



PREDIKSI GANGGUAN TIDUR PADA USIA PRODUKTIF MENGGUNAKAN METODE FUZZY MAMDANI

Akhmad Azrul Arsyadhany¹, Muhammad Naufal Dzaki Adani², Muhammad Rizki Darmawan³ dan Anggraini Puspita Sari^{4*}

Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur

Email : 23081010281@student.upnjatim.ac.id¹, 23081010130@student.upnjatim.ac.id², 23081010238@student.upnjatim.ac.id³ dan anggraini.puspita.if@upnjatim.ac.id^{4*}

Abstrak

Gangguan tidur merupakan masalah kesehatan yang kerap terjadi pada usia produktif, namun sering kali tidak terdeteksi karena gejalanya yang bersifat subjektif dan bervariasi. Faktor gaya hidup seperti durasi dan kualitas tidur, tingkat stres, indeks massa tubuh (BMI), serta aktivitas fisik harian berperan besar dalam memengaruhi kondisi tidur seseorang. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem prediksi gangguan tidur berbasis metode *Fuzzy Mamdani* yang mampu menangani ketidakpastian data dan memberikan hasil yang dapat diinterpretasikan secara linguistik. Sistem dibangun dengan lima variabel input dan menghasilkan prediksi yang diklasifikasikan ke dalam tiga kategori gangguan tidur: *None*, *Sleep Apnea*, dan *Insomnia*. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi terhadap label aktual menggunakan *confusion matrix* dan matrix klasifikasi, termasuk akurasi. Hasil menunjukkan bahwa sistem berhasil mencapai akurasi sebesar 71%, dengan distribusi prediksi terbanyak pada kategori *None*. Penelitian ini membuktikan bahwa metode *Fuzzy Mamdani* dapat digunakan sebagai pendekatan alternatif dalam prediksi gangguan tidur berbasis data gaya hidup, serta memberikan keunggulan dalam hal interpretabilitas dan fleksibilitas sistem untuk mendukung deteksi dini gangguan tidur pada individu usia produktif.

Kata Kunci: Prediksi Gangguan Tidur, *Fuzzy Inference System Mamdani*, Gaya Hidup

Abstract

Sleep disorders are a common health issue among individuals in their productive age, yet they often go undetected due to their subjective and varied symptoms. Lifestyle factors such as sleep duration and quality, stress level, body mass index (BMI), and daily physical activity play a significant role in influencing one's sleep condition. This study aims to develop a sleep disorder prediction system based on the Mamdani Fuzzy Inference System, which is capable of handling data uncertainty and

Article History

Received: Juni 2025

Reviewed: Juni 2025

Published: Juni 2025

Plagiarism Checker No 234

Prefix DOI : Prefix DOI :
10.8734/Kohesi.v1i2.365

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



providing interpretable linguistic outputs. The system utilizes five input variables and produces predictions classified into three sleep disorder categories: None, Sleep Apnea, and Insomnia. Evaluation was conducted by comparing the predicted results with actual labels using a confusion matrix and classification metrics, including accuracy. The results showed that the system achieved an accuracy of 71%, with most predictions falling into the None category. This study demonstrates that the Mamdani Fuzzy method can serve as an alternative approach for predicting sleep disorders based on lifestyle data, offering advantages in both system interpretability and flexibility to support early detection of sleep disorders among productive-age individuals.

Keywords: Sleep Disorder Prediction, Mamdani Fuzzy Inference System, Lifestyle

PENDAHULUAN

Prediksi gangguan tidur pada usia produktif (20–59 tahun) menjadi hal penting karena kelompok ini berada dalam fase kehidupan yang menuntut stabilitas fisik dan mental untuk mendukung produktivitas. Kesehatan tidur sangat dipengaruhi oleh berbagai kebiasaan harian, seperti durasi tidur, kualitas tidur, aktivitas fisik, dan indikator fisiologis lainnya seperti detak jantung serta indeks massa tubuh. Gangguan tidur pada usia ini sering kali tidak disadari dan dianggap sepele, padahal dapat berdampak pada peningkatan risiko stres kronis, kelelahan berkepanjangan, serta gangguan metabolik. Oleh karena itu, pemantauan pola tidur berbasis indikator gaya hidup menjadi langkah awal yang krusial untuk mendeteksi potensi gangguan secara preventif (Park et al., 2024).

Metode Fuzzy Mamdani merupakan pendekatan yang sangat sesuai untuk menangani permasalahan yang berkaitan dengan perilaku manusia yang kompleks dan sulit diukur secara pasti, seperti gangguan tidur. Sistem ini bekerja dengan mengubah data numerik atau kualitatif menjadi bentuk linguistik, seperti “tinggi”, “rendah”, atau “sedang”, kemudian diproses melalui aturan berbasis logika *if-then*, dan diakhiri dengan proses *defuzzifikasi* untuk menghasilkan keluaran yang dapat dipahami. Dalam studi ini, metode ini digunakan untuk mengolah berbagai variabel gaya hidup yang mempengaruhi kualitas tidur, seperti durasi dan kualitas tidur, tingkat aktivitas fisik harian, indeks massa tubuh (BMI), tingkat stres, serta detak jantung. Athiyah et al. (2021) menyatakan bahwa sistem inferensi *fuzzy* dapat bekerja tanpa memerlukan data pelatihan seperti pada metode machine learning, karena logikanya bersumber dari aturan pakar, sehingga cocok digunakan dalam konteks prediksi berbasis gaya hidup yang bersifat individual. Dengan pendekatan ini, sistem dapat menyimpulkan kondisi tidur seseorang misalnya terganggu atau normal secara lebih fleksibel dan menyerupai cara pikir manusia, meskipun input yang diterima bersifat tidak pasti atau tidak terstandarisasi (Radja et al., 2020).

