

Sistem Peringatan Jarak Aman pada Anak dan Lansia saat Menonton TV Berbasis IoT dengan Metoda Fuzzy Logic

Mohd.Nazhif Almanturizi*

¹Jurusan Teknik Elektro, Prodi Teknologi Rekayasa Elektronika , Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

*Email: najibalmanturizi@gmail.com

Pada era modern, masyarakat tidak dapat terlepas dari penggunaan teknologi, salah satunya adalah televisi. Namun, masih banyak pengguna yang tidak menyadari bahwa kebiasaan menonton televisi dari jarak yang terlalu dekat dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan mata, khususnya pada anak-anak dan lansia yang cenderung kurang memperhatikan jarak aman. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem peringatan jarak aman berbasis Internet of Things (IoT) dengan penerapan metode fuzzy logic. Sistem menggunakan sensor ultrasonik untuk mengukur jarak antara pengguna dan televisi, mikrokontroler ESP32 sebagai pengolah data, buzzer sebagai alarm lokal, serta aplikasi Blynk untuk memberikan notifikasi jarak jauh secara real-time. Metode fuzzy logic berfungsi untuk mengelompokkan jarak ke dalam kategori linguistik seperti *dekat*, *sedang*, dan *jauh*. Berdasarkan hasil pengujian, sistem yang dirancang mampu memberikan peringatan secara akurat ketika jarak menonton berada pada kategori tidak aman. Dengan demikian, sistem ini dapat membantu pengguna, terutama anak-anak dan lansia, dalam menjaga jarak aman saat menonton televisi guna meminimalkan risiko gangguan kesehatan mata.

In the modern era, society cannot be separated from the use of technology, one of which is television. However, many users are still unaware that watching television from an excessively close distance may negatively affect eye health, especially for children and the elderly who often pay less attention to maintaining a safe viewing distance. This research aims to develop a safe viewing distance warning system based on the Internet of Things (IoT) with the implementation of fuzzy logic. The system utilizes an ultrasonic sensor to measure the distance between the user and the television, an ESP32 microcontroller as the data processor, a buzzer as a local alarm, and the Blynk application to deliver remote notifications in real time. Fuzzy logic is used to classify distance inputs into linguistic categories such as close, medium, and far. Based on the experimental results, the developed system is capable of providing accurate real-time warnings when the viewing distance falls into the unsafe category. Therefore, this system can assist users, particularly children and the elderly, in maintaining a safe viewing distance to minimize the risk of eye strain.

Keywords: *IoT, fuzzy logic, sensor ultrasonic, ESP32, Blynk.*

1. PENDAHULUAN

Menonton televisi merupakan salah satu aktivitas yang masih banyak dilakukan oleh berbagai kalangan usia, terutama anak-anak dan lansia. Namun, kebiasaan menonton televisi pada jarak yang terlalu dekat dalam waktu yang lama dapat menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap kesehatan, seperti ketegangan otot mata, kelelahan visual, hingga penurunan kenyamanan saat menonton. Pada anak-anak, kondisi tersebut dapat memengaruhi perkembangan fungsi penglihatan, sedangkan pada lansia dapat memperburuk gangguan penglihatan yang telah dialami sebelumnya. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa paparan layar televisi pada jarak yang terlalu dekat dapat meningkatkan ketegangan mata dan menurunkan kualitas penglihatan apabila dilakukan secara terus-menerus [1]. Selain itu, kebiasaan menonton televisi dalam durasi yang panjang pada lansia juga dikaitkan dengan meningkatnya risiko obesitas dan penyakit kardiovaskular akibat rendahnya aktivitas fisik [2]. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu memantau jarak menonton secara otomatis sehingga pengguna dapat memperoleh peringatan ketika berada pada posisi yang kurang aman. Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan proses pemantauan dilakukan secara real-time melalui jaringan internet. Dengan memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi jarak, mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama, serta aplikasi Blynk sebagai media monitoring, sistem dapat memberikan informasi dan peringatan kepada pengguna ketika posisi menonton tidak sesuai dengan jarak yang direkomendasikan. Akan tetapi, hasil pembacaan sensor ultrasonik tidak selalu bersifat pasti karena dipengaruhi oleh kondisi lingkungan maupun karakteristik objek yang dideteksi. Oleh sebab itu, diperlukan suatu metode yang mampu mengolah perubahan nilai jarak secara bertahap tanpa menggunakan batas keputusan yang kaku. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah fuzzy logic, yaitu metode kecerdasan buatan yang mampu menangani data yang bersifat tidak pasti melalui fungsi keanggotaan dan aturan berbasis linguistik sehingga menghasilkan keputusan yang lebih fleksibel. Metode fuzzy logic telah banyak diterapkan pada berbagai bidang, seperti sistem irigasi otomatis [3], alat bantu navigasi bagi penyandang tunanetra [4], sistem pengenalan tindakan pejalan kaki [5], serta klasifikasi gestur lalu lintas pada kendaraan otonom [6]. Selain menggunakan fuzzy logic, penelitian ini juga menerapkan konsep Preferred Viewing Distance (PVD) yang dikemukakan oleh Lee [7], di mana jarak menonton yang nyaman ditentukan berdasarkan ukuran layar televisi. Dengan menggunakan konsep tersebut, batas fungsi keanggotaan fuzzy dapat disesuaikan secara otomatis terhadap ukuran televisi yang dipilih pengguna sehingga sistem menjadi lebih adaptif dibandingkan penggunaan batas jarak tetap. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengusulkan

