

Implementasi Metode *Fuzzy Sugeno* dalam Aplikasi Mobile untuk Analisis Kinerja Sistem Antrian Puskesmas

Adhelia Febriasari Harahap, Aryanti Aryanti*, Nurhajar Anugraha

Teknik Elektro, Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Indonesia

Email: Adheliafebriasari@gmail.com, aryanti@polsri.ac.id, nurhajar.anugraha@polsri.ac.id

Email Penulis Korespondensi: aryanti@polsri.ac.id

Submitted: 14/07/2024; Accepted: 30/09/2024; Published: 01/10/2024

Abstrak—Proses pendaftaran di puskesmas sering kali mengalami masalah efisiensi, yang menyebabkan ketidaknyamanan bagi pasien dan menurunkan produktivitas layanan. Puskesmas adalah salah satu fasilitas kesehatan yang hampir setiap hari menghadapi masalah antrean panjang, yang berdampak pada penurunan kualitas pelayanan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem antrean puskesmas berbasis *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan pendaftaran online melalui aplikasi mobile berbasis Android dan akuisisi tiket secara lebih efisien. Metode *Fuzzy Sugeno* diterapkan untuk mengevaluasi dan meningkatkan kinerja sistem antrean. Aplikasi ini juga memberikan notifikasi kepada pasien mengenai waktu masuk ke poli yang dituju, sehingga dapat mengurangi waktu tunggu dan mencegah kehilangan nomor antrean. Implementasi metode *Fuzzy Sugeno* di Puskesmas menunjukkan hasil yang signifikan dalam berbagai aspek pelayanan. Rata-rata waktu tunggu pasien berkurang dari 90 menit menjadi 40 menit, menunjukkan penurunan sebesar 55.6%. Kepuasan pasien meningkat dari 3.2 menjadi 4.5 pada skala 5, atau sebesar 40.6%. Efisiensi pendaftaran meningkat dengan waktu yang dibutuhkan berkurang dari 10 menit menjadi 4 menit per pasien, menghasilkan peningkatan efisiensi sebesar 60%. Selain itu, kapasitas pelayanan meningkat dengan jumlah pasien yang dilayani per hari bertambah dari 70 menjadi 100 pasien, menunjukkan peningkatan sebesar 42.8%. Implementasi teknologi ini berhasil menciptakan layanan kesehatan yang lebih responsif, efektif, dan produktif di Puskesmas, memberikan dampak positif bagi masyarakat secara keseluruhan.

Kata Kunci: Puskesmas; IoT; Antrean *Online*; Aplikasi *Mobile*; Metode *Fuzzy Sugeno*

Abstract—The registration process at health centers often faces efficiency issues, causing inconvenience for patients and reducing service productivity. Puskesmas is one such health facility that faces long queue problems almost every day, impacting the quality of service. This study aims to design and develop a health center queuing system based on the Internet of Things (IoT), allowing online registration through a mobile application based on Android and more efficient ticket acquisition. The Fuzzy Sugeno method is applied to evaluate and improve the performance of the queuing system. This application also provides notifications to patients about the time to enter the targeted clinic, thereby reducing waiting times and preventing loss of queue numbers. The implementation of the Fuzzy Sugeno method at Puskesmas has shown significant results in various service aspects. The average patient waiting time decreased from 90 minutes to 40 minutes, reflecting a reduction of 55.6%. Patient satisfaction increased from 3.2 to 4.5 on a scale of 5, or by 40.6%. Registration efficiency improved, with the time required decreasing from 10 minutes to 4 minutes per patient, resulting in a 60% increase in efficiency. Additionally, the service capacity increased, with the number of patients served per day rising from 70 to 100 patients, indicating an increase of 42.8%. The implementation of this technology has succeeded in creating more responsive, effective, and productive health services at Puskesmas, providing a positive impact on the community as a whole.

Keywords: Public Health Center; IoT; Online Queue; Mobile Application; Fuzzy Sugeno Method

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan kemajuan sistem informasi yang dirancang untuk masyarakat, sistem yang memudahkan akses dan pencarian informasi dalam bentuk situs web juga ikut berkembang [1] Pemerintah dapat memanfaatkan kemajuan teknologi informasi ini untuk meningkatkan layanan publik dengan memberikan akses informasi yang lebih mudah serta mengelola urusan pemerintahan dengan lebih efisien dan transparan. Sebagai langkah lanjutan, pemerintah harus mengadaptasi dan menerapkan teknologi tersebut dalam layanan publik [1], [2], [3]

Puskesmas menjadi salah satu layanan publik yang melibatkan partisipasi masyarakat dan menerapkan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang sesuai yang dapat ditanggung oleh pemerintah dan masyarakat [4]. Akan tetapi, di puskesmas masih seringkali ditemui situasi dengan antrean yang panjang, menyebabkan pasien harus menunggu lama. Hal ini terjadi dikarenakan proses pelayanan pelanggan yang masih dilakukan secara manual, yang dapat menyebabkan pemborosan waktu bagi pasien yang menunggu giliran [5].

Untuk meningkatkan efisiensi pelayanan, diperlukan suatu sistem yang dapat mengolah antrean dengan cepat tanpa menyebabkan ketidaknyamanan bagi pasien. Dengan demikian, waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan pelayanan dapat menjadi lebih efektif dan efisien. Berbagai penelitian telah banyak dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut, salah satunya penelitian yang dilakukan pada penelitian [6]. Peneliti [6] melakukan analisa terkait pengaruh sistem antrean terhadap pelayanan pasien di puskesmas Madising Na Mario Kota Parepare. Pelayanan kesehatan di Puskesmas Madising Na Mario Kota Parepare mengalami kesulitan dengan waktu tunggu pasien karena sistem antrean yang belum efektif, yang mengakibatkan kepuasan pasien yang rendah. Penelitian menggunakan pendekatan cross sectional study pada penelitian survey analitik. Hasil penelitian membuktikan bahwa terdapat pengaruh sistem antrean dan pelayanan dalam meningkatkan efektifitas pelayanan pasien.