Metode Fuzzy Mamdani memiliki kelebihan utama dalam kemampuannya untuk memodelkan hubungan antar variabel yang tidak tegas secara matematis namun relevan secara logis, seperti variabel gaya hidup. Selain itu, metode ini fleksibel dalam penggunaan karena tidak membutuhkan data berlabel dalam jumlah besar dan dapat diimplementasikan untuk berbagai jenis input yang bersifat linguistik maupun numerik. Dalam konteks prediksi gangguan tidur, metode ini memungkinkan sistem untuk menyerap informasi subjektif dari



pengguna dan mengubahnya menjadi skor kondisi tidur yang bermakna. Menurut Radja et al. (2020), metode ini sangat bermanfaat dalam sistem pengambilan keputusan yang tidak memiliki batasan klasifikasi yang ketat, terutama ketika pengamatan secara klinis tidak dapat dilakukan secara langsung (Radja et al., 2020).

Seluruh variabel dalam studi ini bersifat subjektif dan tidak selalu memiliki batas nilai yang pasti, seperti tingkat stres atau kualitas tidur, sehingga menjadikan metode *Fuzzy Mamdani* sebagai pendekatan yang tepat untuk mengelola data dengan ketidakpastian. *Fuzzy Mamdani* mampu memproses input berbasis gaya hidup yang bersifat linguistik dan numerik melalui aturan-aturan logika yang meniru cara berpikir manusia. Dalam konteks penelitian ini, metode tersebut memungkinkan klasifikasi kondisi tidur seseorang berdasarkan kombinasi variabel seperti durasi tidur, detak jantung, BMI, dan tingkat stres. Penelitian sebelumnya dalam jurnal *Prediction of Good Sleep with Physical Activity and Light Exposure: A Preliminary Study* lebih terbatas karena hanya menggunakan dua variabel utama yaitu aktivitas fisik dan pencahayaan, serta mengandalkan pendekatan *machine learning* untuk memprediksi efisiensi tidur (Park et al., 2024). Studi ini menawarkan pendekatan yang lebih holistik dan interpretatif karena mempertimbangkan faktor psikologis seperti stres dan menerapkan logika *fuzzy* untuk menangkap kompleksitas nyata dalam perilaku tidur manusia. Dengan demikian, penelitian ini mengisi kekosongan dalam kajian prediksi gangguan tidur berbasis gaya hidup yang belum tersentuh secara menyeluruh oleh penelitian (Radja et al., 2020).

LANDASAN TEORI

A. Insomnia

Insomnia merupakan salah satu gangguan tidur yang paling umum, ditandai dengan kesulitan untuk mulai tidur, tetap tertidur, atau sering terbangun terlalu dini tanpa bisa kembali tidur. Kondisi ini dianggap kronis jika terjadi setidaknya tiga kali seminggu selama lebih dari tiga bulan dan berdampak negatif terhadap aktivitas siang hari, seperti menurunnya konsentrasi, energi, serta produktivitas. Insomnia dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk stress emosional, gaya hidup yang tidak seimbang, kurangnya aktivitas fisik, serta kondisi kesehatan seperti kelebihan berat badan dan peningkatan detak jantung saat istirahat. Kualitas tidur dan durasi tidur yang tidak optimal sering menjadi gejala utama yang terlihat, sementara tekanan psikologis, indeks massa tubuh (BMI), tingkat aktivitas harian, dan ritme jantung turut berperan sebagai indikator yang berkaitan erat dengan kemungkinan munculnya gangguan ini. Dalam beberapa penelitian, kombinasi antara gejala fisik dan perilaku sehari-hari ini digunakan untuk memahami kecenderungan seseorang mengalami gangguan tidur seperti insomnia (Smith et al., 2023).

B. Sleep Apnea

Sleep Apnea merupakan gangguan tidur yang terjadi ketika pernapasan seseorang terhenti secara berulang selama tidur akibat sumbatan pada saluran pernapasan atas. Jenis yang paling umum adalah *Obstructive Sleep Apnea (OSA)*, yang sering dikaitkan dengan gejala seperti dengkur keras, napas terengah-engah saat tidur, kelelahan di siang hari, dan gangguan konsentrasi. Kondisi ini dapat menyebabkan kualitas tidur yang buruk meskipun durasi tidur tampak cukup. Beberapa faktor risiko yang diketahui mempengaruhi kejadian sleep apnea antara lain adalah kelebihan berat badan (*obesitas*), *stres kronis*, dan kurangnya *aktivitas fisik*. Penelitian juga menunjukkan bahwa individu dengan indeks massa tubuh (BMI) tinggi memiliki



kecenderungan lebih besar mengalami penyempitan saluran napas saat tidur. Selain itu, detak jantung yang tidak stabil dan pola tidur yang terganggu menjadi indikator umum yang sering menyertai gangguan ini. Aktivitas fisik yang rutin dan pengelolaan stres diketahui dapat membantu menurunkan risiko sleep apnea secara tidak langsung dengan menjaga berat badan ideal dan meningkatkan efisiensi tidur (E. I. Saputra & Utomo, 2023).

