

Analisis Gerakan Mata Terhadap Tingkat Kecemasan Mahasiswa Dengan Metode *Fuzzy Inference System*

David Juli Ariyadi
Ilmu Komputer
Universitas Pendidikan Ganesha
Singaraja, Bali, Indonesia
djuliyadi@gmail.com

I Gede Aris Gunadi
Ilmu Komputer
Universitas Pendidikan Ganesha
Singaraja, Bali, Indonesia
igedearisgunadi@undiksha.ac.id

Dewa Gede Hendra Divayana
Ilmu Komputer
Universitas Pendidikan Ganesha
Singaraja, Bali, Indonesia
hendra.divayana@undiksha.ac.id

Abstract— This study aims to find out how the Fuzzy Inference System (FIS) method is able to assess a person's anxiety level through eye movements. Eye movements contain a lot of information that describes physical and psychological conditions. Eye movements are recorded using the Tobii Eye Tracker, the data is stored and processed by FIS due to the uncertain nature of the variables. This study collaborated with experts by observing and interviewing respondents and providing professional decisions about the level of anxiety experienced at the end of the observation session. In this study, the Tsukamoto and Mamdani FIS methods were compared which were the most appropriate or recommended for determining a person's level of anxiety in general. Determination of this recommendation is based on the number of respondents' views of the monitor screen which is divided into five sections. Testing the performance of each method using a confusion matrix. Based on the level of accuracy, the Mamdani FIS method has a better value of 81.25% than Tsukamoto's FIS which is 79.69%. Thus in general, the Mamdani FIS method is better than the Tsukamoto FIS method with a difference of 1.56%. In the future, it is hoped that this research will provide earlier information to someone to determine their level of anxiety.

Keywords— Anxiety, Eye Gaze, Tobii Eye Tracking, Fuzzy Inference System

Abstrak— Penelitian ini bertujuan mengetahui bagaimana metode Fuzzy Inference System (FIS) mampu menilai tingkat kecemasan seseorang melalui gerakan mata. Gerakan mata mengandung banyak informasi yang menggambarkan kondisi fisik dan psikis. Gerakan mata direkam menggunakan Tobii Eye Tracker, data disimpan dan diproses dengan FIS karena sifat variabelnya yang tidak tegas. Penelitian ini bekerja sama bersama pakar dengan observasi dan wawancara bersama responden dan memberikan keputusan secara profesional tentang tingkat kecemasan yang dialami di akhir sesi observasi. Dalam penelitian ini diperbandingkan FIS metode Tsukamoto dan Mamdani yang paling tepat atau direkomendasikan untuk menentukan tingkat kecemasan seseorang secara umum. Penentuan rekomendasi ini berdasarkan jumlah pandangan responden terhadap layar monitor yang dibagi menjadi lima area bagian. Pengujian performa setiap metode menggunakan confusion matrix. Berdasarkan tingkat akurasi (accuracy), FIS metode mamdani memiliki nilai yang lebih baik sebesar 81,25% daripada FIS Tsukamoto yang sebesar 79,69%. Dengan demikian secara umum, FIS metode Mamdani lebih baik daripada FIS metode Tsukamoto dengan selisih sebesar 1,56%. Ke depan diharapkan penelitian ini memberikan informasi

lebih awal kepada seseorang untuk mengetahui tingkat kecemasannya.

Keywords— Kecemasan, Gerakan Mata, Tobii Eye Tracking, Fuzzy Inference System

PENDAHULUAN

Pandemi 2019-nCoV berdampak multidimensi pada semua aspek kehidupan masyarakat, hal ini didasarkan pada data yang dirilis oleh [1]. Pandemi tidak hanya berdampak pada kesehatan fisik, tetapi pandemi juga berpengaruh pada kesehatan mental [2], salah satunya adalah munculnya kecemasan. Kecemasan yang timbul ternyata juga masih berlangsung pada masa new normal [3]. Selain dimensi kesehatan tersebut ternyata juga berdampak pada aspek pendidikan [4]. Dunia pendidikan juga tidak lepas dari dampak perubahan *new normal* ini khususnya di pendidikan tinggi. Kegiatan pembelajaran tatap muka mulai dialihkan ke pembelajaran dalam jaringan. Pembelajaran dengan metode ini terjadi beberapa kendala, baik kendala teknis dan kendala akademis. Kendala teknis yang terjadi seperti kurangnya keterbatasan perangkat dan keterbatasan akses internet yang dimiliki mahasiswa. Sedangkan kendala akademis yang terjadi seperti kurangnya interaksi antara tenaga pengajar dan mahasiswa sehingga kurangnya penyerapan materi pembelajaran oleh mahasiswa, mahasiswa kurang menyimak penjelasan dosen karena kamera yang digunakan dimatikan sehingga mahasiswa terkesan meremehkan proses pembelajaran tersebut dan terjadi kejenuhan selama proses pembelajaran.

Seluruh kendala yang telah dikemukakan tersebut berdampak pada tingkat kecemasan mahasiswa selama pembelajaran daring [4]. Pada penelitian [5] juga menemukan adanya kecemasan akademik selama pandemi, dari 300 sampel penelitian, sebanyak 13% mengalami tingkat stres akademik tinggi, 75% mengalami stres akademik sedang, dan 12% mengalami stres akademik rendah. Pada hasil penelitian tersebut menunjukkan perlunya adanya solusi terhadap stres dan kecemasan akademik mahasiswa. Memasuki tahun akademik 2022/2023 saat ini, pembelajaran akan dialihkan kembali dengan metode tatap muka. Perlu adanya adaptasi kembali dari kebiasaan pembelajaran dalam jaringan ke pembelajaran luar jaringan. Normalnya dengan pembelajaran luring ini mahasiswa lebih aktif dalam pembelajaran, lebih memahami penjelasan yang disampaikan oleh tenaga pengajar. Namun, tanpa disadari penerapan pembelajaran daring juga berakibat buruk bagi peserta didik salah satunya adalah kurangnya hubungan sosial di antara peserta didik. Faktor utamanya adalah kurangnya interaksi langsung peserta

didik baik dengan peserta didik yang lain maupun dengan guru [6]. Segala kendala tersebut bisa berdampak pada capaian belajar mahasiswa pada Ujian Tengah Semester (UTS) dan Ujian Akhir Semester (UAS) dan itu bisa memicu kecemasan pada mahasiswa jika mendapatkan nilai yang kurang memuaskan, seperti yang dikemukakan [7], pada penelitian kecemasan pada siswa sekolah menengah, siswa yang menunjukkan reaksi afektif negatif akan mengalami kecemasan, kebosanan, dan stres, sehingga akan cenderung untuk menjauhi tugas akademik, malas sekolah, dan bahkan memilih untuk berhenti sekolah.