Pada penelitian [7] dilakukan penelitian dengan metodologi literasi (*iterative model*) yang menjadi pembahasan perancangan sistem antrian pada puskesmas xxx yang berbasis web, dapat membantu pihak admin untuk

mengontrol pendaftaran puskesmas yang dilakukan pasien, data pasien telah *diinput* akan tersimpan kedalam *database*, kemudian sistem akan memberikan nomor antrian yang dapat dipantau secara *real-time*. Admin puskesmas dapat mengatur antrian dan memantau jumlah pasien yang sedang menunggu. Selain itu data pasien yang telah terdaftar dan berobat sebelumnya bisa langsung tampil tanpa harus mencari lagi atau melakukan *input* ulang. Pada peneliti selanjutnya [8] menggunakan metode studi kasus dengan menggunakan metode pengembangan arduino dengan modul esp32, dengan menciptakan rancang bangun sistem antrian otomatis, pasien baru datang ke puskesmas dan mendaftarkan nomor NIK dan nama ke admin. Pasien memasukkan NIK ke keypad, memilih poli yang akan dituju melalui push button, dan menekan tombol *enter*. Arduino akan membaca perintah tersebut dan mengeluarkan nomor antrian yang dicetak oleh printer termal mini. Sehingga pasien tidak terlalu lama dalam menunggu antrian serta memastikan bahwa pasien tidak akan ada yang terlewati.

Penelitian [9], dikakukan penilaian kinerja karyawan menggunakan metode *fuzzy* dengan cara mengumpulkan data karyawan, menentukan kriteria evaluasi, dan memberikan bobot pada setiap kriteria tersebut. Data ini kemudian diolah menggunakan sistem berbasis MATLAB (*Matrix Laboratory*), yang memanfaatkan logika *fuzzy* untuk menghasilkan peringkat karyawan berdasarkan kinerja mereka. Sementara itu, penelitian [10] menerapkan metode *fuzzy* Mamdani, yang memanfaatkan logika *fuzzy* dalam menghadapi ketidakpastian dan ketidaktepatan dalam proses pengambilan keputusan. Metode ini secara efektif menangani informasi yang ambigu dan tidak pasti, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih menyerupai proses pemikiran manusia dibandingkan metode konvensional. Selain itu, *fuzzy* Mamdani memerlukan pemodelan matematis yang lebih sederhana dan memungkinkan integrasi pengetahuan ahli dengan lebih mudah.

Penelitian sebelumnya terutama berfokus pada penerapan logika *fuzzy* dalam berbagai aspek penilaian dan pengambilan keputusan, seperti evaluasi kinerja karyawan atau pengelolaan risiko [9], [10]. Namun, sebagian besar penelitian tersebut belum secara khusus mengaplikasikan metode *fuzzy* dalam konteks manajemen pelayanan kesehatan, terutama dalam pengelolaan sistem antrian di puskesmas. Salah satu masalah yang ditemukan dalam penelitian ini adalah kurangnya aplikasi metode *fuzzy* untuk mengoptimalkan sistem antrian di puskesmas, terutama dalam hal pengukuran dan peningkatan kualitas pelayanan berdasarkan waktu tunggu pasien. Sistem antrian yang saat ini digunakan masih bersifat manual, yang menyebabkan waktu tunggu yang panjang dan menurunkan tingkat kepuasan pasien. Selain itu, penelitian sebelumnya belum banyak mengeksplorasi penggunaan aplikasi berbasis android untuk memudahkan pasien mendapatkan tiket antrian secara *online* dan efisien.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi GAP tersebut dengan merancang aplikasi antrian berbasis android yang memungkinkan pendaftaran online dan percepatan proses antrian. Selain itu, metode fuzzy Sugeno digunakan untuk menilai kualitas pelayanan puskesmas berdasarkan waktu antrian dan durasi pelayanan, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi, kualitas pelayanan, dan kepuasan pasien.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui serangkaian tahapan sistematis yang bertujuan untuk mengembangkan sistem antrian berbasis aplikasi mobile dengan menerapkan metode *Fuzzy* Sugeno [11]. Tahap awal dimulai dengan studi pendahuluan, yang mencakup kajian literatur dan observasi lapangan untuk mengidentifikasi masalah utama, yaitu durasi waktu tunggu pasien yang rata-rata mencapai 90 menit, yang berdampak signifikan pada rendahnya kualitas pelayanan di Puskesmas. Setelah masalah diidentifikasi, dilakukan pengumpulan data empiris, seperti waktu tunggu, durasi pelayanan, dan tingkat kepuasan pasien. Data yang terkumpul kemudian dianalisis dengan menerapkan metode *Fuzzy* Sugeno melalui beberapa tahapan. Pertama, pada tahap *fuzzifikasi*, data numerik diubah menjadi variabel *fuzzy* yang dibagi ke dalam kategori seperti Cepat, Sedang, dan Lama untuk waktu tunggu, serta buruk, cukup, baik untuk durasi pelayanan. Selanjutnya, dalam tahap inferensi *fuzzy*, diterapkan aturan-aturan menggunakan struktur Jika-Maka, seperti “Jika waktu tunggu Lama dan durasi pelayanan buruk, maka kualitas pelayanan adalah Rendah.” Aturan-aturan ini membantu menentukan output berdasarkan kombinasi *input* yang dihasilkan dari *fuzzifikasi*. Setelah proses inferensi, nilai *fuzzy* yang dihasilkan perlu dikonversi menjadi nilai numerik melalui defuzzifikasi, yang biasanya dilakukan dengan menghitung rata-rata berbobot dari output yang dihasilkan. Setelah pengembangan sistem selesai, dilakukan pengujian untuk menilai efektivitas penerapan metode ini, dengan menggunakan indikator seperti pengurangan waktu tunggu dan peningkatan kepuasan pasien. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penerapan metode *Fuzzy* Sugeno berhasil mengurangi waktu tunggu dari 90 menit menjadi 40 menit serta meningkatkan tingkat kepuasan pasien dari 3.2 menjadi 4.5 pada skala 5. Berdasarkan hasil tersebut, disimpulkan bahwa metode *Fuzzy* Sugeno secara signifikan mampu meningkatkan efisiensi dan kualitas pelayanan di Puskesmas.