C. Aktivitas Fisik

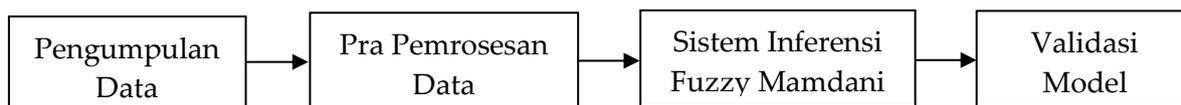
Aktivitas fisik merupakan komponen esensial dalam gaya hidup sehat yang berkontribusi signifikan terhadap pencegahan penyakit kronis dan peningkatan kualitas hidup. Organisasi Kesehatan Dunia (*WHO*) merekomendasikan agar orang dewasa melakukan setidaknya 150–300 menit aktivitas fisik aerobik intensitas sedang, atau 75–150 menit aktivitas intensitas tinggi per minggu, serta aktivitas penguatan otot dua kali seminggu atau lebih (Bull et al., 2020). Di era digital saat ini, jumlah langkah harian menjadi indikator sederhana namun efektif dalam memantau tingkat aktivitas fisik. Hasil telaah sistematis terbaru menunjukkan bahwa peningkatan 500–1000 langkah per hari berkorelasi dengan penurunan risiko mortalitas total dan kejadian kardiovaskular, dengan manfaat kesehatan mulai terlihat sejak 3.826 langkah per hari dan mencapai puncak sekitar 9.826 langkah per hari (Xu et al., 2024). Oleh karena itu, baik aktivitas fisik dalam bentuk olahraga maupun akumulasi langkah harian melalui aktivitas rutin, keduanya sangat penting dalam menunjang kebugaran dan mencegah berbagai gangguan metabolik serta degeneratif.

D. Kualitas Tidur

Tidur merupakan proses fisiologis yang penting untuk menjaga kesehatan optimal. Durasi tidur yang direkomendasikan untuk orang dewasa berkisar antara 7–9 jam per malam, dengan variasi tergantung usia dan kondisi individu. Tidak hanya kuantitas, kualitas tidur juga memegang peranan penting. Studi sistematis oleh Gao et al. (2022) menunjukkan bahwa durasi tidur yang terlalu pendek (≤ 6 jam) atau terlalu panjang (≥ 9 jam), serta kualitas tidur yang buruk, berkaitan signifikan dengan peningkatan risiko berbagai gangguan kesehatan seperti *obesitas*, *diabetes mellitus*, penyakit *kardiovaskular*, *stroke*, dan peningkatan angka kematian secara umum. Penurunan kualitas tidur juga dikaitkan dengan peningkatan inflamasi sistemik, disregulasi hormon, serta gangguan fungsi metabolik, yang secara keseluruhan dapat berdampak pada penurunan tingkat kesehatan secara menyeluruh (Gao et al., 2022).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan melalui serangkaian proses terstruktur yang mencakup pengumpulan data, pra-pemrosesan, pengembangan sistem prediksi gangguan tidur berbasis *fuzzy Mamdani*, serta evaluasi hasil prediksi terhadap label aktual yang tersedia dalam dataset. Sistem inferensi *fuzzy* dirancang untuk menghasilkan nilai skor risiko gangguan tidur berdasarkan indikator gaya hidup dan kondisi fisiologis harian, seperti durasi tidur, kualitas tidur, tingkat stres, aktivitas fisik, dan indeks massa tubuh (BMI). Evaluasi model dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi *fuzzy* terhadap kategori gangguan tidur aktual menggunakan metrik kuantitatif seperti *confusion matrix* dan *classification report*, serta visualisasi distribusi prediksi. Diagram alur penelitian yang menggambarkan tahapan metodologi secara keseluruhan ditampilkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

A. Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan *Sleep Health and Lifestyle* Dataset yang diperoleh dari platform *Kaggle* dan terdiri atas 374 entri data individu dewasa dengan rentang usia antara 20 hingga 59 tahun. Dataset ini memuat informasi terkait kebiasaan tidur, aktivitas fisik, status fisiologis, serta faktor gaya hidup lainnya. Dalam pengembangan sistem inferensi *fuzzy* Mamdani, digunakan lima variabel utama sebagai input, yaitu durasi tidur (jam per malam), kualitas tidur (skala subjektif 1–10), tingkat stres (skala subjektif 1–10), aktivitas fisik harian (menit per hari), dan kategori indeks massa tubuh (BMI). Seluruh data digunakan secara menyeluruh tanpa pembagian data latih dan uji maupun proses penyaringan tambahan. Sementara itu, variabel *sleep_disorder* digunakan sebagai label target (*ground truth*) dalam proses validasi prediksi, yang terdiri dari tiga kategori, yaitu *None* (tidak mengalami gangguan tidur), *Sleep Apnea*, dan *Insomnia*. Distribusi kelas gangguan tidur dalam dataset ditampilkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Distribusi Kelas Gangguan Tidur Dalam Dataset

Kategori Gangguan Tidur	Jumlah Data	Persentase (%)
None	219	58.56
Sleep Apnea	78	20.86
Insomnia	77	20.59
Total	374	100

B. Pra-pemrosesan Data

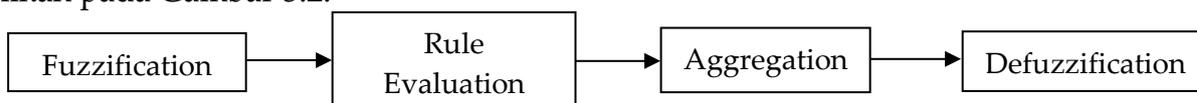
Tahap pra-pemrosesan data dilakukan untuk menyiapkan dataset sebelum digunakan dalam sistem inferensi *fuzzy*. Proses ini dilaksanakan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan bantuan pustaka *pandas* untuk manipulasi data dan *numpy* untuk operasi numerik. Langkah awal pra-pemrosesan adalah menangani nilai kosong (*missing value*) pada kolom *sleep_disorder* dengan menggantinya menjadi “None” menggunakan fungsi *fillna()*, guna menghindari error saat pemetaan label. Selanjutnya, dilakukan transformasi data kategorik menjadi numerik. Pada kolom BMI *Category*, nilai-nilai seperti “Normal”, “Normal Weight”, “Overweight”, dan “Obese” dipetakan ke nilai numerik 1.0, 0.9, 0.5, dan 0.2 secara berturut-turut menggunakan fungsi *map()* dan disimpan dalam kolom baru *bmi_numeric*. Pemilihan nilai ini mempertimbangkan representasi *fuzzy* dari tingkat kesehatan berdasarkan kategori BMI. Selain itu, label target *sleep_disorder* juga dikonversi ke bentuk numerik melalui pemetaan: *None* = 0, *Sleep Apnea* = 1, dan *Insomnia* = 2, dan hasilnya disimpan pada kolom *disorder_numeric*. Proses ini tidak melibatkan normalisasi, diskritisasi tambahan, atau pembagian data karena seluruh data digunakan secara utuh (n=374) dalam prediksi dan evaluasi model. Hasil dari tahap ini disimpan dalam variabel *df* yang tetap berada di dalam memori dan digunakan pada tahapan selanjutnya.