Salah satu ciri seseorang memiliki kecemasan dapat dilihat dari gerakan mata. Mata manusia adalah saluran utama di mana orang memperoleh informasi eksternal [8]. Gerakan mata seseorang mengandung banyak informasi yang menggambarkan kondisi fisik atau kondisi psikis. Gerakan mata seseorang dapat menunjukkan suatu ketertarikan, respons atau mengikuti, mempertahankan pandangan pada objek tertentu yang diam ataupun yang bergerak, hal itu dapat memberikan informasi tentang keadaan seseorang tersebut. Atas dasar faktor dari gerakan mata tersebut kita bisa dapat menjadikan gerakan mata sebagai media untuk mendapatkan informasi kecemasan seseorang. Salah satunya adalah dengan melakukan perekaman terhadap gerakan mata dengan *eye-tracking system*. Dalam beberapa tahun terakhir, semakin banyak perangkat yang diproduksi untuk melakukan pelacakan tatapan mata. Perangkat seperti itu dapat menyebabkan peluang yang belum pernah terjadi sebelumnya dalam banyak aplikasi [9]. Saat ini, sistem pelacakan mata secara kasar dibagi menjadi sistem pelacakan mata dekat mata dan sistem pelacakan mata desktop berdasarkan jenis perangkat keras. Secara konsep sistem pelacakan mata desktop diawali dengan mendeteksi wajah pengguna, kemudian mencari dan mengelompokkan area mata di wajah, dan kemudian menemukan pusat pupil dan kalibrasi titik pandang dan merekam gerakan mata dengan jarak jauh. Sistem pelacakan mata dekat mata umumnya memiliki dua cara penggunaan, dipasang di helm dan tipe kacamata. Perbedaan dari sistem pelacakan mata desktop dan sistem pelacakan mata dekat mata adalah sistem pelacakan mata dekat mata hanya area kelopak mata yang menjadi acuan untuk ekstraksi pupil.

Salah satu acuan penulis untuk mengembangkan dan meneliti hubungan antara pemanfaatan alat bantu gerakan mata dengan kecemasan yang dialami seseorang yaitu penelitian yang dilakukan oleh [10] menjelaskan bahwa gerakan mata memiliki korelasi terhadap beban kognitif siswa sehingga dapat mengalami stres dengan tingkat level tertentu yang nantinya akan berpengaruh pada kesehatan. Di sisi lain, penggunaan perangkat digital dalam pembelajaran pada waktu yang lama dapat menyebabkan kelelahan dan beban pelajaran yang diberikan secara berlebih dapat meningkatkan stres bagi siswa. Masalah yang diuji pada penelitian tersebut adalah apakah tekanan mental dapat diidentifikasi dengan gerakan mata dan apakah gerakan mata dapat dijadikan acuan terhadap kelelahan mata. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa metode dengan rangsangan yang berbeda pada setiap metode, metode yang digunakan pada penelitian sebelumnya ini yaitu dengan menggunakan *eye tracker* dengan memberikan beberapa tugas kepada siswa, tugas pertama mengerjakan soal matematika, kedua menampilkan video yang disarankan ahli untuk deteksi kelelahan mata dan tugas terakhir memberikan sepuluh pertanyaan yang berkaitan dengan keluarga dan kehidupan akademik mereka. Semua

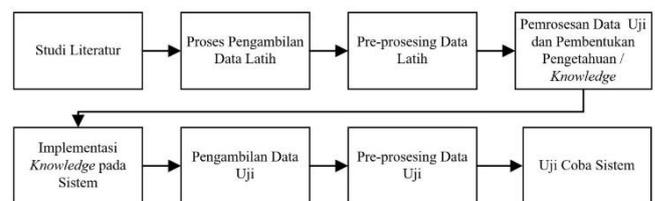
kegiatan dari tugas tersebut gerakan mata di rekam dan korelasi dengan kelelahan mata dilihat berdasarkan diameter pupil dan frekuensi kedipan mata. Berdasarkan studi literatur penelitian sebelumnya, dapat disimpulkan tingkat stres terjadi dengan menggunakan parameter frekuensi kedipan mata, diameter pupil, dan indikasi kelelahan mata dengan metode pemberian stimulus kepada responden.

Perlu adanya studi lebih lanjut dengan metode lainnya tentang penggunaan alat *eye tracker* untuk mengklasifikasikan gerakan mata. Pada penelitian kali ini dilakukan penelitian dengan alat *eye tracker* jenis lain yaitu Tobii Eye Tracker 5 untuk memudahkan dalam perekaman gerakan mata terhadap layar monitor dengan dibagi menjadi lima area pandangan terhadap layar monitor. Perbedaan dengan penelitian sebelumnya yaitu pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kecemasan yang dialami seseorang dengan memanfaatkan data gerakan mata yang direkam dengan alat *eye tracker* selanjutnya di komparasi dengan hasil pengamatan ahli terhadap responden.

Dalam pengolahan data gerakan mata yang dihasilkan dari alat *eye tracker* untuk menganalisis tingkat kecemasan akan menggunakan *Fuzzy Inference System* (FIS). Menurut [11] Ada beberapa alasan mengapa orang menggunakan logika fuzzy, antara lain yaitu konsep logika fuzzy mudah dimengerti, logika fuzzy sangat fleksibel, logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat, logika fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi non linear yang sangat kompleks, logika fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan, logika fuzzy dapat bekerja sama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional, dan logika fuzzy juga didasarkan pada bahasa alami. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi lebih lanjut pada gerakan mata terhadap tingkat kecemasan seseorang dengan metode FIS dalam penentuan secara tegas titik pandangan mata dengan alat *eye tracker*.

METODE PENELITIAN

Secara keseluruhan rencana alur penelitian akan dilaksanakan dengan beberapa tahapan yang digambarkan pada Gambar 1 berikut :



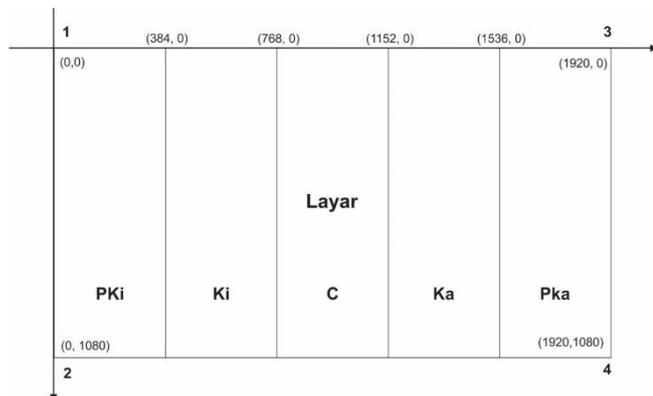
Gambar. 1. Gambaran Umum Penelitian

A. Proses Pengambilan Data

Proses pengambilan data pada penelitian ini yaitu digunakan metode *Desktop Eye Tracking*. Prinsip sistem pelacakan mata desktop adalah pertama-tama mendeteksi wajah penguji, kemudian menemukan dan mengelompokkan area mata di wajah, dan kemudian menemukan pusat pupil dan kalibrasi titik pandangan, merekam gerakan mata jarak jauh [8]. Pengambilan data dimulai dengan responden duduk secara sempurna dengan jarak 0,5 – 1 meter dari layar monitor dengan resolusi layar 1920x1080 piksel sebagai media rangsangan visual melalui video yang dimainkan. Pada layar monitor ini telah tersambung alat perekam gerakan mata yaitu *Tobii Eye Tracker 5* yang akan merekam posisi gerakan mata

terhadap layar monitor selama menonton video. Agar lebih fokus terhadap video yang ditonton disediakan *headphone* agar suara video terdengar jelas di telinga responden.