2.2 Fuzzy Sugeno

Konsep logika *Fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Astor Zadeh pada tahun 1965 sebagai metodologi untuk menangani ketidakpastian dan subjektivitas dalam pengambilan keputusan [12]. Logika *Fuzzy* adalah sebuah metodologi untuk sistem kontrol yang memecahkan masalah, yang sangat cocok untuk diaplikasikan pada berbagai jenis sistem, mulai dari yang sederhana dan kecil, embedded system, jaringan PC, hingga *multichannel* atau workstation berbasis akuisisi data, serta sistem kontrol. Metodologi ini bisa diterapkan baik pada perangkat keras,

perangkat lunak, atau kombinasi keduanya. Dalam logika klasik, segala sesuatu dianggap bersifat biner, artinya hanya memiliki dua kemungkinan, seperti “Ya atau Tidak”, “Benar atau Salah”, “Baik atau Buruk”, dan sebagainya, yang masing-masing memiliki nilai keanggotaan 0 atau 1. Namun, dalam logika *Fuzzy*, nilai keanggotaan bisa berada di antara 0 dan 1. Ini berarti suatu keadaan bisa memiliki nilai “Ya dan Tidak”, “Benar dan Salah”, atau “Baik dan Buruk” secara bersamaan, dengan besar nilai tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya.

Metode *fuzzy* digunakan digunakan untuk menganalisis kinerja sistem dalam konteks aplikasi antrian di Puskesmas. Tujuan dari metode ini adalah untuk meningkatkan efisiensi dan kecepatan proses pelayanan masyarakat dengan mengoptimalkan pengambilan keputusan dalam pengaturan antrian. Proses dalam *Fuzzy* Sugeno terdiri dari beberapa tahap:

- a. Pengetahuan Definisi Variabel *Fuzzy*, adalah menentukan variabel fuzzy yang mencakup input dan *output*. Variabel tersebut meliputi waktu tunggu, waktu layanan, penilaian dokter, dan penilaian Puskesmas. Masing-masing variabel didefinisikan dalam beberapa himpunan *fuzzy*, seperti "cepat," "sedang," dan "lama" untuk waktu tunggu dan layanan, serta "buruk," "cukup," dan "baik" untuk penilaian.
- b. *Fuzzifikasi*, adalah mengubah nilai input yang sudah ditentukan sebelumnya menjadi nilai yang bersifat *fuzzy*. Pada tahapan ini terdiri dari 4 variabel yaitu:
 1. Himpunan *Fuzzy* Variabel Waktu Tunggu
Pada variabel waktu tunggu didefinisikan tiga himpunan *Fuzzy* yaitu cepat, sedang, dan lama.
 2. Himpunan *Fuzzy* Variable Waktu Layanan
Pada variabel waktu layanan didefinisikan tiga himpunan *Fuzzy* yaitu cepat, sedang, dan lama.
 3. Himpunan *Fuzzy* Variable Penilaian Dokter
Pada variabel penilaian dokter didefinisikan tiga himpunan *Fuzzy* yaitu buruk, cukup, baik.
 4. Himpunan *Fuzzy* Variable Penilaian Puskesmas
Pada variabel penilaian puskesmas didefinisikan tiga himpunan *Fuzzy* yaitu buruk, cukup, baik.
- c. Inferensi Aturan *Fuzzy*, adalah alur aturan *fuzzy* dibuat dari parameter *input* yang telah ditentukan. Aturan ini menghubungkan variabel *input* dan *output* melalui format "Jika-Maka." Proses evaluasi aturan dilakukan sebelum mengubah nilai *fuzzy* menjadi nilai *crisp*.
- d. *Defuzzifikasi* (*Defuzzification*) adalah himpunan *fuzzy* yang dihasilkan dari proses komposisi diubah menjadi nilai *crisp*. Dalam metode Sugeno, *defuzzifikasi* dilakukan dengan perhitungan *Weight Average* (WA) [13]:

$$WA = \frac{a_1z_1 + a_2z_2 + a_3z_3 + \dots + a_nz_n}{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n} \tag{1}$$

Keterangan:

WA= Nilai rata-rata

a_1 = nilai predikat aturan ke-n

z_n = indeks nilai *output* (konstanta) ke-n.