C. Sistem Inferensi Fuzzy Mamdani

Proses prediksi gangguan tidur dalam penelitian ini dilakukan menggunakan sistem



inferensi fuzzy Mamdani, yang terdiri atas empat tahapan utama, yaitu *fuzzification*, *rule evaluation*, *aggregation*, dan *defuzzification*. Sistem ini diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan bantuan pustaka *scikit-fuzzy*, khususnya modul control, yang menyediakan kelas dan fungsi untuk mendefinisikan variabel fuzzy (*Antecedent*, *Consequent*), fungsi keanggotaan (*trimf*), serta aturan fuzzy (*ctrl.Rule*). Nilai keluaran dari sistem fuzzy berupa skor numerik pada rentang 0 hingga 100, yang kemudian diklasifikasikan menjadi tiga kelas linguistik gangguan tidur: *None* (0–30), *Sleep Apnea* (31–65), dan *Insomnia* (66–100). Klasifikasi ini dilakukan menggunakan struktur kondisional if pada kode program. Diagram alur sistem inferensi fuzzy Mamdani yang menggambarkan tahapan tersebut secara menyeluruh ditampilkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2. Alur Proses Sistem FIS Mamdani

Tahapan pertama, *fuzzification*, merupakan proses mengubah data input numerik menjadi derajat keanggotaan pada masing-masing fungsi keanggotaan fuzzy. Dalam sistem ini, terdapat lima variabel input, yaitu durasi tidur (*sleep_duration*), kualitas tidur (*sleep_quality*), tingkat stres (*stress_level*), kategori BMI (*bmi_category*), dan aktivitas fisik (*physical_activity_minutes_per_day*). Masing-masing variabel memiliki tiga fungsi keanggotaan berbentuk segitiga (*trimf*) yang mencerminkan nilai rendah, sedang, dan tinggi (atau kategori sepadan seperti pendek, baik, *overweight*, dsb.). Variabel output berupa tingkat risiko gangguan tidur (*sleep_disorder_risk*) juga memiliki tiga fungsi keanggotaan linguistik: *none*, *sleep_apnea*, dan *insomnia*. Rincian lengkap fungsi keanggotaan untuk seluruh variabel ditampilkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2. Fungsi keanggotaan fuzzy untuk variabel input dan output

No	Variabel	Label	Range (a,b,c)
1.	Sleep Duration (Jam)	Pendek	(5.0, 5.0, 6.5)
		Sedang	(6.0, 7.0, 8.5)
		Panjang	(7.5, 8.5, 9.0)
2.	Sleep Quality	Buruk	(1, 1, 5)
		Sedang	(4, 6, 8)
		Baik	(7, 10, 10)
3.	Stress Level	Rendah	(1, 1, 4)
		Sedang	(3, 5, 7)
		Tinggi	(6, 10, 10)
4.	BMI Category	Normal	(0.8, 1.0, 1.0)
		Overweight	(0.3, 0.5, 0.7)
		Obese	(0.0, 0.2, 0.4)
5.	Physical Activity	Rendah	(20, 20, 45)
		Sedang	(40, 60, 80)
		Tinggi	(70, 95, 95)
6.	Sleep Disorder (Output)	None	(0, 0, 30)
		Sleep Apnea	(25, 70, 75)
		Insomnia	(60, 100, 100)



Setelah nilai input *defuzzifikasi*, tahap selanjutnya adalah *rule evaluation*, yaitu proses mengevaluasi aturan-aturan *fuzzy* berdasarkan kombinasi kondisi dari input yang diberikan. Aturan *fuzzy* ditulis dalam bentuk *if-then* menggunakan fungsi *ctrl.Rule* dari pustaka *scikit-fuzzy*, dengan total sebanyak 22 aturan yang dirumuskan berdasarkan kombinasi logis antara variabel input dan hasil analisis distribusi data. Contoh aturan yang digunakan adalah:

IF stress_level tinggi *AND* sleep_quality buruk *THEN* sleep_disorder_risk insomnia

Setiap aturan menghasilkan nilai output *fuzzy* berdasarkan operator *AND* (min) untuk menggabungkan premis, dan nilai tersebut kemudian digunakan untuk membentuk output *fuzzy*. Seluruh aturan *fuzzy* yang digunakan dalam sistem ini ditampilkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Aturan Fuzzy Mamdani

