mengenai prediksi curah hujan. Curah hujan merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kondisi cuaca yang mana saat ini di Indonesia, perubahan kondisi cuaca sangatlah sulit diprediksi karena perubahan iklim yang tidak menentu. Curah hujan yang tidak menentu ini tentunya akan sangat berbahaya karena dapat menyebabkan berbagai bencana pada lingkungan, sehingga kegiatan prediksi curah hujan sangatlah penting untuk dilakukan (Yusuf et al., 2022).

Berdasarkan penjelasan diatas, maka metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *Fuzzy* Tsukamoto yang derajat fungsi keanggotaannya akan dioptimasi menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* pada permasalahan prediksi besaran curah hujan di Kabupaten Banyuasin.



### 1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini yaitu apakah algoritma *Artificial Bee Colony* dapat mengoptimasi derajat fungsi keanggotaan pada metode *Fuzzy Tsukamoto* untuk memprediksi curah hujan di Kabupaten Banyuasin ?

Berdasarkan masalah tersebut, dapat diuraikan juga beberapa pertanyaan penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana cara mengimplementasikan algoritma *Artificial Bee Colony* dalam mengoptimasi derajat fungsi keanggotaan pada metode *Fuzzy Tsukamoto* untuk memprediksi curah hujan di Kabupaten Banyuasin ?
2. Bagaimana perbandingan nilai kesalahan (*error*) prediksi curah hujan di Kabupaten Banyuasin menggunakan *Fuzzy Tsukamoto* sebelum dan sesudah di optimasi menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony* ?

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Mengembangkan perangkat lunak yang menerapkan algoritma *Artificial Bee Colony* untuk mengoptimasi *fuzzy Tsukamoto* dalam memprediksi besaran curah hujan di Kabupaten Banyuasin.

2. Mengetahui perbandingan nilai kesalahan (*error*) hasil perhitungan *Fuzzy Tsukamoto* sebelum dan sesudah dioptimasi dengan algoritma *Artificial Bee Colony* dalam memprediksi curah hujan di Kabupaten Banyuasin.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Berikut manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengetahui cara mengoptimasi derajat fungsi keanggotaan sistem inferensi *fuzzy Tsukamoto* menggunakan algoritma *Artificial Bee Colony*.
2. Mengetahui pengaruh optimasi derajat keanggotaan sistem inferensi *fuzzy Tsukamoto* terhadap nilai error prediksi.
3. Memberikan manfaat bagi masyarakat Kabupaten Banyuasin mengetahui prediksi besaran curah hujan yang akan terjadi.

### **1.6 Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian adalah sebagai berikut :

1. Data yang digunakan adalah data sekunder yang diperoleh dari BMKG kota Palembang.
2. Data yang digunakan antara lain data curah hujan, suhu, tekanan udara, kecepatan angin, dan kelembaban udara di Kabupaten Banyuasin per bulan dari Januari 2018 sampai dengan Desember 2022.

## 1.7 Sistematika Penulisan

Berikut adalah sistematika penulisan dari penelitian ini :

### **BAB I. PENDAHULUAN**

Pada bab ini diuraikan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah/ruang lingkup, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

### **BAB II. KAJIAN LITERATUR**

Pada bab ini akan dibahas dasar-dasar teori yang digunakan dalam penelitian seperti *Fuzzy Tsukamoto*, algoritma *Artificial Bee Colony*, prediksi curah hujan, *Rational Unified Proccess (RUP)*, serta kajian-kajian literatur tentang penelitian lainnya yang relevan dengan penelitian ini.

### **BAB III. METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini membahas tentang tahapan-tahapan yang dilakukan untuk melakukan penelitian, dimana tiap-tiap rencana tahapan penelitian akan dijelaskan secara detail dengan berdasarkan pada suatu kerangka kerja. Didalam bab ini juga akan menampilkan rancangan manajemen proyek untuk pelaksanaan penelitian.

#### **BAB IV. PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK**

Bab ini akan membahas mengenai pengembangan perangkat lunak yang akan digunakan sebagai alat untuk melakukan penelitian.

#### **BAB V. HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN**

Bab ini akan membahas mengenai hasil dan analisisnya yang didapatkan dari proses pengujian menggunakan alat penelitian berdasarkan pada langkah-langkah pengujian yang telah direncanakan.

#### **BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini akan menjelaskan kesimpulan dari hasil penelitian yang didapatkan dan saran-saran yang diharapkan dapat diterapkan untuk penelitian yang terkait kedepannya.