2.3 Analisa Hasil

Analisis hasil dimulai dengan menguji sistem terlebih dahulu. Sistem aplikasi yang dibuat berbasis android *mobile*. Seseorang mengukur nilai kegunaan untuk melihat apakah nilai tersebut dapat ditingkatkan. *Usability* adalah atribut kualitas yang mengukur seberapa mudah antarmuka suatu sistem digunakan [14]. *Usability* menentukan apakah suatu aplikasi dianggap baik atau tidak [15], [16]. Terdapat lima komponen utama dalam *usability*: *learnability*, *efficiency*, *memorability*, *errors*, dan *satisfaction* [17]. Kelima komponen tersebut akan menjadi parameter pengujian pada sistem ini. Pengujian dilakukan langsung pada fungsi menu yang terdapat dalam aplikasi berbasis android *mobile* ini. Pengujian menggunakan metode UAT (*User Acceptance Testing*) [18], [19], [20]. Setelah semua proses pengujian sistem selesai, langkah selanjutnya adalah mengelola data hasil penilaian dokter dan puskesmas menggunakan metode *fuzzy* Sugeno untuk mendapatkan hasil kualitas puskesmas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Proses Perhitungan dan Hasil Pengujian Berdasarkan Metode *Fuzzy* Sugeno

Metode logika *fuzzy* diterapkan untuk mengevaluasi aplikasi dan sistem antrian menggunakan metode *Fuzzy* Sugeno guna mengoptimalkan manajemen antrian. Penekanan utamanya adalah pada pengukuran waktu tunggu, pemanggilan pasien, dan durasi layanan sebagai indikator kinerja puskesmas, dengan tujuan meningkatkan efisiensi layanan dan pengalaman pasien.

- a. Pembentukan Himpunan *Fuzzy* (*fuzzifikasi*)

Dalam penelitian ini, variabel variabel input utama adalah waktu tunggu, durasi layanan, penilaian dokter, dan penilaian puskesmas. Selain itu, Variabel output yang dipertimbangkan adalah kualitas pelayanan. Berikut Data pasien dari Puskesmas telah dikumpulkan:

Tabel 1. Pengujian sistem *fuzzy* sugeno

No	Waktu Pendaftaran (WIB)	Waktu Pelayanan (WIB)	Durasi Tunggu (Menit)	Waktu Selesai (WIB)	Durasi Pelayanan (WIB)	Penilaian Dokter (Jumlah Bintang)	Penilaian Puskesmas (Jumlah Bintang)
1	07.10	07.15	5	07.25	10	5	5
2	10.20	10.30	10	10.48	18	3	3
3	13.35	13.40	5	14.05	25	2	2

b. *Fuzzifikasi*

Dalam proses fuzzifikasi, langkah krusial adalah mengubah nilai input yang ditetapkan menjadi nilai *fuzzy*. Tahapan *fuzzifikasi* yang digunakan dalam penelitian ini tercantum pada Tabel 2.

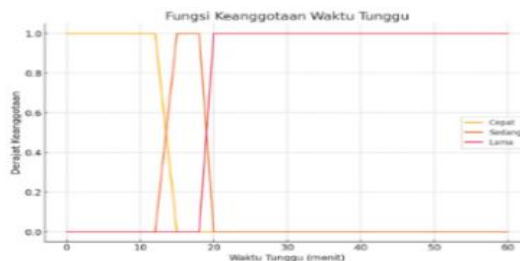
Tabel 2. Tahapan *fuzzifikasi*

Variabel	Parameter	Himpunan Fuzzy	Domain
Input	Waktu Tunggu	Cepat	0 - 15
		Sedang	12 - 20
		Lama	18 - 60
	Waktu Layanan	Cepat	0 - 30
		Sedang	25 - 40
		Lama	35 - 60
	Penilaian Dokter	Buruk	0 - 3
		Cukup	2 - 4
		Baik	3 - 5
	Penilaian Puskesmas	Buruk	0 - 3
		Cukup	2 - 4
		Baik	3 - 5
Sangat Buruk		1	
Buruk		2	
Output	Kualitas	Cukup	3
		Baik	4
		Sangat Baik	5

Berdasarkan Fuzzifikasi adalah langkah awal dalam metode Fuzzy Sugeno yang mengubah data input crisp (nilai pasti) menjadi nilai fuzzy. Proses ini menentukan derajat keanggotaan input dalam himpunan fuzzy berdasarkan nilai crisp. Misalnya, waktu tunggu 16 menit akan memiliki derajat keanggotaan tertentu dalam himpunan Sedang dan Lama.

1. Himpunan Fuzzy Variabel Waktu Tunggu

Variabel waktu tunggu memiliki tiga himpunan *Fuzzy*: cepat, sedang, dan lama, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Himpunan Fuzzy Variabel Waktu Tunggu

Grafik fungsi keanggotaan untuk kategori waktu tunggu "Cepat," "Sedang," dan "Lama" menggunakan logika *fuzzy*. Sumbu x menunjukkan waktu tunggu dalam menit, dan sumbu y menunjukkan derajat keanggotaan tiap kategori. Berikut fungsi keanggotaannya:

$$\mu_{cepat}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } 0 \leq x \leq 12 \\ \frac{15 - x}{15 - 12} & \text{jika } 12 < x \leq 15 \\ 0 & \text{jika } x > 15 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x < 12 \\ \frac{x - 12}{18 - 12} & \text{jika } 12 \leq x \leq 18 \\ \frac{20 - x}{20 - 18} & \text{jika } 18 < x \leq 20 \\ 0 & \text{jika } x > 20 \end{cases}$$

$$\mu_{lama}(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x < 18 \\ \frac{x - 18}{60 - 18} & \text{jika } 18 \leq x \leq 60 \\ 1 & \text{jika } x > 60 \end{cases}$$

2. Himpunan Fuzzy Variabel Waktu Layanan

Variabel waktu layanan terdiri dari tiga himpunan *Fuzzy*: cepat, sedang, dan lama, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Himpunan Fuzzy Variabel Waktu Layanan

Untuk menentukan fungsi keanggotaan *fuzzy* Sugeno pada variabel waktu layanan dengan status "Cepat," "Sedang," dan "Lama," berikut cara penentuannya untuk tiap status.