Pada Gambar 2 Pembagian koordinat deteksi layar monitor akan di bagi menjadi 5 bagian yaitu : Paling Kiri (PKi), Kiri (Ki), Tengah atau Center (C), Kanan (Ka) dan Paling Kanan (PKa). Bagian dari layar monitor ini nantinya akan menjadi aturan dasar yang disepakati bersama ahli untuk menentukan tingkat konsistensi pandangan responden terhadap tingkat kecemasan.



Gambar. 2. Pembagian Koordinat Deteksi Layar

Video yang dimainkan yaitu menjelaskan tentang kecemasan dengan durasi 5-10 menit. Setelah responden menonton video tersebut responden diarahkan untuk menanggapi video tersebut dengan pemahaman yang didapatkan responden. Setelah semua proses perekaman gerakan mata selesai dilanjutkan dengan pengamatan responden secara langsung oleh Psikolog. Psikolog memberikan beberapa pertanyaan tentang kecemasan responden yang dialami selama ini, dilihat dari kejujurannya ketika menjawab dan respons fisiologis responden selama dilakukan observasi oleh psikolog.



Gambar. 3. Proses Perekaman Gerakan Mata Dengan Rangsangan Video

B. Preprocessing Data

Tahapan *preprocessing* pada data gerakan mata yang didapatkan dari alat eye gaze tracker memiliki data yang begitu banyak berupa koordinat (x, y) dan satuan waktu (t) yang memungkinkan adanya *missing value* atau inkonsistensi selama pengambilan data. Sesuai dengan waktu video selama 5 menit dalam hal ini jika dikonversi ke detik menjadi 300 detik, maka akan diambil 300 data awal deteksi titik koordinat mata pada layar sebagai batasan data yang akan di proses

meskipun data mata yang terekam lebih dari 300 data deteksi titik koordinat mata pada layar.

C. Pemrosesan Data dan Pembentukan Pengetahuan

Data yang sudah melalui tahap *preprocessing* akan di proses lebih lanjut. Pada tahap ini data akan dilakukan perhitungan dengan metode FIS. Hasil dari perhitungan FIS akan dicocokkan dengan hasil pengamatan yang telah dilakukan oleh pakar dan dijadikan basis pengetahuan yang akan dibangun/dibentuk beberapa aturan yang memiliki kelas dari ahli.

D. Implementasi Pengetahuan pada Sistem

Pada tahap implementasi pengetahuan pada sistem adalah proses mentransformasikan hasil perhitungan manual pemrosesan data latih ke dalam sebuah kode pemrograman untuk dilakukan pemrosesan dan perhitungan data secara otomatis dengan FIS dilakukan oleh komputer melalui perangkat lunak. Data latih berupa data perekaman gerakan mata responde disimpan di dalam basis data akan dilakukan analisa dengan FIS dengan basis aturan yang sudah disepakati bersama ahli untuk menentukan tingkat kecemasan responden.

E. Uji Coba Sistem

Tahapan terakhir dari penelitian ini yaitu uji coba sistem dengan metode *black box*. Metode ini biasa digunakan untuk menguji perangkat lunak yang berfokus pada pengujian fungsionalitas sistem tanpa harus mengetahui dari struktur internal dari kode pemrograman. Sistem yang dibuat pada penelitian ini akan di uji coba secara langsung bersama ahli atau pakar untuk mendapatkan persentase nilai akurasi antara keputusan sistem dan keputusan ahli dalam hal ini psikolog dalam menilai tingkat kecemasan pada mahasiswa.

F. Alat Penelitian

Untuk pelaksanaan pengembangan *prototype* dan testing, akan digunakan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) seperti berikut.

1. *Hardware* : PC All-in-one HP atau Laptop dengan *processor Core I5*, RAM 8 GB, HDD 1TB. Alat perekam gerakan mata Tobii Eye Tracker Versi 5.
2. *Software* : Sistem Operasi Windows 10 x64 Bit, *Database MySQL*, Visual Studio Code teks editor, Aplikasi perekam gerakan mata dari *Tobii Eye Tracker*.

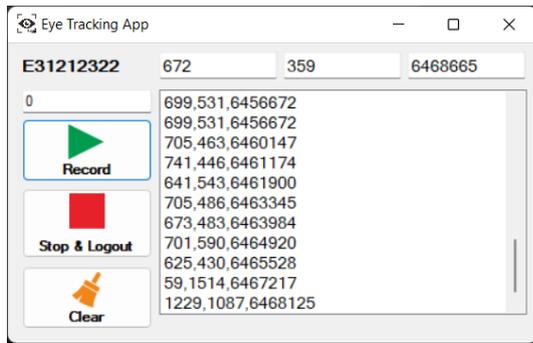
G. Bahan Penelitian

Data yang digunakan sebagai bahan penelitian ini yaitu data perekaman gerakan mata responden dengan alat Tobii Eye Tracker 5.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Aplikasi Pendukung Deteksi Mata

Untuk pengambilan data gerakan mata selain menggunakan alat Tobii Eye Tracker 5 butuh aplikasi penghubung ke basis data, aplikasi ini penulis diberi nama EyeTrackingApp. Aplikasi ini dibuat dengan menggunakan Microsoft Visual Studio .Net dengan Library Tobii.EyeX.Client.dll sebagai media penghubung aplikasi ke alat Tobii Eye Tracker 5 dan MySql.Data.dll sebagai media penghubung aplikasi ini ke basis data.