### **1.8 Kesimpulan**

Penelitian ini menggunakan *Fuzzy Inference System Tsukamoto* untuk memprediksi curah hujan di Kabupaten Banyuasin. Didalam sistem inferensi *fuzzy*, terdapat fungsi-fungsi keanggotaan untuk setiap variabel *fuzzy* nya dan fungsi keanggotaan ini memiliki *range* batas derajat keanggotaan yang akan menentukan posisi *output* pada himpunan *fuzzy* yang dihasilkan oleh sistem ini. Derajat keanggotaan ini dapat ditentukan langsung oleh peneliti atau pakar, namun hasil perhitungan yang didapatkan kadang tidak optimal. Maka dari itu untuk

mengoptimalkan hasil perhitungan sistem inferensi fuzzy ini, digunakanlah algoritma optimasi yaitu *Artificial Bee Colony* yang akan mengoptimasi nilai batas derajat fungsi keanggotaan sistem inferensi *fuzzy Tsukamoto* dalam memprediksi curah hujan di Kabupaten Banyuasin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afrilia, A., Rini, D. P., & Miraswan, K. J. (2019). Optimasi Fungsi Keanggotaan Fuzzy Inference System Tsukamoto Dengan Particle Swarm Optimization Untuk Prediksi Cuaca di Palembang (Doctoral dissertation, Sriwijaya University).
- Aldyanto, F. (2016). Prediksi Jumlah Produksi Roti Menggunakan Metode Logika Fuzzy (Studi Kasus: Roti Malabar Bakery). *Jurnal Teknoif Teknik Informatika Institut Teknologi Padang*, 4(2), 59-65.
- Armanda, R. S., & Mahmudy, W. F. (2016). Penerapan Algoritma Genetika Untuk Penentuan Batasan Fungsi Kenggotaan Fuzzy Tsukamoto Pada Kasus Peramalan Permintaan Barang. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, 3(3), 169-173.
- Ardi, M. K., Setiawan, B. D., & Fauzi, M. A. (2017). Optimasi Fuzzy Inference System Tsukamoto Menggunakan Algoritme Genetika Untuk Mengetahui Lama Waktu Siram Pada Tanaman Strawberry. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer e-ISSN*, 2548, 964X.
- Buana, W. (2017). Penerapan Fuzzy Mamdani Untuk Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Telepon Seluler. *Jurnal Edik Informatika Penelitian Bidang Komputer Sains dan Pendidikan Informatika*, 2(1), 138-143.
- Desmonda, D., Tursina, T., & Irwansyah, M. A. (2018). Prediksi Besaran Curah Hujan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series. *JUSTIN (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi)*, 6(4), 145-149.
- Idris, I. S. K. (2019). Optimasi Pendistribusian Barang Menggunakan Algoritma Artificial Bee Colony. *Jurnal Informatika Upgris*, 5(2).

- Logo, J. F. B., Wantoro, A., & Susanto, E. R. (2020). Model Berbasis Fuzzy Dengan Fis Tsukamoto Untuk Penentuan Besaran Gaji Karyawan Pada Perusahaan Swasta. *Jurnal Teknoinfo*, 14(2), 124-130.
- Nasution, V. M., & Prakarsa, G. (2021). Perancangan Aplikasi Fuzzy Logic Untuk Prediksi Kasus Positif Covid-19 Menggunakan Metode Tsukamoto. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 5(4), 1642-1651.
- Nikolić, M., Šelmić, M., Macura, D., & Čalić, J. (2020). Bee Colony Optimization Metaheuristic For Fuzzy Membership Functions Tuning. *Expert Systems with Applications*, 158, 113601.
- Nurafifah, L. (2018). Optimasi Portfolio Dengan Kendala Roundlot Menggunakan Metode Artificial Bee Colony (ABC). *Euclid*, 5(2), 61-75.
- Nurdiansyah, A., Furqon, M. T., & Rahayudi, B. (2019). Prediksi Harga Bitcoin Menggunakan Metode Extreme Learning Machine (ELM) dengan Optimasi Artificial Bee Colony (ABC). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer e-ISSN*, 2548, 964X.
- Nurhayati, S., & Immanudin, I. (2019). Penerapan Logika Fuzzy Mamdani Untuk Prediksi Pengadaan Peralatan Rumah Tangga Rumah Sakit. *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, 8(2), 81-87.
- Permataliyanti, H. M. R. (2022). *Penerapan Fuzzy Inference System dengan Metode Tsukamoto untuk Memprediksi Curah Hujan di Kabupaten Maros* (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Pinem, N. S., & Utomo, D. P. (2020). Implementasi Fuzzy Logic Dengan Infrensi Tsukamoto Untuk Prediksi Jumlah Kemasan Produksi (Studi Kasus: PT. Sinar Sosro Medan). *Pelita Informatika: Informasi dan Informatika*, 9(1), 56-60.