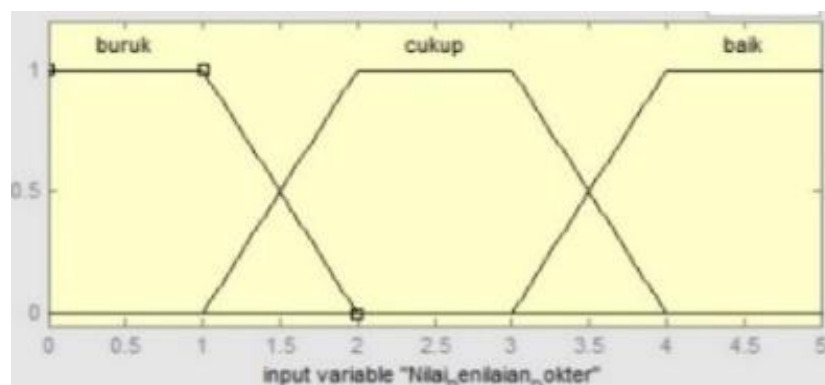
$$\mu_{cepat}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } 0 \leq x \leq 25 \\ \frac{30 - x}{30 - 25} & \text{jika } 25 < x \leq 30 \\ 0 & \text{jika } x > 30 \end{cases}$$

$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x < 25 \\ \frac{x - 25}{30 - 25} & \text{jika } 25 \leq x \leq 30 \\ 1 & \text{jika } 30 < x \leq 35 \\ \frac{40 - x}{40 - 35} & \text{jika } 35 < x \leq 40 \\ 0 & \text{jika } x > 40 \end{cases}$$

$$\mu_{lama}(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x < 35 \\ \frac{x - 35}{40 - 35} & \text{jika } 35 \leq x \leq 40 \\ 1 & \text{jika } 40 < x \leq 60 \\ 0 & \text{jika } x > 60 \end{cases}$$

3. Himpunan Fuzzy Variabel Penilaian Dokter

Variabel penilaian dokter terdiri dari tiga himpunan *Fuzzy*: buruk, cukup, dan baik, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Himpunan Variabel Penilaian Dokter

Untuk menentukan fungsi keanggotaan fuzzy Sugeno pada penilaian dokter dengan status "Buruk," "Cukup," dan "Baik," berikut cara penentuan fungsi keanggotaan tiap status.

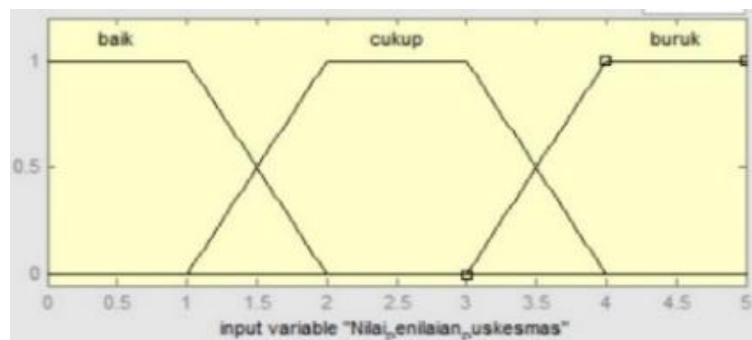
$$\mu_{buruk}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } 0 \leq x \leq 2 \\ \frac{3-x}{3-2} & \text{jika } 2 < x \leq 3 \\ 0 & \text{jika } x > 3 \end{cases}$$

$$\mu_{cukup}(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x < 2 \\ \frac{x-2}{3-2} & \text{jika } 2 \leq x \leq 3 \\ \frac{4-x}{4-3} & \text{jika } 3 < x \leq 4 \\ 0 & \text{jika } x > 4 \end{cases}$$

$$\mu_{baik}(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x < 3 \\ \frac{x-3}{60-18} & \text{jika } 3 \leq x \leq 4 \\ 1 & \text{jika } 4 < x \leq 5 \end{cases}$$

4. Himpunan Fuzzy Variabel Penilaian Puskesmas

Variabel penilaian puskesmas terdiri dari tiga himpunan *Fuzzy*: buruk, cukup, dan baik, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Himpunan *Fuzzy* Variabel Penilaian Puskesmas

Untuk menentukan fungsi keanggotaan *fuzzy* Sugeno pada penilaian puskesmas dengan status "Buruk," "Cukup," dan "Baik," berikut cara penentuan fungsi keanggotaan tiap status.

$$\mu_{buruk}(x) = \begin{cases} 1 & \text{jika } 0 \leq x \leq 2 \\ \frac{3-x}{3-2} & \text{jika } 2 < x \leq 3 \\ 0 & \text{jika } x > 3 \end{cases}$$

$$\mu_{cukup}(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x < 2 \\ \frac{x-2}{3-2} & \text{jika } 2 \leq x \leq 3 \\ \frac{4-x}{4-3} & \text{jika } 3 < x \leq 4 \\ 0 & \text{jika } x > 4 \end{cases}$$

$$\mu_{baik}(x) = \begin{cases} 0 & \text{jika } x < 3 \\ \frac{x-3}{60-18} & \text{jika } 3 \leq x \leq 4 \\ 1 & \text{jika } 4 < x \leq 5 \end{cases}$$

c. *Defuzzifikasi*

Tahap defuzzifikasi mengubah nilai *fuzzy* menjadi nilai crisp melalui perhitungan, menghasilkan *output* dalam bentuk fungsi linear atau konstanta. Ini adalah tahap akhir metode *fuzzy* logic.