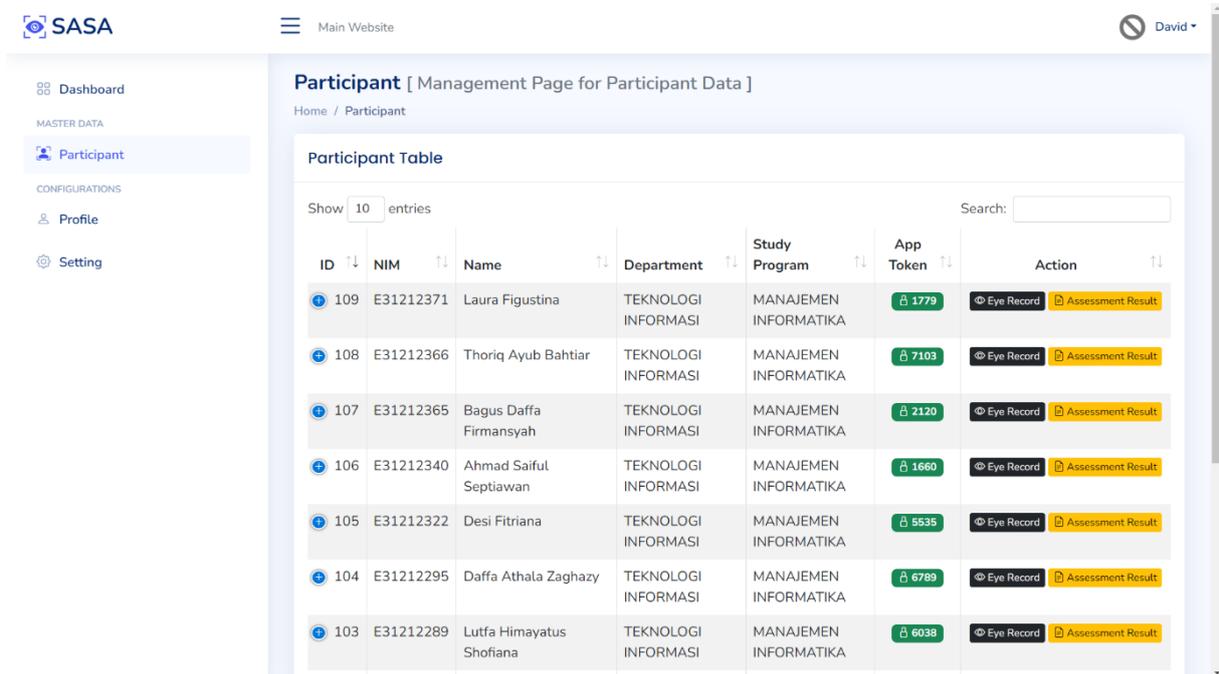


Gambar. 4. Aplikasi Eye Tracking App

Pada aplikasi manajemen peserta dan administrator ini berbasis web yang dibuat dengan framework Laravel 8.



Gambar. 5. Tampilan Awal Aplikasi Manajemen Data



Gambar. 6. Tampilan Daftar Participant untuk Peran Administrator

Dari 300 data pada Tabel 1 dihasilkan jumlah titik pandangan horizontal sebagai berikut :

- Paling Kiri (PKi) : 20
- Kiri (Ki) : 124
- Center (C) : 90

Hak akses pada aplikasi manajemen data ini terdapat dua peran yaitu administrator dan peserta. Hak akses administrator memiliki akses untuk melihat hasil perekaman mata beserta analisis dari perhitungan fuzzy yang dihasilkan. Sedangkan peran peserta hanya memiliki akses untuk memilih jadwal penilaian yang tersedia dan melakukan penilaian mandiri terhadap kecemasan.

B. Analisis Perhitungan Fuzzy Gerakan Mata

Dalam perhitungan fuzzy gerakan mata ini akan diambil satu sampel mahasiswa dengan nama Laura Figustina, NIM. E31212371.

TABEL I. CONTOH DATA KOORDINAT TITIK PANDANGAN MATA

Data Ke	point_x	point_y	time_input	posisi layar
1	808	703	111625951	C
2	1653	247	111627285	Pka
3	966	846	111628308	C
4	51	1050	111629305	PKi
5	609	588	111630120	Ki
....			
....			
....			
296	813	646	111923590	C
297	1070	628	111924859	C
298	862	266	111926339	C
299	630	538	111927306	Ki
300	1070	571	111927790	C

- Kanan (Ka) : 45
- Paling Kanan (PKa) : 21

Adapun aturan dasar yang disepakati bersama ahli dengan dua himpunan fuzzy yaitu Sedikit (S) dan Banyak (B) ditampilkan pada Tabel 2 sebagai berikut :

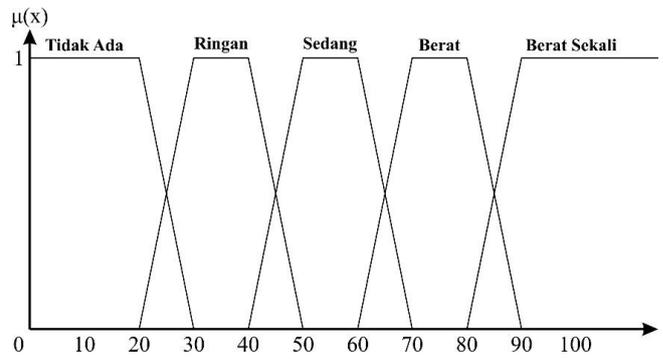
TABEL II. ATURAN DASAR METODE FUZZY YANG DIGUNAKAN

Rule	PKi	Ki	C	Ka	PKa	Hasil
[R1]	S	S	S	S	S	TIDAK ADA
[R2]	S	S	S	S	B	TIDAK ADA
[R3]	S	S	S	B	S	TIDAK ADA
[R4]	S	S	S	B	B	RINGAN
[R5]	S	S	B	S	S	TIDAK ADA
[R6]	S	S	B	S	B	RINGAN
[R7]	S	S	B	B	S	RINGAN
[R8]	S	S	B	B	B	BERAT
[R9]	S	B	S	S	S	TIDAK ADA
[R10]	S	B	S	S	B	RINGAN
[R11]	S	B	S	B	S	RINGAN
[R12]	S	B	S	B	B	SEDANG
[R13]	S	B	B	S	S	RINGAN
[R14]	S	B	B	S	B	BERAT
[R15]	S	B	B	B	S	SEDANG
[R16]	S	B	B	B	B	BERAT
[R17]	B	S	S	S	S	TIDAK ADA
[R18]	B	S	S	S	B	RINGAN
[R19]	B	S	S	B	S	TIDAK ADA
[R20]	B	S	S	B	B	BERAT
[R21]	B	S	B	S	S	RINGAN
[R22]	B	S	B	S	B	BERAT SEKALI
[R23]	B	S	B	B	S	SEDANG
[R24]	B	S	B	B	B	BERAT
[R25]	B	B	S	S	S	RINGAN
[R26]	B	B	S	S	B	BERAT
[R27]	B	B	S	B	S	SEDANG
[R28]	B	B	S	B	B	BERAT SEKALI
[R29]	B	B	B	S	S	SEDANG
[R30]	B	B	B	S	B	BERAT SEKALI
[R31]	B	B	B	B	S	BERAT
[R32]	B	B	B	B	B	TIDAK ADA

Mengacu pada Visual Analog Scale for Anxiety (VAS-A) [12] dibagi rentang tingkat kecemasan pada Tabel 3 dan jika digambarkan dalam grafik keanggotaan maka dapat ditampilkan pada Gambar 6 sebagai berikut :

TABEL III. TABEL RENTANG NILAI TINGKAT KECEMASAN

Level Kecemasan	Rentang Derajat Keanggotaan
Tidak Ada Kecemasan	0-30
Kecemasan Ringan	20-50
Kecemasan Sedang	40-70
Kecemasan Berat	60-90
Kecemasan Berat Sekali	80-100



Gambar. 7. Grafik Keanggotaan Tingkat Kecemasan

C. Pembentukan Himpunan Fuzzy (Fuzzifikasi)

1. Variabel Paling Kiri

Variabel paling kiri terdiri dari 2 himpunan fuzzy, yaitu Sedikit dan Banyak. Adapun bentuk keanggotaan dari himpunan fuzzy tersebut adalah sebagai berikut :

