JURNAL SISTEM KOMPUTER TGD
Volume 5, Nomor 3, Mei 2026, Hal 215-226
P-ISSN : 2828-4933; E-ISSN : 2828-4682
https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom

Implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto Pada System Otomatis Fermentasi Tempe Berbasis Mikrokontroler

Egi Prasetyo [1], Zulfian Azmi[2], Sri Murniyanti[3]
[1] Sistem Komputer, STMIK Triguna Dharma
[2,3] Sistem Informasi, STMIK Triguna Dharma
Email: [1]egiprasetyo728@gmail.com, [2]zulfian.azmi@gmail.com, [3]srimurnianti21@gmail.com
Email Penulis Korespondensi: egiprasetyo728@gmail.com

Abstrak
Proses fermentasi tempe secara tradisional sangat dipengaruhi oleh kondisi suhu dan kelembaban lingkungan. Ketidakstabilan dua faktor ini sering menyebabkan hasil fermentasi tidak optimal, bahkan bisa gagal. Selain itu, proses fermentasi yang memakan waktu antara 18 hingga 48 jam turut menghambat efektivitas produksi. Sebagai solusi, dikembangkan alat fermentasi tempe otomatis berbasis mikrokontroler *Arduino Uno*. Alat ini dilengkapi dengan sensor suhu DHT11 dan sensor kelembaban DS18B20, serta menerapkan metode logika *fuzzy* Tsukamoto untuk mengatur suhu dan kelembaban secara otomatis. Berdasarkan hasil pengujian, sistem ini mampu menjaga suhu dan kelembaban dalam rentang ideal fermentasi (30°C–37°C), sehingga proses berlangsung lebih stabil. Alat ini terbukti mempercepat fermentasi serta menghasilkan tempe dengan kualitas yang lebih baik dan konsisten. Inovasi ini sangat membantu dalam meningkatkan efisiensi dan keberhasilan produksi tempe secara berkelanjutan.
Kata Kunci: *Fuzzy Logyc*, Fuzzy Tsukamoto, Arduino Uno, DHT 11, DS18B20

Abstract
The traditional tempeh fermentation process is highly influenced by environmental temperature and humidity. Instability in these two factors often leads to suboptimal fermentation results or even complete failure. Additionally, the fermentation process, which takes between 18 to 48 hours, can hinder production efficiency. As a solution, an automatic tempeh fermentation device was developed using an Arduino Uno microcontroller. This device is equipped with a DHT11 temperature sensor and a DS18B20 humidity sensor, and it applies the fuzzy Tsukamoto logic method to automatically regulate temperature and humidity. Based on testing results, the system can maintain ideal fermentation conditions (30°C–37°C), ensuring a more stable process. The device has proven to accelerate fermentation and produce tempeh with better and more consistent quality. This innovation significantly enhances the efficiency and success of tempeh production in a sustainable manner.
Keywords: *Fuzzy Logyc, Fuzzy Tsukamoto, Arduino Uno, DHT 11, DS18B20*

1. PENDAHULUAN

Tempe merupakan makanan tradisional yang digemari masyarakat Indonesia dan menjadi konsumsi utama sehari-hari. Terbuat dari kacang kedelai yang difermentasi dengan kapang *Rhizopus sp.*, proses ini menghasilkan enzim yang mengubah senyawa kompleks menjadi lebih sederhana dan mudah dicerna. Umumnya, tempe dibuat secara tradisional dengan ditutup kain, tanpa pengaturan suhu dan kelembaban yang pasti. Ketidakstabilan kondisi lingkungan dapat menyebabkan kegagalan fermentasi dan kerugian produksi. Karena pembuat tempe tidak mengetahui suhu dan kelembaban ruang secara pasti, kualitas dan waktu kematangan tempe menjadi tidak konsisten[1].

Peningkatan Proses fermentasi tempe membutuhkan waktu 18 hingga 48 jam, yang sering kali menyebabkan hasil produksi kurang optimal. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan alat yang dapat mempercepat dan mengoptimalkan proses fermentasi. Alat optimasi fermentasi tempe bekerja pada rentang suhu 30ºC–37ºC, dengan kestabilan suhu dan kelembaban yang sangat berpengaruh terhadap lama pemeraman. Karena proses fermentasi memerlukan kondisi ruang yang stabil, solusi terbaik adalah mengganti metode manual dengan mesin fermentasi tempe otomatis. Dengan alat ini, proses fermentasi menjadi lebih mudah, praktis, dan menghasilkan tempe berkualitas secara konsisten [2].