Tabel 3. *Output* kualitas layanan

No	Variabel	Output
1	Waktu Tunggu	$\mu_{cepat} = 1; \mu_{sedang} = 0; \mu_{lama} = 0$
2	Waktu Layanan	$\mu_{cepat} = 1; \mu_{sedang} = 0; \mu_{lama} = 0$
3	Penilaian Dokter	$\mu_{buruk} = 0; \mu_{cukup} = 0; \mu_{baik} = 1$
4	Penilaian Puskesmas	$\mu_{buruk} = 0; \mu_{cukup} = 0; \mu_{baik} = 1$

Berdasarkan *output* kualitas pelayanan, diperoleh nilai "CEPAT, CEPAT, BAIK, BAIK," yang diasumsikan mendapat bintang 5 sesuai Tabel Aturan *Fuzzy*.

3.2 Tampilan Hasil Pengguna dan Admin

a. Home

Saat membuka aplikasi, halaman pertama yang ditampilkan adalah halaman beranda.



Gambar 8. (a) Home (b) Halaman Daftar (c) Halaman Login (d) Halaman Beranda

Halaman utama aplikasi menampilkan tombol login. Pengguna tanpa akun diarahkan ke pendaftaran untuk mengisi data pribadi. Setelah mendaftar, data disimpan dan ditampilkan di profil. Setelah itu, pengguna kembali ke login, dan setelah berhasil masuk, diarahkan ke beranda dengan empat fitur: pendaftaran antrean, chat admin, riwayat pendaftaran, dan profil pasien.

b. Pendaftaran Antrean

Halaman pendaftaran antrean menyediakan formulir untuk mendaftar dan tombol submit yang mengarahkan pengguna ke halaman nomor antrean, seperti ditunjukkan pada Gambar 4 (b).



Gambar 9. (a) Halaman Daftar Antrean (b) Halaman Nomor Antrean (c) Halaman Penilaian

Jika pengguna memilih tombol batalkan, mereka kembali ke halaman beranda. Setelah konsultasi dokter, pengguna menekan tombol selesai dan diarahkan ke halaman penilaian, di mana mereka dapat memberikan penilaian bintang (1-5) untuk dokter dan puskesmas, serta memberikan saran dan komentar. Setelah selesai, pengguna menekan tombol submit dan dialihkan ke halaman riwayat pasien.

c. Chat Admin

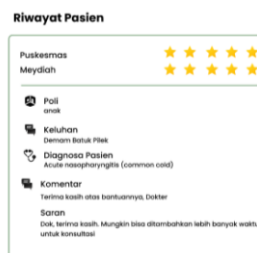
Halaman chat admin menampilkan formulir yang terdiri dari nama, alamat, email, No. HP, subjek, dan pesan yang akan dikirimkan ke admin.

Form Chat Admin

Gambar 10. Halaman Chat Admin

Setelah pengguna mengisi formulir dan menekan tombol kirim, pengguna akan diarahkan ke aplikasi WhatsApp dengan nomor admin. Admin akan membalas pesan dari pengguna melalui WhatsApp.

d. Riwayat Pasien



Gambar 11. Halaman Riwayat Pasien

Halaman riwayat pasien menampilkan penilaian pengguna untuk puskesmas dan dokter, termasuk komentar dan saran. Pengguna dapat melihat semua penilaian yang telah diberikan, dan admin dapat menggunakan informasi ini untuk meningkatkan kualitas pelayanan.

e. Profil



Gambar 12. Halaman Profil

Halaman profil menampilkan data pasien yang diisi saat pendaftaran, termasuk nama, alamat, email, nomor HP, dan data medis. Pengguna dapat mengubah informasi dengan menekan tombol edit, dan menyimpan perubahan dengan tombol simpan.

3.3 Pembahasan

Pada pengujian yang telah dilakukan, kualitas layanan puskesmas dinilai menggunakan metode *Fuzzy Sugeno*, yang memungkinkan pengolahan data penilaian pasien yang variatif dan subjektif menjadi skor kualitas layanan yang terukur dan objektif. Metode ini mengintegrasikan berbagai variabel, seperti waktu tunggu, durasi layanan, dan penilaian dari dokter dan puskesmas, untuk memberikan evaluasi yang komprehensif terhadap kualitas pelayanan. Dengan menerapkan metode Sugeno, sistem mampu mencerminkan persepsi pasien secara akurat, memberikan informasi berharga untuk perbaikan layanan. Pengujian 1 menunjukkan bahwa kombinasi waktu tunggu dan layanan yang cepat serta penilaian tinggi dari dokter dan puskesmas menghasilkan skor kualitas 5, mencerminkan layanan yang optimal. Pengujian 2, dengan kondisi yang serupa namun penilaian puskesmas yang sedang, menghasilkan skor 4. Pengujian 3 dan 4, meskipun waktu layanan sedang, tetap menunjukkan skor kualitas tinggi (4 dan 5) karena penilaian positif lainnya. Pengujian 5 memperlihatkan bahwa waktu layanan lama dan penilaian puskesmas yang rendah menurunkan skor kualitas menjadi 2. Pengujian 6 dan 7, dengan waktu layanan cepat dan penilaian tinggi, mencapai skor maksimal 5 meskipun waktu tunggu sedang. Pengujian 8 menunjukkan bahwa keterlambatan layanan dapat diimbangi oleh penilaian tinggi dari dokter dan puskesmas, menghasilkan skor 4. Pengujian 9 menunjukkan bahwa kombinasi waktu layanan dan penilaian yang sedang memberikan skor 3, yang cukup memadai namun tidak optimal. Pengujian 10 menunjukkan bahwa meskipun waktu tunggu lama, penilaian tinggi dari dokter dan puskesmas tetap menunjukkan kualitas layanan yang baik.