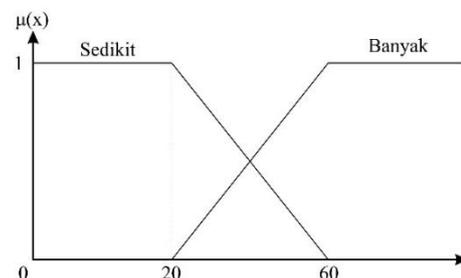
$$\mu \text{ Paling Kiri}_{\text{sedikit}}(x) = \begin{cases} 0, & x \geq 60 \\ \frac{60-x}{60-20}, & 20 \leq x \leq 60 \\ 1, & x \leq 20 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu \text{ Paling Kiri}_{\text{banyak}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 20 \\ \frac{x-20}{60-20}, & 20 \leq x \leq 60 \\ 1, & x \geq 60 \end{cases} \quad (2)$$

Dari persamaan tersebut maka diperoleh :

$$\begin{aligned} \mu \text{ Paling Kiri}_{\text{sedikit}}(20) &= 1 \\ \mu \text{ Paling Kiri}_{\text{banyak}}(20) &= 0 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut, dihasilkan grafik himpunan fuzzy variabel paling kiri dengan nilai 20 sebagai berikut :



Gambar. 8. Grafik Himpunan Fuzzy Variabel Paling Kiri

2. Variabel Kiri

Variabel kiri terdiri dari 2 himpunan fuzzy, yaitu Sedikit dan Banyak. Adapun bentuk keanggotaan dari himpunan fuzzy tersebut adalah sebagai berikut :

$$\mu_{Kiri_{sedikit}}(x) = \begin{cases} 0, & x \geq 60 \\ \frac{60-x}{60-20}, & 20 \leq x \leq 60 \\ 1, & x \leq 20 \end{cases} \quad (3)$$

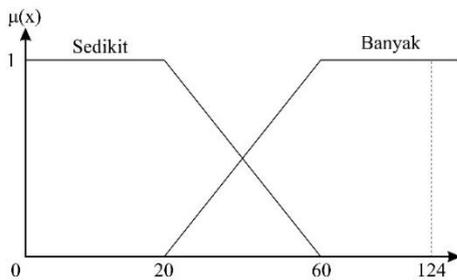
$$\mu_{Kiri_{banyak}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 20 \\ \frac{x-20}{60-20}, & 20 \leq x \leq 60 \\ 1, & x \geq 60 \end{cases} \quad (4)$$

Dari persamaan tersebut maka diperoleh :

$$\mu_{Kiri_{sedikit}}(124) = 0$$

$$\mu_{Kiri_{banyak}}(124) = 1$$

Dari perhitungan tersebut, dihasilkan grafik himpunan fuzzy variabel kiri dengan nilai 124 sebagai berikut :



Gambar. 9. Grafik Himpunan Fuzzy Variabel Kiri

3. Variabel Tengah

Variabel tengah terdiri dari 2 himpunan fuzzy, yaitu Sedikit dan Banyak. Adapun bentuk keanggotaan dari himpunan fuzzy tersebut adalah sebagai berikut :

$$\mu_{Tengah_{sedikit}}(x) = \begin{cases} 0, & x \geq 60 \\ \frac{60-x}{60-20}, & 20 \leq x \leq 60 \\ 1, & x \leq 20 \end{cases} \quad (5)$$

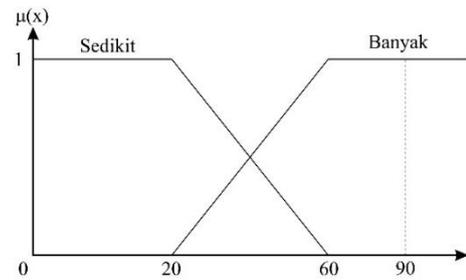
$$\mu_{Tengah_{banyak}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 20 \\ \frac{x-20}{60-20}, & 20 \leq x \leq 60 \\ 1, & x \geq 60 \end{cases} \quad (6)$$

Dari persamaan tersebut maka diperoleh :

$$\mu_{Tengah_{sedikit}}(90) = 0$$

$$\mu_{Tengah_{banyak}}(90) = 1$$

Dari perhitungan tersebut, dihasilkan grafik himpunan fuzzy variabel tengah dengan nilai 90 sebagai berikut :



Gambar. 10. Grafik Himpunan Fuzzy Variabel Tengah

4. Variabel Kanan

Variabel kanan terdiri dari 2 himpunan fuzzy, yaitu Sedikit dan Banyak. Adapun bentuk keanggotaan dari himpunan fuzzy tersebut adalah sebagai berikut :

$$\mu_{Kanan_{sedikit}}(x) = \begin{cases} 0, & x \geq 60 \\ \frac{60-x}{60-20}, & 20 \leq x \leq 60 \\ 1, & x \leq 20 \end{cases} \quad (7)$$

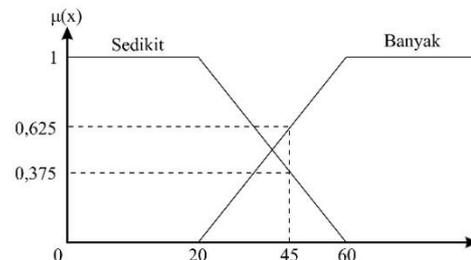
$$\mu_{Kanan_{banyak}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 20 \\ \frac{x-20}{60-20}, & 20 \leq x \leq 60 \\ 1, & x \geq 60 \end{cases} \quad (8)$$

Dari persamaan tersebut maka diperoleh :

$$\mu_{Kanan_{sedikit}}(45) = \frac{60-45}{60-20} = \frac{15}{40} = 0,375$$

$$\mu_{Kanan_{banyak}}(45) = \frac{45-20}{60-20} = \frac{25}{40} = 0,625$$

Dari perhitungan tersebut, dihasilkan grafik himpunan fuzzy variabel kanan dengan nilai 45 sebagai berikut :



Gambar. 11. Grafik Himpunan Fuzzy Variabel Kanan

5. Variabel Paling Kanan

Variabel paling kanan terdiri dari 2 himpunan fuzzy, yaitu Sedikit dan Banyak. Adapun bentuk keanggotaan dari himpunan fuzzy tersebut adalah sebagai berikut :

$$\mu \text{ Paling Kanan}_{\text{sedikit}}(x) = \begin{cases} 0, & x \geq 60 \\ \frac{60-x}{60-20}, & 20 \leq x \leq 60 \\ 1, & x \leq 20 \end{cases} \quad (9)$$

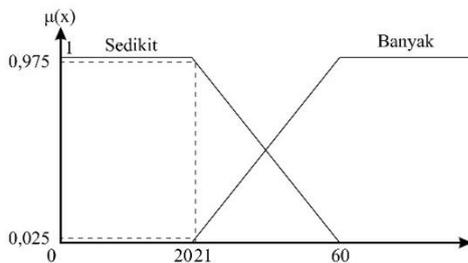
$$\mu \text{ Paling Kanan}_{\text{banyak}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 20 \\ \frac{x-20}{60-20}, & 20 \leq x \leq 60 \\ 1, & x \geq 60 \end{cases} \quad (10)$$