Sistem Peringatan Jarak Aman pada Anak dan Lansia saat Menonton Televisi Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Metode Fuzzy Logic. Sistem yang dikembangkan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur jarak pengguna terhadap televisi, mikrokontroler ESP32 sebagai pengolah data, serta aplikasi Blynk sebagai media pemantauan. Metode Fuzzy Inference System (FIS) tipe Mamdani digunakan untuk mengklasifikasikan hasil pengukuran menjadi tiga kondisi, yaitu Terlalu Dekat, Jarak Aman, dan Terlalu Jauh, dengan batas setiap kategori yang dihitung berdasarkan nilai Preferred Viewing Distance (PVD). Dengan demikian, sistem yang dikembangkan diharapkan mampu memberikan peringatan secara adaptif sesuai ukuran televisi sehingga dapat membantu pengguna menjaga jarak menonton yang lebih nyaman dan mengurangi risiko gangguan kesehatan akibat kebiasaan menonton televisi pada jarak yang terlalu dekat.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Metode fuzzy logic merupakan salah satu pendekatan kecerdasan buatan yang banyak digunakan untuk menangani data yang bersifat tidak pasti (*uncertainty*) serta menghasilkan keputusan berdasarkan aturan linguistik yang menyerupai proses pengambilan keputusan manusia. Berbeda dengan metode berbasis ambang batas (*threshold*), fuzzy logic mampu memberikan keputusan secara bertahap melalui derajat keanggotaan (*membership function*), sehingga perubahan kondisi tidak menyebabkan perubahan keputusan secara tiba-tiba. Karakteristik tersebut menjadikan fuzzy logic sesuai diterapkan pada sistem yang membutuhkan respons adaptif terhadap perubahan nilai masukan. Penerapan fuzzy logic telah dilakukan pada berbagai bidang. Penelitian mengenai sistem irigasi otomatis menunjukkan bahwa fuzzy logic mampu mengatur proses penyiraman berdasarkan kondisi kelembaban tanah dan suhu lingkungan secara adaptif sehingga penggunaan air menjadi lebih efisien [3]. Selain itu, fuzzy logic juga diterapkan pada sistem tongkat pintar bagi penyandang tunanetra yang memanfaatkan sensor ultrasonik untuk mendeteksi rintangan dan menentukan arah pergerakan secara otomatis [4]. Kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa fuzzy logic mampu mengolah data sensor secara real-time dan menghasilkan keputusan yang lebih fleksibel dibandingkan metode konvensional. Pada bidang lain, penelitian mengenai pengenalan tindakan manusia menggunakan metode CAPFormer menunjukkan pentingnya proses identifikasi aktivitas manusia secara akurat pada lingkungan yang dinamis [5]. Meskipun penelitian tersebut menggunakan pendekatan *deep learning*, konsep pengambilan keputusan berdasarkan perubahan kondisi lingkungan memiliki keterkaitan dengan sistem yang dikembangkan pada penelitian ini. Selain itu, fuzzy logic juga telah diterapkan pada sistem pengenalan gestur lalu lintas kendaraan otonom untuk mengklasifikasikan gerakan manusia pada lingkungan yang kompleks dan tidak pasti [6]. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa fuzzy logic memiliki kemampuan yang baik dalam menangani perubahan kondisi secara bertahap. Selain aspek teknis, faktor kesehatan juga menjadi dasar dalam penelitian ini. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa aktivitas menonton televisi dalam durasi yang panjang pada kelompok lansia berkaitan dengan peningkatan risiko obesitas dan penyakit kardiovaskular [2]. Di sisi lain, aktivitas menonton televisi dengan jarak yang terlalu