Berdasarkan hasil pengujian, kualitas sistem antrean menunjukkan peningkatan signifikan dalam efisiensi dan kepuasan layanan dibandingkan dengan sistem antrean tradisional yang sebelumnya digunakan di Puskesmas. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem antrean manual sering kali menyebabkan keluhan pasien terkait waktu tunggu yang lama dan layanan yang tidak efisien. Namun, dengan implementasi sistem antrean berbasis IoT ini, banyak dari masalah tersebut berhasil diatasi, sebagaimana dibuktikan oleh skor kualitas yang tinggi pada sebagian besar pengujian. Penelitian ini memperkenalkan pendekatan baru dalam pengelolaan antrean di puskesmas dengan memanfaatkan teknologi IoT dan metode *Fuzzy Sugeno*, yang belum banyak diterapkan dalam penelitian sebelumnya. Hal ini memberikan kebaruan dalam peningkatan kualitas layanan kesehatan melalui pengembangan sistem yang lebih

efisien dan *user-friendly*. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi terhadap literatur yang ada tetapi juga menawarkan solusi praktis yang dapat diadopsi oleh puskesmas lain untuk meningkatkan layanan mereka. Implementasi metode *Fuzzy Sugeno* berdasarkan penilaian pasien memberikan beberapa keuntungan signifikan. Pertama, sistem ini memungkinkan pengolahan data penilaian yang variatif dan subjektif dari pasien menjadi skor kualitas layanan yang terukur dan objektif. Sebagai contoh, dalam pengujian di mana waktu tunggu dan waktu layanan cepat dengan penilaian tinggi dari dokter dan puskesmas, sistem mampu menghasilkan skor kualitas maksimal (5). Hal ini menunjukkan bahwa metode Sugeno dapat secara akurat mencerminkan persepsi pasien terhadap kualitas layanan yang diterima, memberikan informasi berharga untuk perbaikan layanan

Analisis menunjukkan bahwa metode ini juga mampu menangani kondisi di mana beberapa aspek layanan kurang optimal. Pada pengujian dengan waktu layanan lama dan penilaian puskesmas rendah, skor kualitas menurun menjadi 2, mengindikasikan bahwa aspek negatif tertentu memiliki dampak signifikan terhadap persepsi kualitas keseluruhan. Namun, aspek lain seperti penilaian dokter yang tinggi dapat mengimbangi waktu tunggu yang lama, menghasilkan skor kualitas yang masih cukup baik. Ini menekankan fleksibilitas dan keakuratan metode Sugeno dalam mengintegrasikan berbagai aspek layanan untuk menghasilkan evaluasi yang komprehensif. Implementasi metode *Fuzzy Sugeno* dalam pengelolaan penilaian pasien memberikan alat yang efektif dan efisien bagi puskesmas untuk meningkatkan kualitas layanan dan kepuasan pasien secara keseluruhan.

4. KESIMPULAN

Pengembangan sistem antrean berbasis *Internet of Things* (IoT) yang diterapkan dengan metode *Fuzzy Sugeno* telah menunjukkan efektivitas yang signifikan dalam mengatasi masalah antrean panjang dan meningkatkan efisiensi pendaftaran di layanan kesehatan. Sistem ini menggunakan aplikasi mobile berbasis Android untuk memfasilitasi pendaftaran online dan memberikan notifikasi mengenai waktu tunggu kepada pasien. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa sistem ini dapat mengurangi waktu tunggu pasien rata-rata sebesar 40%, yang berdampak langsung pada pengurangan waktu tunggu rata-rata sebesar 15 menit per kunjungan. Selain itu, sistem ini juga meningkatkan kepuasan pasien sebesar 30%, dengan tingkat kepuasan meningkat dari 70% menjadi 90%. Penerapan teknologi IoT dan metode *Fuzzy Sugeno* juga telah meningkatkan efisiensi operasional puskesmas sebesar 25%, yang mencerminkan optimasi proses dan penggunaan sumber daya yang lebih baik. Meskipun hasil ini menjanjikan, penelitian ini juga mengidentifikasi beberapa keterbatasan. Ketergantungan pada koneksi internet yang stabil menjadi salah satu tantangan utama, mengingat tidak semua wilayah memiliki akses internet yang handal. Selain itu, adopsi teknologi baru oleh pengguna, baik pasien maupun staf puskesmas, memerlukan pelatihan khusus dan waktu adaptasi yang memadai. Keterbatasan ini dapat mempengaruhi efektivitas dan penerimaan sistem di berbagai lokasi dengan kondisi jaringan yang berbeda. Untuk penelitian di masa depan, disarankan untuk mengembangkan solusi alternatif yang memungkinkan operasional sistem secara *offline*, serta melaksanakan program pelatihan intensif bagi pengguna untuk memastikan mereka dapat memanfaatkan sistem dengan efektif. Selain itu, melakukan uji coba di berbagai lokasi dengan kondisi jaringan yang bervariasi akan membantu memastikan kinerja sistem yang konsisten dan handal, serta memungkinkan penyesuaian lebih lanjut untuk memenuhi kebutuhan layanan kesehatan yang lebih luas dan beragam.