Dari persamaan tersebut maka diperoleh :

$$\mu \text{ Paling Kanan}_{\text{sedikit}}(21) = \frac{60-21}{60-20} = \frac{39}{40} = 0,975$$

$$\mu \text{ Paling Kanan}_{\text{banyak}}(21) = \frac{21-20}{60-20} = \frac{1}{40} = 0,025$$

Dari perhitungan tersebut, dihasilkan grafik himpunan fuzzy variabel paling kanan dengan nilai 21 sebagai berikut :



Gambar. 12. Grafik Himpunan Fuzzy Variabel Paling Kanan

D. Sistem Inferensi Fuzzy

Pada proses inferensi ini akan diambil beberapa basis aturan yang memiliki nilai perhitungan berbeda sebagai contoh R1, R13, R14, R15, R16. Pada proses inferensi ini akan diambil beberapa basis aturan yang memiliki nilai perhitungan berbeda sebagai contoh R1, R13, R14, R15, R16. Adapun Perhitungan α -predikat dan nilai z sebagai berikut :

[R1] IF sedikit AND sedikit AND sedikit AND sedikit AND sedikit THEN tidak ada kecemasan.

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat1} &= \mu\text{PalingKiri} \cap \mu\text{Kiri} \cap \mu\text{Tengah} \cap \mu\text{Kanan} \\ &\cap \mu\text{PalingKanan} \\ &= \text{MIN}(1; 0; 0; 0,375; 0,975) \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\mu \text{ Ringan}(z) = \begin{cases} 0, & z \geq 30 \\ \frac{30-z}{30-0}, & 0 \leq z \leq 30 \\ 1, & z \leq 0 \end{cases} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \mu(z) &= \frac{30-z_1}{30} \\ 0 &= \frac{30-z_1}{30} \\ z_1 &= 30 \end{aligned}$$

[R13] IF sedikit AND banyak AND banyak AND sedikit AND sedikit THEN kecemasan ringan

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat13} &= \mu\text{PalingKiri} \cap \mu\text{Kiri} \cap \mu\text{Tengah} \cap \mu\text{Kanan} \\ &\cap \mu\text{PalingKanan} \\ &= \text{MIN}(1; 1; 1; 0,375; 0,975) \\ &= 0,375 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu \text{ Ringan}(z) &= \begin{cases} 0, & z \geq 50 \\ \frac{50-z}{50-20}, & 20 \leq z \leq 50 \\ 1, & z \leq 20 \end{cases} \quad (12) \\ \mu(z) &= \frac{50-z_{13}}{30} \\ 0,375 &= \frac{50-z_{13}}{30} \\ z_{13} &= 38,75 \end{aligned}$$

[R14] IF sedikit AND banyak AND banyak AND sedikit AND banyak THEN kecemasan berat

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat14} &= \mu\text{PalingKiri} \cap \mu\text{Kiri} \cap \mu\text{Tengah} \cap \mu\text{Kanan} \\ &\cap \mu\text{PalingKanan} \\ &= \text{MIN}(1; 1; 1; 0,375; 0,025) \\ &= 0,025 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu \text{ Berat}(z) &= \begin{cases} 0, & z \geq 90 \\ \frac{90-z}{90-60}, & 60 \leq z \leq 90 \\ 1, & z \leq 60 \end{cases} \quad (13) \\ \mu(z) &= \frac{90-z_{14}}{30} \\ 0,025 &= \frac{90-z_{14}}{30} \\ z_{14} &= 89,25 \end{aligned}$$

[R15] IF sedikit AND banyak AND banyak AND banyak AND sedikit THEN kecemasan sedang

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat15} &= \mu\text{PalingKiri} \cap \mu\text{Kiri} \cap \mu\text{Tengah} \cap \mu\text{Kanan} \\ &\cap \mu\text{PalingKanan} \\ &= \text{MIN}(1; 1; 1; 0,625; 0,975) \\ &= 0,625 \end{aligned}$$

$$\mu_{Sedang}(z) = \begin{cases} 0, & z \geq 70 \\ \frac{70-z}{70-40}, & 40 \leq z \leq 70 \\ 1, & z \leq 40 \end{cases} \quad (14)$$

$$\mu(z) = \frac{70 - z_{15}}{30}$$

$$0,625 = \frac{70 - z_{15}}{30}$$

$$z_{15} = 51,25$$

[R16] IF sedikit AND banyak AND banyak AND banyak AND banyak AND banyak THEN kecemasan berat

α -predikat16 = $\mu_{PalingKiri} \cap \mu_{Kiri} \cap \mu_{Tengah} \cap \mu_{Kanan} \cap \mu_{PalingKanan}$

$$= \text{MIN}(1; 1; 1; 0,625; 0,025)$$

$$= 0,025$$

$$\mu_{Berat}(z) = \begin{cases} 0, & z \geq 90 \\ \frac{90-z}{90-60}, & 60 \leq z \leq 90 \\ 1, & z \leq 60 \end{cases} \quad (15)$$

$$\mu(z) = \frac{90 - z_{16}}{30}$$

$$0,025 = \frac{90 - z_{16}}{30}$$

$$z_{16} = 89,25$$

E. Perhitungan Fuzzy Tsukamoto

Setelah dilakukan perhitungan α -predikat dan nilai z maka untuk fuzzy Tsukamoto digunakan rata-rata dengan persamaan :

$$Z = \frac{\sum \alpha_1 z_1}{\sum \alpha_1} \quad (16)$$

Maka, perhitungan rata-rata dari α -predikat dan nilai z sebagai berikut :

$$Z = \frac{51,025}{1,05} = 48,595 \approx 49$$

Nilai 49 pada rentang nilai tingkat kecemasan termasuk dalam Kecemasan Sedang.