dekat juga dapat menyebabkan kelelahan mata dan menurunkan kenyamanan visual, terutama pada anak-anak yang masih berada dalam masa pertumbuhan [1]. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang mampu memantau jarak menonton secara otomatis sehingga pengguna dapat memperoleh peringatan ketika berada pada posisi yang kurang aman. Penelitian mengenai sistem pemantauan jarak aman menonton televisi sebelumnya telah dilakukan oleh Iswanto dan Maharani Raharja menggunakan metode Fuzzy Decision Tree. Sistem tersebut memanfaatkan sensor ultrasonik untuk mengukur jarak pengguna terhadap televisi dan mengklasifikasikan kondisi berdasarkan aturan fuzzy sehingga mampu memberikan informasi mengenai tingkat keamanan jarak menonton [8]. Penelitian tersebut membuktikan bahwa pendekatan berbasis fuzzy dapat diterapkan pada sistem pemantauan jarak menonton secara otomatis. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini menggunakan metode Fuzzy Inference System (FIS) tipe Mamdani dengan konsep Preferred Viewing Distance (PVD) yang dikemukakan oleh Lee [7]. Pada penelitian Lee dijelaskan bahwa jarak menonton yang nyaman dipengaruhi oleh ukuran layar televisi sehingga setiap ukuran televisi memiliki jarak pandang optimal yang berbeda. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan ukuran televisi sebagai parameter untuk menghitung nilai Preferred Viewing Distance (PVD), kemudian membentuk fungsi keanggotaan fuzzy berdasarkan nilai tersebut. Dengan pendekatan ini, batas kategori Terlalu Dekat, Jarak Aman, dan Terlalu Jauh tidak bersifat tetap, melainkan menyesuaikan ukuran televisi yang dipilih pengguna. Pendekatan tersebut diharapkan mampu menghasilkan sistem peringatan jarak menonton yang lebih adaptif, fleksibel, dan sesuai dengan kondisi penggunaan sebenarnya.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Perancangan

Penelitian ini bertujuan untuk menguji dan mengimplementasikan sistem peringatan jarak aman pada anak dan lansia saat menonton televisi berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan metode *fuzzy logic*. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.1 berikut:



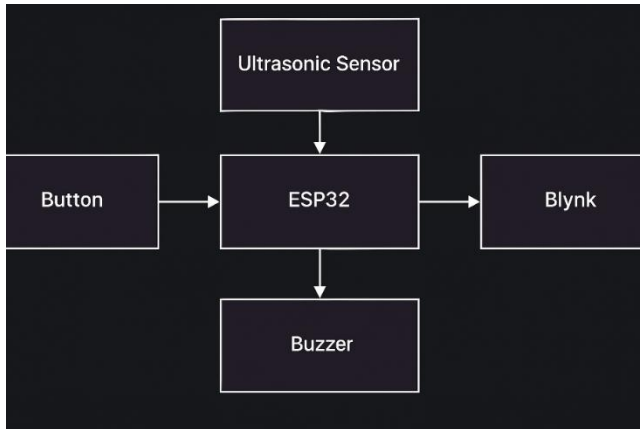
Gambar 3.1 Perancangan Mekanikal

Gambar 3.1 menunjukkan tahapan penelitian yang dimulai dengan perancangan elektrikal dan mekanikal,

pengujian alat, pembuatan program, pengujian sensor dan analisis data.

3.2 Desain sistem dan Alur kerja Sistem

Perancangan sistem secara fungsional digambarkan melalui diagram blok sistem dan flowchart sistem kerja.



Gambar 3.2 Blok Diagram Sistem

Diagram blok pada Gambar 3.2 menunjukkan hubungan antar komponen utama, sedangkan *flowchart* pada Gambar 3.3 menjelaskan urutan logika kerja sistem secara keseluruhan.



Gambar 3.3 Flowchart alur kerja

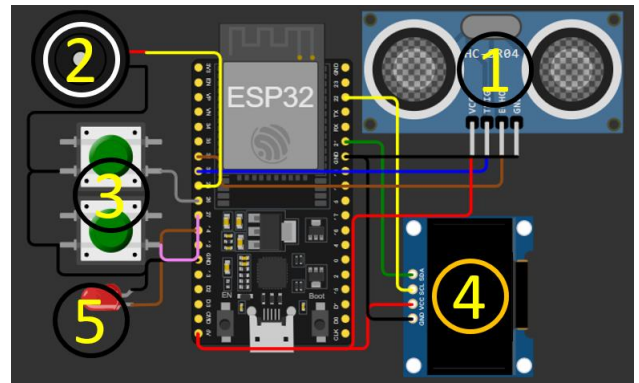
Flowchart ini menggambarkan proses dimulai dari inisialisasi sistem, pembacaan jarak, klasifikasi jarak dengan fuzzy logic, hingga pengambilan keputusan untuk mengaktifkan buzzer dan mengirim notifikasi.

3.3 Deskripsi kerja sistem

Saat alat diberi sebuah daya, sistem maka ESP32 akan mulai membaca nilai jarak dari sensor ultrasonik. Data tersebut diolah oleh sistem *fuzzy* yang telah ditanamkan pada mikrokontroler. Jika jarak masuk ke kategori “Terlalu Dekat”, maka buzzer akan aktif dan notifikasi akan dikirim melalui aplikasi Blynk ke smartphone pengguna. Jika jarak berada dalam kategori “Jarak Aman” atau “Terlalu Jauh”, maka sistem akan memberikan status

tetapi tidak membunyikan alarm.