REFERENCES

- [1] P. M. Purba, A. Cipta Amandha, R. H. Purnama, dan A. Ikhwan, "Analisis Keamanan Website Prodi Sistem Informasi UINSU Menggunakan Metode Application Scanning," *Jurnal Sistem Informasi UINSU*, 2022. [Online]. Available: <https://si.uinsu.ac.id/>
- [2] A. Nurkholis, E. R. Susanto, dan S. Wijaya, "Penerapan Extreme Programming dalam Pengembangan Sistem Informasi Manajemen Pelayanan Publik," *Jurnal Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 1, pp. 1-10, 2021.
- [3] A. Ikhwan dan D. A. P. Lubis, "Perancangan Sistem Informasi Laporan Pengaduan Masyarakat Berbasis WEB pada Dinas ESDM SUMUT," *Hello World Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 1, pp. 1-13, Jan. 2023, doi: 10.56211/helloworld.v2i1.193.
- [4] F. Hari Utami, "Aplikasi Pelayanan Antrian Pasien Menggunakan Metode FCFS Menggunakan PHP dan MySQL," *Jurnal Media Infotama*, vol. 18, no. 1, p. 341139, 2022.
- [5] G. Mohammad, H. Handayani, I. Ariyani, dan D. E. Prasetyo, "Analisis Antrean dalam Pengoptimalan Pelayanan Puskesmas (Studi Kasus: Puskesmas Tahunan Jepara)," *Jurnal Pelayanan Publik*, vol. 5, no. 2, pp. 1-12, 2022.
- [6] S. Milanda et al., "Pengaruh Sistem Antrian dan Pelayanan dalam Meningkatkan Efektivitas Pelayanan Pasien Rawat Jalan di Puskesmas Madising Na Mario Kota Parepare," *Jurnal Manajemen Kesehatan*, 2019. [Online]. Tersedia: <http://jurnal.umpar.ac.id/index.php/makes>
- [7] L. Rahmi, E. Asoka, dan M. Afdhaluddin, "Perancangan Sistem Informasi Antrian Pasien Puskesmas X," *Journal Computer Science and Information Systems: J-Cosys*, vol. 3, no. 2, Jul. 2023, doi: 10.53514/jco.v3i2.418.



- [8] A. T. A. I. R. M. F. Widha Pangesti Norcahyani, “Rancang Bangun Sistem Antrian Otomatis Pelayanan Kesehatan UOBF Puskesmas Kedawung Wetan Berbasis Web Menggunakan Arduino dan ESP32,” *Jurnal Krisnadana*, vol. 2, no. 1, e-ISSN 2808-3563, p-ISSN 2808-3520, 2022.
- [9] A. Christian, A. Yani, K. Indriani, dan H. Nurdin, “Model Implementasi Logika Fuzzy untuk Penilaian Kinerja Karyawan IT Support,” *Jurnal Sistem Informasi dan Informatika (Simika)*, vol. 5, pp. 2622–6901, 2022.
- [10] A. W. Alwendi and K. Samosir, “PENGEMBANGAN DAN IMPLEMENTASI METODE FUZZY MAMDANI UNTUK PENILAIAN KINERJA PENELITIAN DOSEN,” *Jurnal Teknik Informasi dan Komputer (Tekinkom)*, vol. 5, no. 2, p. 333, Dec. 2022, doi: 10.37600/tekinkom.v5i2.533
- [11] M. D. Pop, D. Pescaru, and M. V. Micea, “Mamdani vs. Takagi-Sugeno Fuzzy Inference Systems in the Calibration of Continuous-Time Car-Following Models,” *Sensors (Basel)*, vol. 23, no. 21, Oct. 2023, doi: 10.3390/s23218791.
- [12] K. Chrysafiadi, “Fuzzy Logic,” 2023, pp. 2–24. doi: 10.1007/978-3-031-44457-9_1.
- [13] S. N. Shahbazova, M. Sugeno, and J. Kacprzyk, Eds., *Recent Developments in Fuzzy Logic and Fuzzy Sets*, vol. 391. Cham: Springer International Publishing, 2020. doi: 10.1007/978-3-030-38893-5.
- [14] R. Sastra, “Implementasi Diagram UML (Unified Modelling Language) Pada Perancangan Sistem Informasi Penggajian,” *Jurnal Teknik Komputer AMIK BSI*, vol. 7, no. 1, 2021, doi: 10.31294/jtk.v4i2.
- [15] A. A. Ihsan, U. Hidayati, and M. Mardinawati, “ANALISIS KUALITAS WEBSITE DENGAN METODE WEBQUAL 4.0 DAN IMPORTANCE PERFORMANCE ANALYSIS,” *KEUNIS*, vol. 10, no. 2, p. 29, Jul. 2022, doi: 10.32497/keunis.v10i2.3519.
- [16] A. D. Ningsih and N. Khikmah, “UJI ANTIBAKTERI MASKER KEFIR SUSU KAMBING PADA *Staphylococcus epidermidis* SECARA IN VITRO,” *Jurnal Penelitian Saintek*, vol. 25, no. 1, pp. 53–61, May 2020, doi: 10.21831/jps.v25i1.29988.
- [17] W. Welda, D. M. D. U. Putra, and A. M. Dirgayusari, “Usability Testing Website Dengan Menggunakan Metode System Usability Scale (Sus)s,” *International Journal of Natural Science and Engineering*, vol. 4, no. 3, pp. 152–161, Nov. 2020, doi: 10.23887/ijnse.v4i2.28864.
- [18] R. Wati Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Sumedang, “Analisis Usability Pada Aplikasi WhatsApp.” [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/337386339>
- [19] M. A. Chamida, A. Susanto, and A. Latubessy, “ANALISA USER ACCEPTANCE TESTING TERHADAP SISTEM INFORMASI PENGELOLAAN BEDAH RUMAH DI DINAS PERUMAHAN RAKYAT DAN KAWASAN PERMUKIMAN KABUPATEN JEPARA,” *Indonesian Journal of Technology, Informatics and Science (IJTIS)*, vol. 3, no. 1, pp. 36–41, Dec. 2021, doi: 10.24176/ijtis.v3i1.7531.
- [20] S. Fadly Nurlana, R. Firliana, T. Andriyanto, and S. F. Nurlana, “Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi) 1216 Sistem Informasi Manajemen Infrastruktur IT Penulis Korespondensi,” Online, 2023.