No	Sleep Duration	Sleep Quality	Stress Level	BMI Category	Physical Activity	Sleep Disorder
1.	Panjang	Baik	Rendah	Normal	Tinggi	None
2.	Panjang	Sedang	Rendah	Normal	Tinggi	None
3.	Panjang	Sedang	Sedang	Normal	Sedang	None
4.	Panjang	Baik	Rendah	Overweight	Tinggi	None
5.	Panjang	Baik	Sedang	Overweight	Tinggi	None
6.	Panjang	Sedang	Sedang	Obese	Sedang	Sleep Apnea
7.	Panjang	Buruk	Tinggi	Overweight	Rendah	Sleep Apnea
8.	Panjang	Buruk	Sedang	Obese	Rendah	Sleep Apnea
9.	Sedang	Sedang	Tinggi	Obese	Rendah	Sleep Apnea
10.	Sedang	Baik	Sedang	Normal	Sedang	None
11.	Sedang	Sedang	Rendah	Normal	Tinggi	None
12.	Sedang	Baik	rendah	Normal	Tinggi	None
13.	Sedang	Buruk	Tinggi	Obese	Sedang	Sleep Apnea
14.	Sedang	Buruk	Sedang	Obese	Rendah	Sleep Apnea
15.	Sedang	Buruk	Tinggi	Overweight	Rendah	Insomnia
16.	Sedang	Buruk	Tinggi	Overweight	Sedang	Insomnia
17.	Pendek	Baik	Rendah	Normal	Rendah	None
18.	Pendek	Buruk	Tinggi	Normal	Rendah	Insomnia
19.	Pendek	Buruk	Sedang	Overweight	Rendah	Insomnia
20.	Pendek	Sedang	Tinggi	Overweight	Sedang	Insomnia
21.	Pendek	Sedang	Sedang	Normal	Rendah	Insomnia
22.	Pendek	Baik	Sedang	Normal	Sedang	None

Tahapan *aggregation* dilakukan untuk menggabungkan seluruh output *fuzzy* yang dihasilkan dari aturan-aturan yang aktif. Metode agregasi yang digunakan adalah maximum (*union*), yaitu mengambil nilai maksimum dari semua derajat keanggotaan pada domain variabel output. Secara matematis, proses agregasi didefinisikan pada Persamaan 3.1 Fungsi agregasi maksimum:

$$\mu_{aggregated}(y) = \max(\mu_{R_1}(y), \mu_{R_2}(y), \dots, \mu_{R_n}(y)) \quad (3.1)$$



di mana $\mu_{Ri}(y)$ adalah fungsi keanggotaan dari aturan ke- i . Proses ini secara otomatis dilakukan oleh objek *Control System Simulation* dari pustaka *scikit-fuzzy*.

Langkah terakhir adalah defuzzification, yaitu mengubah output *fuzzy* yang telah diagregasi menjadi nilai *crisp* (numerik) yang merepresentasikan skor prediksi gangguan tidur. Metode *defuzzifikasi* yang digunakan adalah *Centroid (Center of Gravity)*, yang menghitung titik keseimbangan dari area fungsi keanggotaan gabungan. Persamaan yang digunakan dalam metode centroid seperti pada Persamaan 3.2 Metode defuzzifikasi centroid.

$$y^* = \frac{\int y \cdot \mu(y) dy}{\int \mu(y) dy} \quad (3.2)$$

Dengan y^* merupakan nilai output *crisp*, dan $\mu(y)$ adalah derajat keanggotaan *fuzzy* untuk nilai pada output. Fungsi defuzzifikasi ini dieksekusi melalui pemanggilan metode `.compute()` pada objek *Control System Simulation* dari pustaka *scikit-fuzzy*. Nilai hasil defuzzifikasi kemudian dikategorikan ke dalam tiga kelas menggunakan blok `if` untuk keperluan evaluasi.

D. Validasi Model

Validasi dilakukan untuk mengukur sejauh mana sistem inferensi *fuzzy* Mamdani yang dikembangkan mampu memprediksi gangguan tidur secara akurat dibandingkan dengan data aktual. Nilai prediksi yang dihasilkan oleh sistem *fuzzy* berupa label diskrit (0: *None*, 1: *Sleep Apnea*, 2: *Insomnia*) disimpan dalam kolom `predicted_disorder`, kemudian dibandingkan dengan label aktual dari dataset (`disorder_numeric`) yang diperoleh melalui konversi langsung dari kolom `sleep_disorder`. Seluruh data sebanyak 374 entri digunakan secara utuh dalam proses evaluasi, tanpa dilakukan pembagian train-test ataupun pemfilteran tambahan.

Evaluasi dilakukan secara kuantitatif menggunakan beberapa metrik klasifikasi, yaitu *akurasi*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Perhitungan metrik-metrik ini dilakukan menggunakan pustaka *scikit-learn*, khususnya dengan memanfaatkan fungsi `accuracy_score()`, `classification_report()`, dan `confusion_matrix()` dari modul `sklearn.metrics`. Selain itu, hasil evaluasi dikemas dalam format tabel yang informatif menggunakan pustaka *tabulate*, yang memungkinkan pencetakan *classification report* dalam bentuk tabel grid yang rapi dan mudah dibaca. Sebagai tambahan, matriks kebingungan (*confusion matrix*) juga digunakan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai distribusi prediksi model terhadap label aktual. Metrik ini memperlihatkan jumlah prediksi benar dan salah untuk setiap kelas gangguan tidur, dan menjadi salah satu alat bantu utama dalam mengidentifikasi pola kesalahan klasifikasi yang mungkin terjadi antar kelas. Evaluasi ini menjadi langkah penting untuk menilai validitas dan efektivitas sistem prediksi yang dibangun, sebelum dilakukan pembahasan lebih lanjut pada bab berikutnya.