3.4 Rancangan Desain Elektrikal



Gambar 3.4 Desain Elektrikal

Pada Gambar 3.4 desain elektrikal menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler, Sensor ultrasonik sebagai pendeteksi Jarak aman, Buzzer sebagai alarm bunyi jika kondisi penonton sudah terlalu dekat ke layar TV, Aplikasi blynk sebagai IoT untuk mengirim notifikasi jika ada yang menonton TV terlalu dekat. Untuk keterangan wiring bisa dilihat pada Tabel 3.1.

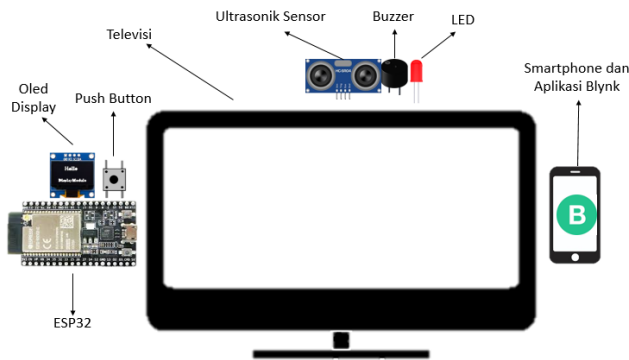
Tabel 3.1 Wiring desain elektrikal

No	Komponen	Pin Komponen	Pin Mikrokontroler	Keterangan
1	Sensor Ultrasonik	VCC	5V	Tegangan
		GND	GND	Ground
		Trig	GPIO33	Untuk mengirim sinyal gelombang ke esp32
		Echo	GPIO32	Menerima pantulan gelombang ultrasonik
2	Buzzer	+(Plus)	GPIO25	(Trigger) Untuk menghidupkan suara buzzer.
		-(Min)	GND	Ground
3	Push Button 1 dan 2	Pin 1	GND	Ground
		Pin 2	GPIO26 dan GPIO27	Digunakan Untuk input ukuran Televisi
4	OLED Display	GND	GND	Digunakan untuk melihat Inputan ukuran Televisi saat pushbutton dipencet
		VCC	V5	
		SCL	GPIO22	
		SDA	GPIO21	
5	LED	Anoda (-)	GND	Ground
		Cathoda (+)	GPIO14	Guna untuk indikator saat

N o	Komponen	Pin Komponen	Pin Mikrokontroler	Keterangan
				berada di jarak peringatan atau jarak bahaya

Berdasarkan Tabel 3.1, sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali yang terhubung dengan sensor ultrasonik HC-SR04, buzzer, LED, serta aplikasi Blynk melalui jaringan Wi-Fi. Sensor HC-SR04 berfungsi mengukur jarak pengguna terhadap televisi secara *real-time*. Data hasil pengukuran diproses menggunakan metode Fuzzy Inference System (FIS) tipe Mamdani untuk menentukan kategori Terlalu Dekat, Jarak Aman, atau Terlalu Jauh berdasarkan nilai Preferred Viewing Distance (PVD) sesuai ukuran televisi yang dipilih pengguna. Hasil inferensi kemudian digunakan untuk mengaktifkan buzzer dan LED sebagai media peringatan, sedangkan informasi jarak, ukuran televisi, dan status sistem ditampilkan melalui aplikasi Blynk secara *real-time*.

3.3 Desain Mekanikal



Gambar 3.5 Desain Mekanikal

Gambar 3.5 adalah gambar Desain mekanikal sistem dirancang agar proses pemantauan jarak menonton televisi dapat dilakukan secara optimal. Sensor ultrasonik HC-SR04 ditempatkan pada bagian depan televisi untuk mengukur jarak pengguna secara *real-time*, sedangkan ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali yang memproses data menggunakan metode Fuzzy Inference System (FIS) tipe Mamdani. Hasil inferensi digunakan untuk mengaktifkan buzzer dan LED sebagai media peringatan, sementara informasi jarak, ukuran televisi, dan status sistem ditampilkan melalui aplikasi Blynk menggunakan koneksi Wi-Fi. Dengan rancangan tersebut, sistem mampu memberikan pemantauan dan peringatan jarak menonton secara adaptif sesuai ukuran televisi yang dipilih pengguna.

3.6 Rancangan Fuzzy Logic

Penelitian ini menggunakan metode Fuzzy Inference System (FIS) tipe Mamdani untuk menentukan kategori jarak menonton berdasarkan ukuran televisi. Sistem memiliki dua variabel masukan, yaitu ukuran televisi dan jarak penonton. Ukuran televisi digunakan untuk menghitung nilai Preferred Viewing Distance (PVD) berdasarkan penelitian Lee [7], sedangkan data jarak yang diperoleh dari sensor ultrasonik diproses melalui tahapan fuzzification, rule base, inferensi Mamdani (min-max), dan defuzzification (centroid). Hasil proses tersebut digunakan

untuk mengklasifikasikan posisi pengguna ke dalam tiga kondisi, yaitu Terlalu Dekat, Jarak Aman, dan Terlalu Jauh, sehingga sistem mampu memberikan keputusan yang lebih adaptif sesuai dengan ukuran televisi yang dipilih.