F. Perhitungan Fuzzy Mamdani

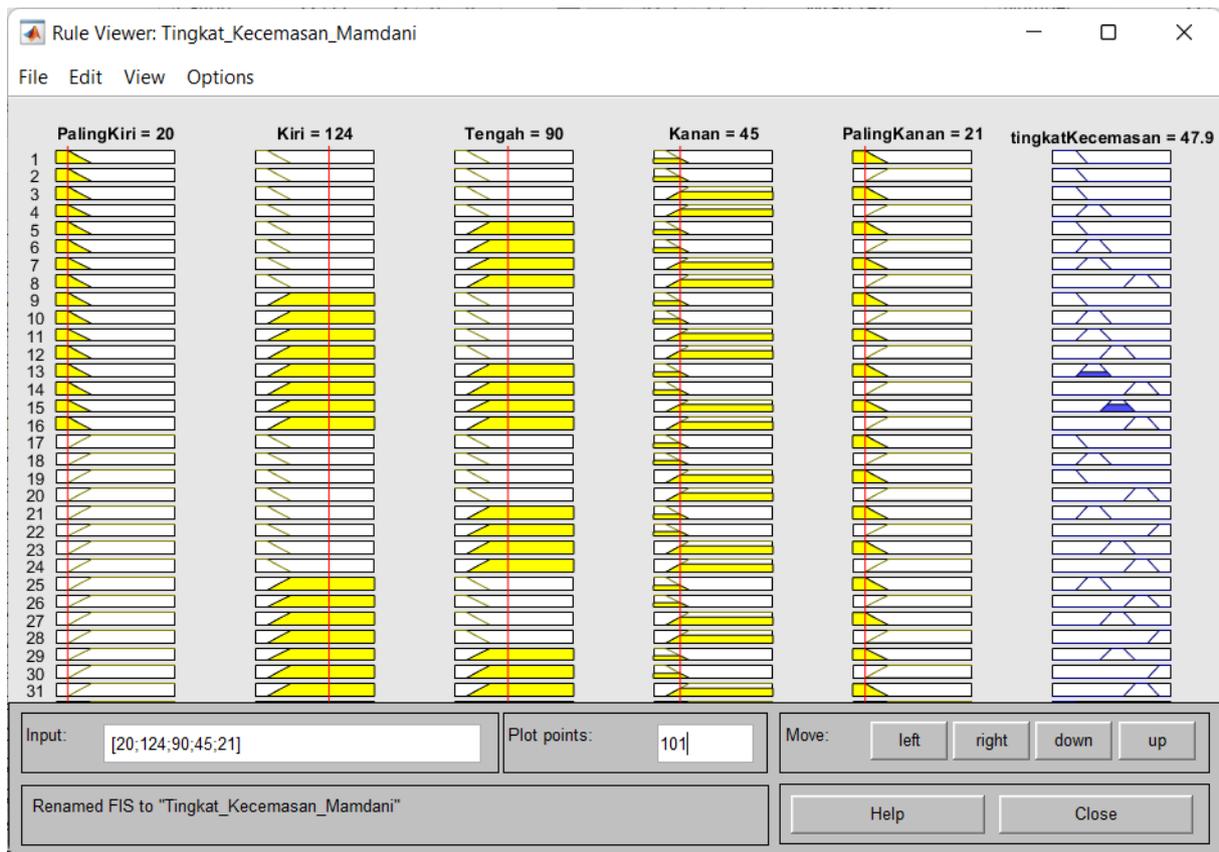
Perhitungan metode fuzzy Mamdani akan menggunakan bantuan aplikasi Matlab R2021a dengan Fuzzy Logic Designer pada Gambar 13 dalam perhitungannya dengan variabel-variabel yang didapatkan sebelumnya pada metode fuzzy Tsukamoto. Langkah pertama menentukan fungsi keanggotaan dari variabel-variabel input yang digunakan yaitu lima area Paling Kiri, Kiri, Tengah, Kanan dan Paling Kanan. Langkah kedua menentukan fungsi keanggotaan dari output tingkat kecemasan yaitu Tidak Ada, Ringan, Sedang, Berat dan Berat Sekali.

Berdasarkan pada Gambar 12 dengan mengambil sampel variabel sebelumnya yaitu Paling Kiri : 20, Kiri : 124, Tengah : 90, Kanan : 45, Paling Kanan : 21, maka hasil perhitungan dengan fuzzy Mamdani dihasilkan nilai Tingkat Kecemasan 47,9 dengan tingkat Kecemasan Sedang.

G. Uji Akurasi dengan Confusion Matrix

Pada pengujian sistem ini, akan membandingkan hasil keputusan yang dibuat oleh sistem dengan hasil keputusan pengamatan oleh ahli dengan data sampel sebanyak 64 responden yang telah mengikuti penilaian mandiri kecemasan mahasiswa. Perhitungan *confusion matrix* yang harus digunakan adalah *confusion matrix multiclass* yang memiliki lima kelas.

Pada Accuracy dengan metode fuzzy tsukamoto menghasilkan akurasi sebesar 79,69% dan pada metode fuzzy mamdani sebesar 81,25%. Pada Precision dengan metode fuzzy tsukamoto menghasilkan nilai sesuai tingkat kecemasannya yaitu 0%; 81,81%; 97,22%; 46,67%; 0%, sedangkan dengan metode fuzzy mamdani menghasilkan nilai sesuai tingkat kecemasannya yaitu 0%; 90%; 86,96%; 42,86%; 0%. Pada Recall dengan metode fuzzy tsukamoto menghasilkan nilai sesuai tingkat kecemasannya yaitu 0%; 75%; 79,55%; 100%; 0%, sedangkan dengan metode fuzzy mamdani menghasilkan nilai sesuai tingkat kecemasannya yaitu 0%; 75%; 90,91%; 42,86%; 0%. Pada Recall dengan metode fuzzy tsukamoto menghasilkan nilai sesuai tingkat kecemasannya yaitu 0%; 75%; 79,55%; 100%; 0%, sedangkan dengan metode fuzzy mamdani menghasilkan nilai sesuai tingkat kecemasannya yaitu 0%; 75%; 90,91%; 42,86%; 0%. Pada F1-Score dengan metode fuzzy tsukamoto menghasilkan nilai sesuai tingkat kecemasannya yaitu 0%; 78,34%; 87,68%; 63,94%; 0%, sedangkan dengan metode fuzzy mamdani menghasilkan nilai sesuai tingkat kecemasannya yaitu 0%; 81,81%; 88,95%; 43%; 0%.



Gambar. 13. Hasil Proses Perhitungan Fuzzy Mamdani dengan Matlab

TABEL IV. CONFUSION MATRIX DENGAN FUZZY METODE TSUKAMOTO

Confusion Matrix		Keputusan Ahli					Total
		Tidak Ada	Ringan	Sedang	Berat	Berat Sekali	
Nilai Perhitungan Fuzzy Tsukamoto	Tidak Ada	0	2	0	0	0	2
	Ringan	1	9	1	0	0	11
	Sedang	0	1	35	0	0	36
	Berat	0	0	8	7	0	15
	Berat Sekali	0	0	0	0	0	0
Total		1	12	44	7	0	64

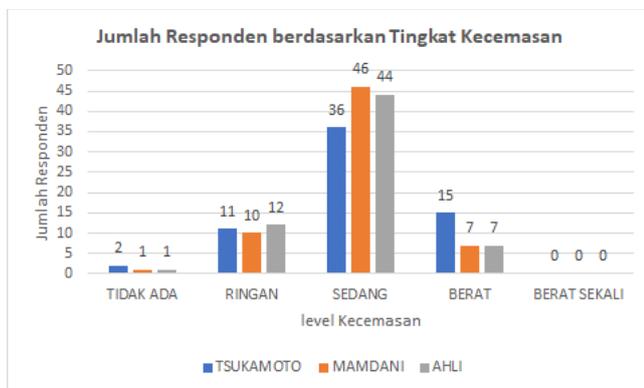
TABEL V. CONFUSION MATRIX DENGAN FUZZY METODE MAMDANI

Confusion Matrix		Keputusan Ahli					Total
		Tidak Ada	Ringan	Sedang	Berat	Berat Sekali	
Nilai Perhitungan Fuzzy Mamdani	Tidak Ada	0	1	0	0	0	1
	Ringan	1	9	0	0	0	10
	Sedang	0	2	40	4	0	46
	Berat	0	0	4	3	0	7
	Berat Sekali	0	0	0	0	0	0
Total		1	12	44	7	0	64

Dari penelitian ini dapat ditemukan korelasi antara gerakan mata dengan kecemasan yang dialami mahasiswa dengan validasi oleh ahli dengan persentase tertentu dari setiap metode *fuzzy* yang digunakan. Dari penelitian ini dari

64 responden berdasarkan *fuzzy* metode Tsukamoto ditemukan 2 orang tidak memiliki kecemasan, 11 orang mengalami kecemasan ringan, 36 orang mengalami kecemasan sedang, 15 orang mengalami kecemasan berat dan

tidak ada yang mengalami kecemasan berat sekali atau panik. Sedangkan dengan *fuzzy* metode Mamdani ditemukan 1 orang tidak memiliki kecemasan, 10 orang mengalami kecemasan ringan, 46 orang mengalami kecemasan sedang, 7 orang mengalami kecemasan berat dan tidak ada yang mengalami kecemasan berat sekali atau panik.