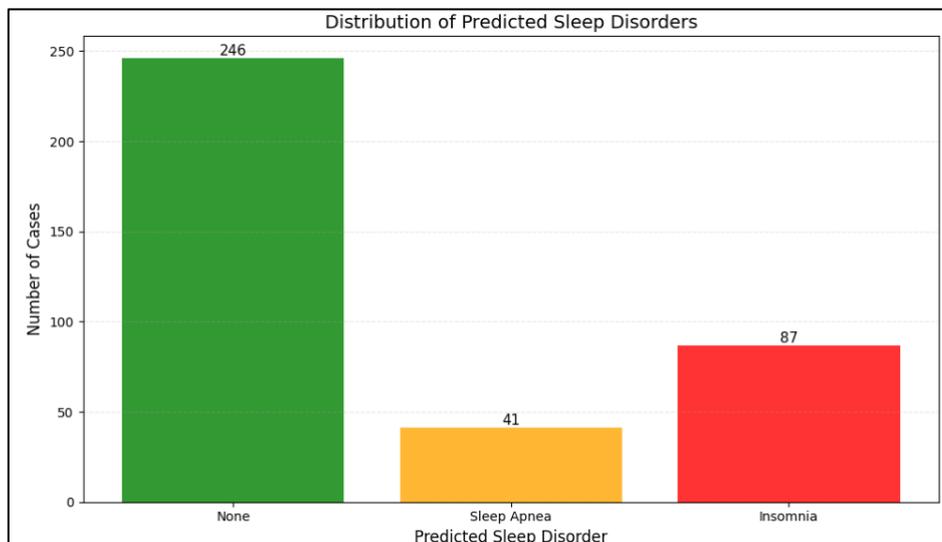
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Prediksi Sistem Fuzzy

Sistem inferensi *fuzzy* Mamdani yang dikembangkan dalam penelitian ini telah dijalankan untuk memproses seluruh data sebanyak 374 entri. Setiap entri diklasifikasikan ke dalam salah satu dari tiga kategori gangguan tidur, yaitu *None*, *Sleep Apnea*, dan *Insomnia*, berdasarkan kombinasi nilai input seperti durasi tidur, kualitas tidur, tingkat stres, kategori BMI, dan



aktivitas fisik harian. Hasil prediksi menunjukkan bahwa sebanyak 246 entri diprediksi tidak mengalami gangguan tidur (*None*), 41 entri diprediksi mengalami *Sleep Apnea*, dan 87 entri diprediksi mengalami *Insomnia*. Distribusi hasil prediksi ini divisualisasikan dalam bentuk diagram batang pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Distribusi hasil prediksi sistem fuzzy

Pada Gambar 4.2 menampilkan sampel hasil prediksi dari masing-masing kategori gangguan tidur untuk memberikan gambaran konkret terhadap output sistem. Setiap sampel terdiri dari lima parameter input beserta hasil prediksi yang dihasilkan sistem. Contoh tersebut menunjukkan bahwa variasi nilai pada parameter seperti durasi tidur, kualitas tidur, tingkat stres, kategori BMI, dan aktivitas fisik harian memengaruhi keputusan akhir sistem dalam menentukan kategori gangguan tidur. Meskipun tidak semua prediksi memiliki karakteristik input yang ekstrem, pola kombinasi nilai parameter tetap berperan penting dalam keputusan klasifikasi oleh sistem fuzzy Mamdani.

Sample Predictions:			
Parameter	Predicted None	Predicted Sleep Apnea	Predicted Insomnia
Sleep Duration	6.1	5.9	6.5
Sleep Quality	6	4	5
Stress Level	6	8	7
BMI Numeric	0.5	0.2	0.9
Physical Activity	42	30	40
Predicted	None	Sleep Apnea	Insomnia
Actual	None	Sleep Apnea	Insomnia

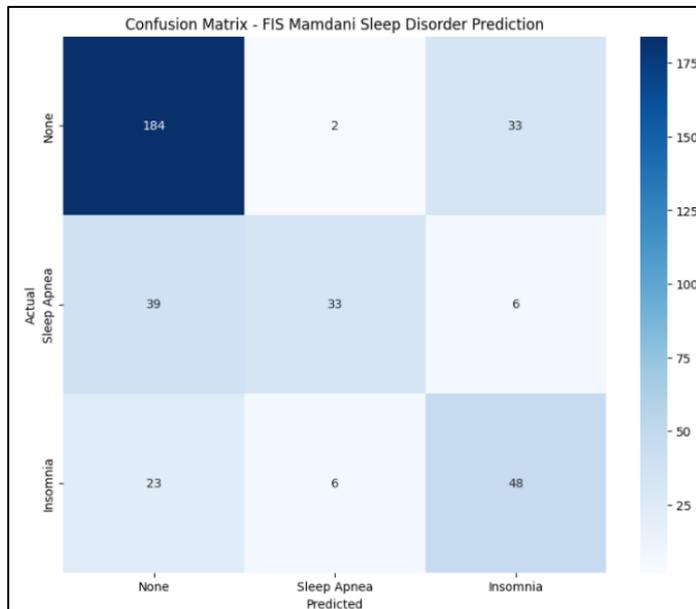
Gambar 4.2 Sampel Hasil Prediksi Gangguan Tidur

B. Validasi Hasil Prediksi

Evaluasi performa sistem inferensi *fuzzy* Mamdani dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi (*predicted_disorder*) terhadap label aktual (*disorder_numeric*) yang tersedia dalam dataset. Sebanyak 374 data digunakan secara utuh dalam proses ini. Berdasarkan *confusion matrix* yang ditampilkan pada Gambar 4.3, diketahui bahwa dari 219 data aktual berlabel *None*,



sebanyak 184 data berhasil diprediksi dengan benar, 33 data salah diklasifikasikan sebagai *Insomnia*, dan 2 lainnya sebagai *Sleep Apnea*. Sementara itu, untuk kategori *Sleep Apnea*, hanya 33 dari 78 data yang berhasil diprediksi dengan tepat, sedangkan sisanya sebagian besar salah dipetakan ke dalam kelas *None*. Pada kategori *Insomnia*, terdapat 48 prediksi yang benar dari total 77 data aktual, dengan sebagian kecil salah diklasifikasikan ke dalam kelas lain.