1) Perhitungan Preferred Viewing Distance (PVD)

Penentuan jarak aman mengacu pada penelitian Lee [7] yang menyatakan bahwa Preferred Viewing Distance (PVD) adalah sekitar tiga kali tinggi layar televisi (3H). Karena ukuran televisi dinyatakan dalam satuan inci, terlebih dahulu dilakukan konversi menjadi tinggi layar menggunakan rasio 16:9.

Persamaan 1

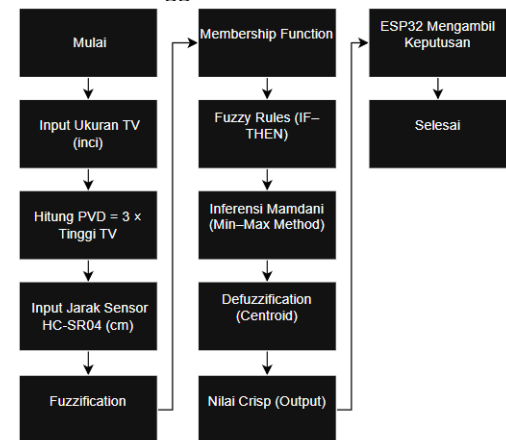
$$\text{Tinggi TV} = \text{Diagonal TV} \times \frac{9}{\sqrt{16^2 - 9^2}}$$

Persamaan 2

$$\text{PVD} = 3 \times H$$

2) Perancangan Fuzzy Logic

Metode Fuzzy Inference System (FIS) tipe Mamdani dipilih karena mampu menangani perubahan nilai jarak yang bersifat kontinu sehingga menghasilkan keputusan yang lebih fleksibel dibandingkan metode berbasis ambang batas tetap (*threshold*). Proses fuzzy terdiri atas empat tahapan, yaitu fuzzification, pembentukan aturan (rule base), inferensi menggunakan operator Min-Max, dan defuzzification menggunakan metode Centroid.



Gambar 3.6 Diagram Perancangan Fuzzy Logic

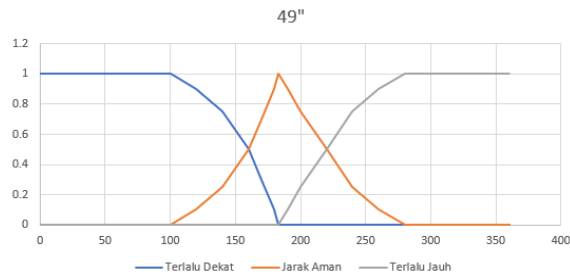
Pada tahap fuzzification, nilai jarak hasil pembacaan sensor diubah menjadi derajat keanggotaan pada tiga himpunan linguistik, yaitu Terlalu Dekat, Jarak Aman, dan Terlalu Jauh. Selanjutnya sistem melakukan proses inferensi berdasarkan aturan IF-THEN. Hasil inferensi kemudian diubah menjadi nilai tegas (*crisp value*) menggunakan metode Centroid untuk menentukan kondisi akhir sistem.

3) Membership Function Variabel Jarak

Variabel jarak dibagi menjadi tiga fungsi keanggotaan, yaitu Terlalu Dekat, Jarak Aman, dan Terlalu Jauh. Batas setiap kategori tidak bersifat tetap, melainkan menyesuaikan nilai Preferred Viewing Distance (PVD) sehingga sistem dapat beradaptasi terhadap berbagai ukuran televisi.

Tabel 3.3 *Membership Function* Jarak Penonton ke Televisi

Variabel	Fungsi Keanggotaan
Terlalu Dekat	Jarak < PVD
Jarak Aman	Jarak berada di sekitar PVD
Terlalu Jauh	Jarak > PVD



Gambar 3.7 Membership Function Variabel Jarak

Pada penelitian ini digunakan televisi 49 inci, sehingga diperoleh nilai PVD sebesar 183 cm yang menjadi titik pusat fungsi keanggotaan. Untuk ukuran televisi lainnya, proses perhitungan dilakukan secara otomatis sehingga bentuk fungsi keanggotaan akan menyesuaikan nilai PVD yang baru.

4) Fuzzy Rules

Setelah proses fuzzification selesai, sistem menentukan keputusan menggunakan aturan IF-THEN sebagai dasar inferensi Mamdani.