- Pradnyana, I. P. B. A. (2017). *Peramalan Curah Hujan Menggunakan Metode Jaringan Saraf Tiruan Dengan Optimasi Algoritma Bee Colony* (Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya).
- Prasetyo, T. F. (2020). Analisis Perbandingan Prediksi Produksi Saroja Menggunakan Metode Tsukamoto dan Mamdani Sebagai Knowledge Based System. *INFOTECH journal*, 6(1), 32-38.
- Putriyani, K., Wahyuningrum, T., & Prasetyo, Y. D. (2021). Prediksi Jumlah Produksi Akibat Penyebaran Covid-19 Menggunakan Metode Fuzzy Takagi-Sugeno. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)*, 5(2), 220-230.
- Rahmawati, R., Rahma, A. N., Basriati, S., & Andriani, N. (2020). Menentukan Besarnya Omset Pegadaian Menggunakan Fuzzy Inference System Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto. *MApp (Mathematics and Applications) Journal*, 2(1), 64-74.
- Reynaldi, R., Syafrizal, W., & Al Hakim, M. F. (2021). Analisis Perbandingan Akurasi Metode Fuzzy Tsukamoto dan Fuzzy Sugeno Dalam Prediksi Penentuan Harga Mobil Bekas. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 44(2), 73-80.
- Ritha, N., Bettiza, M., & Dufan, A. (2016). Prediksi Curah Hujan dengan Menggunakan Algoritma Levenberg-Marquardt dan Backpropagation. *Jurnal Sustainable: Jurnal Hasil Penelitian dan Industri Terapan*, 5(2), 11-16.
- Salendah, J., Kalele, P., Tulenan, A., & Joshua, J. S. R. (2022, September). Penentuan Beasiswa Dengan Metode Fuzzy Tsukamoto Berbasis Web Scholarship Determination Using Web Based Fuzzy Tsukamoto Method. In *Proceeding Seminar Nasional Ilmu Komputer* (Vol. 2, No. 1, pp. 81-90).



- Saputra, E. W. (2019). Optimasi Fungsi Keanggotaan Fuzzy Mamdani Menggunakan Algoritma Genetika Untuk Penentuan Penerima Beasiswa. *Jurnal SIMADA (Sistem Informasi dan Manajemen Basis Data)*, 2(2), 160-175.
- Setiawan, A., Yanto, B., & Yasdomi, K. (2018). Logika Fuzzy Dengan MATLAB (Contoh Kasus Penelitian Penyakit Bayi dengan Fuzzy Tsukamoto). *Jayapangus Press Books*, i-217.
- Sholihah, U. (2022). Penerapan Logika Fuzzy Tsukamoto untuk Memprediksi Curah Hujan di Kabupaten Kotawaringin Timur. *EJECTS: E-Journal Computer, Technology and Informations System*, 2(1).
- Siregar, R. R., Nasution, K., & Haramaini, T. (2021). Aplikasi Ujian Online Untuk Siswa Sekolah Menengah Pertama Dengan Menggunakan Metode Rational Unified Process (RUP). *Jurnal Minfo Polgan*, 10(1), 33-41.
- Taufik, M., Darwiyanto, E., & Puspitasari, S. Y. (2015). Analisis Dan Implementasi Perancangan Metode Rational Unified Process Pada Layanan Sdb Dan Metode Pengujian Product Metric Pada Bank Mandiri Cabang Palu Sam Ratulangi. *eProceedings of Engineering*, 2(3).
- Tundo, T., & Saifullah, S. (2022). Fuzzy Inference System Mamdani dalam Prediksi Produksi Kain Tenun Menggunakan Rule Berdasarkan Random Tree. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 9(3), 443-452.
- Turanoglu, E., Ozceylan, E., & Kiran, M. S. (2011). Particle Swarm Optimization and Artificial Bee Colony Approaches to Optimize of Single Input-Output Fuzzy Membership Functions. In *Proceedings of the 41st international conference on computers & industrial engineering* (pp. 542-547).
- Wahyuni, I., & Ahda, F. A. I. (2018). Pemodelan fuzzy inference system tsukamoto untuk prediksi curah hujan studi kasus kota batu. *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, 12(2), 115-124.

Wardani, A. R., Nasution, Y. N., & Amijaya, F. D. T. (2017). Aplikasi Logika Fuzzy Dalam Mengoptimalkan Produksi Minyak Kelapa Sawit Di PT. Waru Kaltim Plantation Menggunakan Metode Mamdani.

Yusuf, M., Setyanto, A., & Aryasa, K. (2022). Analisis Prediksi Curah Hujan Bulanan Wilayah Kota Sorong Menggunakan Metode Multiple Regression. *J-SAKTI (Jurnal Sains Komputer dan Informatika)*, 6(1), 405-417.