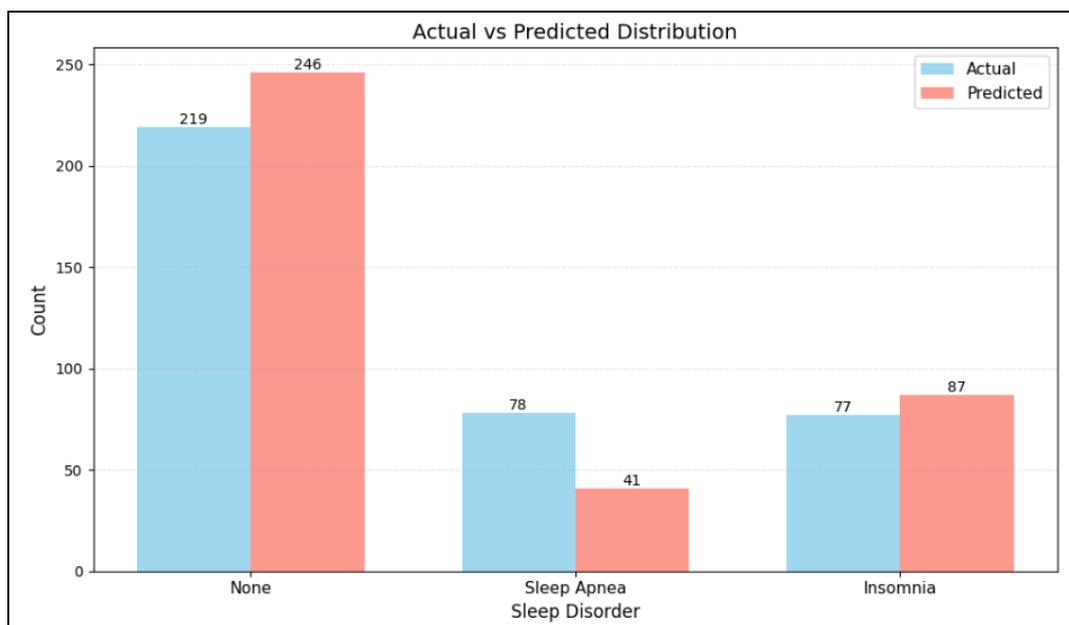
Gambar 4.3 Confusion Matrix Hasil Prediksi Gangguan Tidur

Hasil evaluasi kuantitatif yang lebih rinci ditampilkan dalam bentuk classification report pada Gambar 4.4, yang mencakup metrik precision, recall, dan F1-score untuk masing-masing kelas. Kelas *None* memperoleh performa terbaik secara keseluruhan dengan F1-score sebesar 0.79, diikuti oleh *Insomnia* dengan F1-score sebesar 0.59, sementara performa terendah dicapai oleh kategori *Sleep Apnea*, yang hanya memperoleh F1-score sebesar 0.55. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem memiliki kesulitan dalam mengenali karakteristik khas dari gangguan tidur jenis *Sleep Apnea*. Selain itu, classification report juga menampilkan nilai akurasi sistem sebesar 0.71 atau setara dengan 71%, yang menunjukkan bahwa sekitar tujuh dari sepuluh prediksi yang dihasilkan oleh sistem fuzzy sesuai dengan label gangguan tidur yang sebenarnya. Secara umum, rata-rata makro menunjukkan nilai precision 0.70, recall 0.63, dan F1-score 0.64, sedangkan rata-rata berbobot (weighted average) menunjukkan F1-score sebesar 0.70.

Classification Report:				
Class	Precision	Recall	F1-Score	Support
None	0.75	0.84	0.79	219.00
Sleep Apnea	0.80	0.42	0.55	78.00
Insomnia	0.55	0.62	0.59	77.00
Accuracy	0.71	0.71	0.71	374.00
Macro Avg	0.70	0.63	0.64	374.00
Weighted Avg	0.72	0.71	0.70	374.00

Gambar 4.4 Classification Report

Distribusi jumlah prediksi dibandingkan dengan jumlah label aktual digambarkan dalam bentuk diagram batang pada Gambar 4.5. Visualisasi ini menunjukkan bahwa sistem cenderung melakukan prediksi berlebih terhadap kategori *None* (246 prediksi dibandingkan 219 data aktual), namun prediksi terhadap *Sleep Apnea* (41 prediksi dibandingkan 78 data aktual) justru berada jauh di bawah jumlah sebenarnya. Hal ini menunjukkan adanya bias prediksi terhadap kategori *None*, serta kelemahan sistem dalam membedakan kategori gangguan tidur tertentu secara akurat.



Gambar 4.5 Bar chart distribusi hasil prediksi vs data aktual

KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem prediksi gangguan tidur pada usia produktif berbasis gaya hidup harian menggunakan metode Fuzzy Mamdani. Sistem inferensi fuzzy yang dibangun mengintegrasikan lima variabel input utama, yaitu durasi tidur, kualitas tidur, tingkat stres, kategori BMI, dan aktivitas fisik harian, untuk menghasilkan skor risiko gangguan tidur yang diklasifikasikan ke dalam tiga kategori: *None*, *Sleep Apnea*, dan *Insomnia*. Seluruh proses dirancang dan diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan pustaka scikit-fuzzy untuk sistem inferensi, serta scikit-learn dan tabulate untuk proses evaluasi hasil. Berdasarkan hasil prediksi terhadap 374 data, sistem menunjukkan kecenderungan klasifikasi terbanyak pada kategori *None*, dengan total prediksi sebesar 246 data, sementara *Sleep Apnea* dan *Insomnia* masing-masing diprediksi sebanyak 41 dan 87 data. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi sebesar 71%, dengan performa terbaik pada kelas *None* dan performa terendah pada kelas *Sleep Apnea*. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa metode Fuzzy Mamdani dapat digunakan sebagai pendekatan alternatif yang interpretatif dan fleksibel untuk memodelkan prediksi gangguan tidur berbasis data gaya hidup, tanpa ketergantungan terhadap data pelatihan. Temuan ini dapat menjadi dasar bagi pengembangan sistem deteksi awal gangguan tidur yang lebih adaptif dan mudah diinterpretasikan, khususnya pada konteks prediksi berbasis data subjektif dan tidak pasti yang mencerminkan kebiasaan individu sehari-hari.