Tabel 3.4 Fuzzy Rules

Rule	Aturan
R1	IF Jarak = Terlalu Dekat THEN Output = Terlalu Dekat
R2	IF Jarak = Jarak Aman THEN Output = Jarak Aman
R3	IF Jarak = Terlalu Jauh THEN Output = Terlalu Jauh

Apabila nilai jarak berada pada daerah overlap, maka lebih dari satu aturan dapat aktif secara bersamaan sesuai dengan derajat keanggotaannya. Selanjutnya operator Min-Max digunakan untuk memperoleh hasil inferensi.

5) Defuzzification

Tahap terakhir adalah defuzzification, yaitu mengubah hasil inferensi fuzzy menjadi nilai tegas (*crisp value*) menggunakan metode Center of Gravity (Centroid).

$$z^* = \frac{\int \mu(z) \cdot z \, dz}{\int \mu(z) \, dz}$$

Nilai *crisp* yang dihasilkan digunakan oleh ESP32 untuk menentukan kondisi akhir sistem, yaitu Terlalu Dekat, Jarak Aman, atau Terlalu Jauh. Selanjutnya sistem mengaktifkan buzzer, LED, serta mengirimkan status ke aplikasi Blynk secara *real-time*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Bab ini menyajikan hasil pengujian terhadap sistem peringatan jarak aman saat menonton televisi berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) tipe Mamdani. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja

sensor ultrasonik HC-SR04, implementasi metode fuzzy, respon perangkat keluaran, serta performa sistem secara keseluruhan. Data hasil pengujian dianalisis secara kuantitatif dan kualitatif untuk mengetahui tingkat akurasi, kestabilan, dan kesesuaian sistem terhadap rancangan yang telah dibuat pada Bab III.

4.1.1. Hasil Pengujian Akurasi Sensor Ultrasonik

Pengujian akurasi sensor ultrasonik HC-SR04 dilakukan untuk mengetahui tingkat ketelitian sensor dalam mengukur jarak objek terhadap sensor.

Tabel 4.1. Hasil Pengujian Akurasi Sensor Ultrasonik

Jarak Sebenarnya (Cm)	Percobaan Dengan Sensor	Error (%)
50	50	0,00%
75	75	0,00%
100	100	0,00%
150	150	0,00%
200	200	0,00%
250	250	0,00%
300	300	0,00%

Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengujian akurasi sensor ultrasonik dengan membandingkan jarak sebenarnya terhadap hasil pembacaan sensor. Berdasarkan hasil pengujian pada rentang jarak 50 cm hingga 300 cm, seluruh nilai pembacaan sensor sesuai dengan jarak sebenarnya sehingga menghasilkan nilai error sebesar 0,00% pada setiap percobaan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor mampu mengukur jarak dengan sangat akurat pada kondisi pengujian yang dilakukan.

4.1.2. Hasil Pengujian Fuzzy Logic

pengujian ini digunakan televisi berukuran 49 inci sebagai objek uji, sehingga nilai *Preferred Viewing Distance* (PVD) yang digunakan adalah sebesar 183 cm.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Fuzzy Logic (TV 49 inci)

N o	Jarak (cm)	Terlalu Dekat	Jarak Aman	Terlalu Jauh	Hasil Inferensi	Output Sistem
1	100	1.00	0.00	0.00	Terlalu Dekat	Buzzer ON, LED Merah ON, Notifikasi Blynk
2	140	0.75	0.25	0.00	Transisi menuju Jarak Aman	Buzzer ON, LED Merah ON, Notifikasi Blynk
3	160	0.50	0.50	0.00	Transisi (overlap)	Buzzer ON, LED Merah ON,

						Notifikasi Blynk
4	170	0.30	0.70	0.00	Jarak Aman (dominan)	LED Hijau ON, Buzzer OFF, Status Blynk: Jarak Aman
5	183	0.00	1.00	0.00	Jarak Aman	LED Hijau ON, Buzzer OFF, Status Blynk: Jarak Aman
6	200	0.00	0.70	0.30	Jarak Aman (dominan)	LED Hijau ON, Buzzer OFF, Status Blynk: Jarak Aman
7	220	0.00	0.50	0.50	Transisi (overlap)	LED Kuning ON, Buzzer OFF, Status Blynk: Terlalu Jauh
8	240	0.00	0.25	0.75	Transisi menuju Terlalu Jauh	LED Kuning ON, Buzzer OFF, Status Blynk: Terlalu Jauh
9	280	0.00	0.00	1.00	Terlalu Jauh	LED Kuning ON, Buzzer OFF, Status Blynk: Terlalu Jauh

Berdasarkan Tabel 4.2, hasil pengujian menunjukkan bahwa implementasi *fuzzy logic* pada televisi berukuran 49 inci telah berjalan sesuai dengan rancangan sistem. Setiap nilai jarak yang dibaca oleh sensor ultrasonik berhasil dipetakan ke dalam derajat keanggotaan pada tiga himpunan fuzzy, yaitu *Terlalu Dekat*, *Jarak Aman*, dan *Terlalu Jauh*.