Gambar. 14. Jumlah Responden berdasarkan Tingkat Kecemasan

Tidak ditemukan level kecemasan berat sekali atau panik pada penelitian ini. Hal itu didasarkan pada artikel oleh [13] bahwa kepanikan terjadi secara tiba-tiba dalam beberapa menit jika seseorang mengalami ketakutan dan mencapai puncaknya sekitar 5-10 menit. Sedangkan pada penelitian ini posisi responden duduk dengan santai mengamati layar monitor. Maka hanya terdeteksi dari tidak ada kecemasan hingga level kecemasan berat saja.

Penggunaan metode FIS untuk menganalisis data rekaman gerakan mata dengan alat yang sederhana seperti Tobii Eye Tracker 5 dapat digunakan sebagai alternatif untuk melakukan pendeteksian kecemasan terhadap seseorang. Dibandingkan dengan penelitian-penelitian lainnya yang relevan yang penulis sebutkan sebelumnya seperti penggunaan sinyal EEG dan beberapa instrumen penilaian pribadi kecemasan seperti HARS, penelitian dengan alat *eye tracker* ini bisa dijadikan media pengganti atau dikolaborasi dengan metode pengambilan data lainnya untuk melakukan penelitian sejenis dengan studi kasus lainnya.

KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil penelitian di atas setelah dilakukan uji akurasi dengan cara membandingkan penilaian yang dilakukan oleh ahli dengan penilaian menggunakan sistem inferensi *fuzzy* menghasilkan unjuk kerja sistem dengan metode *fuzzy* tsukamoto sebesar 79,69% dan metode *fuzzy* mamdani sebesar 81,25%. Sehingga penggunaan metode *fuzzy* 1,56% lebih akurat untuk pengambilan keputusan dengan variabel masukan rekaman gerakan mata untuk menentukan tingkat kecemasan mahasiswa secara umum. Tetapi dalam penelitian ini masih perlu dikembangkan lagi dalam pembuatan sistem untuk meneliti kasus sejenis dengan memanfaatkan lebih banyak area dari desktop untuk mengetahui titik gerakan mata lebih presisi dan dapat menjangkau area vertikal tidak hanya area horizontal seperti yang penulis paparkan sebelumnya, sehingga sistem untuk mendeteksi kecemasan mahasiswa dapat bekerja lebih baik lagi.

REFERENSI

- [1] M. Y. Abror and L. Damayanti, "Dampak Multidimensi Covid-19 Uni Eropa," *J. Penelit. Polit.*, vol. 18, no. 7, pp. 1–14, 2021.
- [2] Nasrullah and L. Sulaiman, "Analisis Pengaruh COVID-19 Terhadap Kesehatan Mental Masyarakat di Indonesia," *Media Kesehat. Masy. Indones.*, vol. 20, no. 3, pp. 206–211, 2021.
- [3] Muhyiddin, "Covid-19, New Normal, dan Perencanaan Pembangunan di Indonesia," *J. Perenc. Pembang. Indones. J. Dev. Plan.*, vol. 4, no. 2, pp. 240–252, Jun. 2020, doi: 10.36574/jpp.v4i2.118.
- [4] R. Fauziyyah, R. C. Awinda, and B. Besral, "Dampak Pembelajaran Jarak Jauh terhadap Tingkat Stres dan Kecemasan Mahasiswa selama Pandemi COVID-19," *J. Biostat. Kependudukan, dan Inform. Kesehat.*, vol. 1, no. 2, p. 113, 2021, doi: 10.51181/bikfokes.v1i2.4656.
- [5] A. C. P. Harahap, D. P. Harahap, and S. R. Harahap, "Analisis Tingkat Stres Akademik Pada Mahasiswa Selama Pembelajaran Jarak Jauh Dimasa Covid-19," *Biblio Couns J. Kaji. Konseling dan Pendidik.*, vol. 3, no. 1, pp. 10–14, 2020, doi: 10.30596/bibliocouns.v3i1.4804.
- [6] A. M. F. Firoos, "Rendahya Interaksi Sosial Peserta Didik sebagai Dampak dari Pembelajaran Daring - Ayo Semarang - Halaman 3," 2021. <https://www.ayosemarang.com/netizen/pr-772093893/rendahya-interaksi-sosial-peserta-didik-sebagai-dampak-dari-pembelajaran-daring?page=3> (accessed Nov. 11, 2022).
- [7] V. Vivin, "Kecemasan dan motivasi belajar," *Pers. Psikol. Indones.*, vol. 8, no. 2, pp. 240–257, 2019, doi: 10.30996/persona.v8i2.2276.
- [8] T. Jin, G. Li, and L. Lei, "Pupil and blink detection algorithms for wearable eye tracking system," 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1592196/v1>
- [9] M. Cognolato, M. Atzori, and H. Müller, "Head-mounted eye gaze tracking devices: An overview of modern devices and recent advances," *J. Rehabil. Assist. Technol. Eng.*, vol. 5, p. 205566831877399, 2018, doi: 10.1177/2055668318773991.
- [10] C. Jyotsna and J. Amudha, "Eye Gaze as an Indicator for Stress Level Analysis in Students," 2018 *Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Informatics, ICACCI 2018*, pp. 1588–1593, 2018, doi: 10.1109/ICACCI.2018.8554715.
- [11] Fauzan, "Ada 7 Alasan, Mengapa Menggunakan Logika Fuzzy - Kita Informatika," 2020. <http://www.kitainformatika.com/2020/08/ada-7-alasan-mengapa-menggunakan-logika.html> (accessed Dec. 19, 2022).
- [12] A. L. Santamaría, O. Masot, O. C. Velez, T. Botigué, T. C. Sánchez, and J. Roca, "Diagnostic Concordance between the Visual Analogue Anxiety Scale (VAS-A) and the State-Trait Anxiety Inventory (STAI) in Nursing Students during the COVID-19 Pandemic," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 19, no. 12, 2022, doi: 10.3390/ijerph19127053.
- [13] A. Emamzadeh, "Panic Attacks: Nature, Types, and Symptoms | Psychology Today," 2018. <https://www.psychologytoday.com/intl/blog/finding-new-home/201808/panic-attacks-nature-types-and-symptoms> (accessed Dec. 19, 2022).