DAFTAR PUSTAKA

- Alnawwar, M. A., Alraddadi, M. I., Algethmi, R. A., Salem, G. A., Salem, M. A., & Alharbi, A. A. (2023). The Effect of Physical Activity on Sleep Quality and Sleep Disorder: A Systematic Review. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.43595>
- Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J. P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., Dipietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., ... Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. In *British Journal of Sports Medicine* (Vol. 54, Issue 24, pp. 1451–1462). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>
- Gao, C., Guo, J., Gong, T. T., Lv, J. Le, Li, X. Y., Liu, F. H., Zhang, M., Shan, Y. T., Zhao, Y. H., & Wu, Q. J. (2022). Sleep Duration/Quality With Health Outcomes: An Umbrella Review of Meta-Analyses of Prospective Studies. In *Frontiers in Medicine* (Vol. 8). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.813943>
- Li, Y., & Guo, K. (2023). Research on the relationship between physical activity, sleep quality, psychological resilience, and social adaptation among Chinese college students: A cross-sectional study. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1104897>
- Mega Amelia, M., Maulana Fazrin, B., Yosua Panjaitan, Y., Dicky Kurniawan, M., & Khasanah, N. (2025). Implementasi Naive Bayes Untuk Klasifikasi Gangguan Tidur. *Journal Computer Science*, 4(1).
- Naviaddin, A. W., Prasetio, B. H., & Primananda, R. (2023). Sistem Identifikasi Kesehatan Berdasarkan Detak Jantung, Kadar Oksigen, dan Suhu Tubuh Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 10(5), 1003–1014. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2023106956>
- Park, K. M., Lee, S. E., Lee, C., Hwang, H. D., Yoon, D. H., Choi, E., & Lee, E. (2022). Prediction of good sleep with physical activity and light exposure: a preliminary study. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 18(5), 1375–1383. <https://doi.org/10.5664/jcsm.9872>
- Park, K. M., Lee, S. E., Lee, C., Hwang, H. D., Yoon, D. H., Choi, E., & Lee, E. (2024). Predicting sleep based on physical activity, light exposure, and Heart rate variability data using



- wearable devices. *Annals of Medicine*, 56(1), 2405077.
<https://doi.org/10.1080/07853890.2024.2405077>
- Plowerita, S., & Elektro, J. T. (2021). Sistem Monitoring Kesehatan Dalam Penentuan Kondisi Tubuh Dengan Metode Fuzzy Mamdani Irawan Hadi Ade Silvia Handayani Nyayu Latifah Husni. In *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro* (Vol. 8, Issue 2).
- Puspita Sari, A., Dwi, Prasetya, A., Aditiawan, F. P., & Muharrom Al Haromainy, M. (2024). PREDIKSI GANGGUAN KESEHATAN MENTAL PADA KALANGAN MAHASISWA MENGGUNAKAN METODE PSEUDO-LABELING DAN ALGORITMA REGRESI LOGISTIK. 4(2). [https://doi.org/10.46880/tamika.Vol4No2\(SEMNASTIK\).pp40-48](https://doi.org/10.46880/tamika.Vol4No2(SEMNASTIK).pp40-48)
- Radja, M., Londa, M. A., & Sara, K. (2020). Penerapan Metode Logika Fuzzy dalam Evaluasi Kinerja Dosen. *Matrix: Jurnal Manajemen Teknologi Dan Informatika*, 10(2), 78–86.
<https://doi.org/10.31940/matrix.v10i2.1841>
- Rafila, A. F., Meileni, H., Novianti, L., Manajemen Informatika, J., Sriwijaya, N., Srijaya, J., Bukit, N., & Palembang, B. (n.d.). *Implementasi Metode Fuzzy Mamdani pada Aplikasi Prediksi Status Stunting Berbasis Website Di Dinas Kesehatan Kota Palembang*.
- Saputra, E. I., & Utomo, B. S. R. (2023). *Association between obstructive sleep apnea and sleep quality*. <http://repository.uki.ac.id/14658/1/Associationbetweenobstructive.pdf>
- Smith, E., Colistra, A. L., Shawver, J., & Wilson, L. M. (2023). Insomnia diagnosis and treatment across the lifespan : Insomnia impairs quality of life and is associated with an increased risk for physical and mental health problems and substance misuse. Here’s how you can help. *Journal of Family Practice*, 72(1), 18–28. <https://doi.org/10.12788/jfp.0545>
- Xu, C., Jia, J., Zhao, B., Yuan, M., Luo, N., Zhang, F., & Wang, H. (2024). Objectively measured daily steps and health outcomes: an umbrella review of the systematic review and meta-analysis of observational studies. *BMJ Open*, 14(10), e088524.
<https://doi.org/10.1136/bmjopen-2024-088524>
- Zamani, A. S., Hashim, A. H. A., Akhtar, M. M., Samdani, F., Siddiqui, A. T., Alluhayb, A., Hamza, M. A., & Ahmad, N. (2023). The prediction of sleep quality using wearable-assisted smart health monitoring systems based on statistical data. *Journal of King Saud University - Science*, 35(9). <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.102927>



Zapalac, K., Miller, M., Champagne, F. A., Schnyer, D. M., & Baird, B. (2024). The effects of physical activity on sleep architecture and mood in naturalistic environments. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56332-7>