4.1.3. Hasil Pengujian Respon Sistem (LED, Buzzer, dan Blynk)

Pengujian respon sistem dilakukan untuk mengetahui apakah keluaran (*output*) yang dihasilkan sesuai dengan hasil inferensi *fuzzy logic*. Pengujian dilakukan dengan mengamati kondisi LED, *buzzer*, serta informasi status pada aplikasi Blynk berdasarkan perubahan jarak penonton terhadap televisi.

Tabel 4.3 Respon Sistem Berdasarkan Kategori Jarak

No	Input Jarak (cm)	Hasil Inferensi	LED	Buzzer	Status Blynk	Status Pengujian
1	100	Terlalu Dekat	Merah ON	ON	Terlalu Dekat	Berhasil
2	170	Jarak Aman	Hijau ON	OFF	Jarak Aman	Berhasil
3	183	Jarak Aman	Hijau ON	OFF	Jarak Aman	Berhasil
4	240	Terlalu Jauh	Kuning ON	OFF	Terlalu Jauh	Berhasil
5	280	Terlalu Jauh	Kuning ON	OFF	Terlalu Jauh	Berhasil

Berdasarkan Tabel 4.3, seluruh keluaran sistem telah bekerja sesuai dengan hasil inferensi *fuzzy*. Ketika pengguna berada pada kategori *Terlalu Dekat*, sistem mengaktifkan LED merah, *buzzer*, dan mengirimkan status *Terlalu Dekat* ke aplikasi Blynk sebagai peringatan kepada pengguna.

4.1.4. Hasil Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja keseluruhan sistem mulai dari proses pembacaan sensor, pengolahan *fuzzy logic*, hingga pemberian respon melalui LED, *buzzer*, dan aplikasi Blynk.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Alat Secara Keseluruhan

No	Skenario Pengujian	Hasil Sistem	Status
1	Pengguna berada pada kategori <i>Terlalu Dekat</i>	LED merah, buzzer aktif, status Blynk <i>Terlalu Dekat</i>	Berhasil
2	Pengguna berada pada kategori <i>Jarak Aman</i>	LED hijau aktif, buzzer tidak aktif	Berhasil
3	Pengguna berada pada kategori <i>Terlalu Jauh</i>	LED kuning aktif, buzzer tidak aktif	Berhasil
4	Jarak berubah secara bertahap	Status sistem berubah mengikuti hasil inferensi <i>fuzzy</i>	Berhasil

Berdasarkan Tabel 4.4, seluruh komponen sistem mampu bekerja sesuai dengan rancangan. Sensor

ultrasonik berhasil membaca jarak penonton, kemudian data diproses menggunakan metode *Fuzzy Inference System* tipe Mamdani sehingga menghasilkan keputusan yang sesuai dengan kondisi pengguna. Seluruh indikator mampu memberikan respon yang tepat sesuai kategori *Terlalu Dekat*, *Jarak Aman*, maupun *Terlalu Jauh*. Hal ini menunjukkan bahwa sistem telah berfungsi secara stabil dan dapat digunakan sesuai tujuan penelitian.

4.2 Pembahasan

4.2.1 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4.1, sensor ultrasonik HC-SR04 mampu mengukur jarak dengan baik. Hasil pembacaan sensor memiliki tingkat kesalahan yang sangat kecil sehingga layak digunakan sebagai masukan utama pada sistem. Akurasi tersebut menunjukkan bahwa sensor mampu memberikan data jarak yang stabil untuk diproses menggunakan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) tipe Mamdani.

4.2.2 Hasil Pengujian Fuzzy Logic

Hasil pengujian pada Tabel 4.3 menunjukkan bahwa implementasi *Fuzzy Inference System* tipe Mamdani telah berjalan sesuai dengan rancangan. Nilai jarak yang diperoleh dari sensor terlebih dahulu melalui proses fuzzification sehingga menghasilkan derajat keanggotaan pada kategori *Terlalu Dekat*, *Jarak Aman*, dan *Terlalu Jauh*. Pada daerah overlap, satu nilai jarak dapat memiliki dua derajat keanggotaan secara bersamaan. Sebagai contoh, pada jarak 160 cm diperoleh nilai keanggotaan 0,50 pada kategori *Terlalu Dekat* dan 0,50 pada kategori *Jarak Aman*, sedangkan pada jarak 220 cm diperoleh nilai 0,50 pada kategori *Jarak Aman* dan 0,50 pada kategori *Terlalu Jauh*. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa metode fuzzy mampu menghasilkan perubahan keputusan secara bertahap (*smooth transition*) tanpa perpindahan status secara tiba-tiba sebagaimana metode berbasis threshold. Selain itu, nilai *Preferred Viewing Distance* (PVD) sebesar 183 cm menjadi titik acuan dengan derajat keanggotaan maksimum pada kategori *Jarak Aman*. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu menyesuaikan keputusan berdasarkan ukuran televisi sehingga lebih adaptif dibandingkan menggunakan batas jarak yang tetap.

4.2.3 Respon Sistem

Pengujian respon sistem menunjukkan bahwa seluruh komponen bekerja sesuai dengan hasil inferensi fuzzy. Pada kategori *Terlalu Dekat*, sistem mengaktifkan LED merah, buzzer, serta mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Blynk. Pada kategori *Jarak Aman*, sistem menyalakan LED hijau sebagai indikator bahwa posisi penonton telah sesuai dengan nilai PVD. Sementara itu, pada kategori *Terlalu Jauh*, sistem mengaktifkan LED kuning sebagai informasi bahwa pengguna telah berada di luar jarak menonton yang direkomendasikan. Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa integrasi sensor ultrasonik, ESP32, metode *Fuzzy Inference System* tipe Mamdani, dan aplikasi Blynk mampu menghasilkan sistem pemantauan jarak menonton televisi yang adaptif serta memberikan respon secara real-time.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan

sistem peringatan jarak aman menonton televisi berbasis Internet of Things menggunakan metode *Fuzzy Inference System* (FIS) tipe Mamdani. Sensor ultrasonik HC-SR04 mampu mengukur jarak dengan baik sehingga dapat digunakan sebagai masukan utama sistem. Berdasarkan nilai *Preferred Viewing Distance* (PVD), sistem mampu mengklasifikasikan posisi pengguna ke dalam kategori *Terlalu Dekat*, *Jarak Aman*, dan *Terlalu Jauh*. Implementasi membership function, fuzzy rules, inferensi Mamdani, dan defuzzification menghasilkan keputusan yang adaptif dengan perubahan status yang berlangsung secara bertahap pada daerah overlap. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan peringatan melalui LED, buzzer, dan aplikasi Blynk secara real - time, sehingga tujuan penelitian untuk membangun sistem pemantauan jarak menonton televisi berbasis IoT berhasil dicapai.

SARAN

Pengembangan penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan sensor yang memiliki tingkat akurasi lebih tinggi, seperti *Time of Flight* (ToF) atau kamera berbasis computer vision, sehingga proses pendeteksian jarak menjadi lebih presisi. Selain itu, konsep *Preferred Viewing Distance* (PVD) dapat dikembangkan agar mampu menyesuaikan berbagai ukuran televisi secara otomatis tanpa memerlukan pengaturan dari pengguna. Dari sisi perangkat lunak, aplikasi Blynk dapat dilengkapi dengan fitur penyimpanan riwayat pengukuran dan analisis kebiasaan menonton. Sementara itu, metode *Fuzzy Inference System* juga dapat dikembangkan menggunakan pendekatan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) atau metode machine learning agar sistem mampu beradaptasi secara otomatis terhadap perilaku pengguna.

REFERENSI

- [1] M. F. Riza and M. F. N. R. Ghifari, "Safe Distance Detector to Watching Television," *2018 Third Int. Conf. Informatics Comput.*, no. Lcd, pp. 1–5.
- [2] F. D. S. Catarina, "Tempo de televisão , obesidade e doenças cardiovasculares em idosos brasileiros : Pesquisas Nacionais de Saúde 2013 e 2019 Screen time , obesity and cardiovascular disease among elderly Brazilians : 2013 and 2019 National Health Surveys," pp. 3169–3182, 2019, doi: 10.1590/1413-812320232811.12692022.
- [3] C. Aboti, C. Sagade, A. Mehta, and M. Lohana, "Adaptive irrigation system based on fuzzy logic," *Int. J. Sci. Technol. Res.*, vol. 9, no. 3, pp. 6732–6740, 2020.
- [4] M. D. Messaoudi, B. A. J. Menelas, and H. Mcheick, "Autonomous Smart White Cane Navigation System for Indoor Usage," *Technologies*, vol. 8, no. 3, 2020, doi: 10.3390/technologies8030037.
- [5] J. Lorenzo *et al.*, "CAPformer: Pedestrian crossing action prediction using transformer," *Sensors*, vol. 21, no. 17, pp. 1–22, 2021, doi:

10.3390/s21175694.

- [6] K. O. Ampadu and M. Huebner, "Road Traffic Gesture Autonomous Integrity Monitoring Using Fuzzy Logic," *Sensors*, vol. 25, no. 1, pp. 1–18, 2025, doi: 10.3390/s25010152.
- [7] D. Lee, "Preferred viewing distance of liquid crystal high-de fi nition television," vol. 43, p. 6870, 2012, doi: 10.1016/j.apergo.2011.04.007.
- [8] N. M. Raharja, "Standard Distance Detector Tool for TV users based on Fuzzy Decision Tree Standard Distance Detector Tool for TV users based on Fuzzy Decision Tree," 2020, doi: 10.1088/1757-899X/851/1/012026.