Alat fermentasi tempe otomatis ini menggunakan *Arduino Uno* sebagai pengendali utama yang mengatur seluruh proses masukan dan keluaran pada sistem. Alat ini dilengkapi dengan dua sensor, yaitu sensor suhu *DHT11* dan sensor kelembaban *DS18B20*, yang berfungsi untuk memantau kondisi lingkungan selama proses fermentasi. Dalam pengaturannya, sistem ini menerapkan metode *Fuzzy Logic*, khususnya metode *Fuzzy Tsukamoto*. Metode ini sering digunakan dalam pengendalian sistem karena memiliki keunggulan dibanding metode fuzzy lainnya. Keunggulannya antara lain bersifat intuitif, fleksibel, serta mampu menangani proses yang kompleks seperti cara kerja pemikiran manusia. Dengan metode ini, alat mampu mengatur suhu dan kelembaban secara otomatis untuk menghasilkan fermentasi tempe yang optimal dan konsisten[3].

Penelitian ini menggunakan konsep logika *Fuzzy Tsukamoto* untuk mengontrol suhu dan kelembapan pada alat fermentasi tempe. Metode *Fuzzy Tsukamoto* mampu mengelompokkan data berdasarkan *input* yang diterima dan menerapkan aturan yang telah ditentukan untuk menghasilkan output sesuai yang diharapkan. Metode ini merupakan pengembangan dari sistem penalaran monoton, di mana setiap aturan berbentuk *IF-THEN* dan konsekuennya harus

JURNAL SISTEM KOMPUTER TGD
Volume 5, Nomor 3, Mei 2026, Hal 215-226
P-ISSN : 2828-4933; E-ISSN : 2828-4682
https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom

direpresentasikan dalam himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang bersifat monoton. Hasil dari proses inferensi tersebut berupa nilai tegas (*crisp value*) yang diperoleh melalui perhitungan *α-predikat* atau *fire strength* [4].

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian atau kerangka kerja dari penelitian yang telah dilakukan sesuai pada gambar 1 adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Berdasarkan kerangka kerja yang ada diatas, maka dapat diuraikan pembahasan tentang masing-masing bagian dari kerangka kerja yaitu sebagai berikut :

a. Mengidentifikasi Masalah
   Identifikasi masalah dilakukan melalui observasi awal pada proses fermentasi tempe, khususnya sistem otomatis berbasis mikrokontroler dengan metode *Fuzzy Tsukamoto*. Ditemukan permasalahan pada suhu ruangan yang cepat meningkat, menyebabkan kondisi tidak stabil untuk fermentasi.
b. Menganalisis Masalah
   Setelah mengidentifikasi, langkah selanjutnya adalah menganalisis akar permasalahan sistem monitoring fermentasi. Berdasarkan evaluasi, diketahui bahwa suhu ruang yang berubah drastis dipengaruhi oleh panas dari radiator dan kurangnya sistem pendingin otomatis.
c. Menentukan Tujuan
   Tujuan penelitian ini adalah merancang sistem yang dapat memantau dan mengatur suhu ruangan fermentasi secara otomatis. Sistem tersebut menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto* sebagai pengendali logika suhu melalui sensor, untuk menjaga kestabilan suhu.
d. Mempelajari Literatur
   Tahap ini dilakukan dengan mengumpulkan berbagai referensi seperti jurnal, artikel, dan buku terkait mikrokontroler Arduino Uno, metode *Fuzzy Tsukamoto*, serta sensor suhu. Literatur tersebut menjadi dasar teori dalam membangun sistem dan memahami cara kerja metode yang akan digunakan.
e. 5. Mengumpulkan Data
   Data dikumpulkan melalui observasi langsung di beberapa lokasi produksi tempe untuk mengetahui kondisi aktual. Selain itu, data diperoleh dari hasil kajian pustaka sebagai pembanding antara teori dan praktik di lapangan. Informasi ini mencakup suhu rata-rata ruang fermentasi, kelembaban, serta respon peralatan yang digunakan sebelumnya.
f. Mendesain Sistem
   Desain sistem dilakukan menggunakan beberapa aplikasi pendukung seperti Arduino IDE untuk pemrograman, Proteus untuk simulasi rangkaian, dan SketchUp untuk desain visualisasi perangkat. Proses ini bertujuan untuk memastikan bahwa perangkat keras dan lunak dapat berfungsi secara harmonis.
g. Implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto

JURNAL SISTEM KOMPUTER TGD
Volume 5, Nomor 3, Mei 2026, Hal 215-226
P-ISSN : 2828-4933; E-ISSN : 2828-4682
https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom

Metode *Fuzzy Tsukamoto* diimplementasikan sebagai teknik kendali suhu radiator. Metode ini menentukan level suhu berdasarkan logika *IF-THEN*, yang menghasilkan *output* pulsa sinyal untuk mengatur perangkat pendingin atau pemanas.

h. Pengujian Sistem
Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan objek uji bersuhu berbeda untuk mengetahui respons sensor terhadap perubahan suhu. Pengujian ini bertujuan mengevaluasi keakuratan sensor dan efektivitas metode *Fuzzy Tsukamoto* dalam menjaga suhu ruang fermentasi.

i. Analisis Hasil
Hasil pengujian dianalisis untuk mengetahui sejauh mana sistem berhasil mengontrol suhu sesuai kebutuhan fermentasi tempe. Analisa mencakup keakuratan pembacaan sensor, respon sistem terhadap perubahan suhu, serta kestabilan suhu selama fermentasi berlangsung.

j. Pengambilan Kesimpulan
Kesimpulan diambil berdasarkan hasil analisa dan pengujian. Jika sistem terbukti mampu mengontrol suhu ruang fermentasi secara otomatis dan akurat, maka alat dianggap berhasil dan layak digunakan.

2.2 Fuzzy Logic

Metode Fuzzy merupakan sebuah metode dengan pemikiran bagaimana dapat menemukan sebuah solusi yang sifatnya samar/abu-abu yang akan merepresentasikan ke dalam bilangan numerik. *Fuzzy logic* yang merupakan salah satu bagian dari konssep kecerdasan buatan sering diimplementasikan dalam sebuah sistem kendali seperti sistem otomatis berbasis mikrokontroler dan robotik[5]. *Fuzzy system* adalah sistem yang dibangun berdasarkan kumpulan aturan *IF–THEN* (JIKA–MAKA) yang berasal dari pengetahuan atau pengalaman. Alasan penggunaan logika *fuzzy* adalah karena konsepnya mudah dipahami, sangat fleksibel, dan memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat[6].

.

2.3 Fuzzy Tsukamoto

Metode *Fuzzy Tsukamoto* diterapkan dengan menetapkan variabel *input* dan *output*, membentuk kurva keanggotaan, menentukan rumus, serta menghitung data berdasarkan kurva tersebut. Hasil akhir ditentukan oleh aturan (*rule*) yang telah ditetapkan sesuai data yang masuk. Metode ini digunakan untuk memberikan rekomendasi secara cepat, tepat, dan akurat. Salah satu penerapannya adalah dalam penentuan karyawan dengan kinerja terbaik berdasarkan kriteria tertentu. Data akan diklasifikasikan ke dalam kategori seperti bagus, sedang, atau buruk, lalu diolah menjadi nilai baru. Jika terdapat dua faktor, seperti *Ping* dan *Jitter*, maka nilai terkecil dari keduanya akan menjadi nilai akhir dalam metode *Fuzzy Tsukamoto* [7].

2.4 Arduino Uno

Arduino adalah keluarga papan mikrokontroler yang awalnya dikembangkan oleh perusahaan *Smart Projects*, dengan salah satu penciptanya adalah Massimo Banzi. Perangkat ini bersifat *open source*, sehingga siapa pun dapat membuat dan mengembangkannya. Arduino dirancang untuk memudahkan pembuatan alat berbasis mikrokontroler. Salah satu jenisnya, Arduino Uno, menggunakan mikrokontroler ATmega328 dan memiliki 14 pin input/output digital (6 dapat digunakan sebagai output *fuzzy*), 6 pin input analog, osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, jack daya, header ICSP, dan tombol reset. Arduino Uno dapat dijalankan melalui koneksi USB atau adaptor/listrik baterai[8].

2.5 Sensor DS18B20

IC DS18B20 merupakan sensor suhu yang banyak digunakan karena memiliki output tegangan linier sesuai perubahan suhu dalam satuan derajat Celsius. Setiap kenaikan suhu 1ºC menghasilkan peningkatan tegangan sebesar 10 mV. Sensor ini mampu mengukur suhu dalam rentang -55ºC hingga 150ºC tanpa memerlukan kalibrasi tambahan, dengan tingkat ketelitian sekitar ±0,25ºC. Selain itu, IC DS18B20 memiliki impedansi keluaran rendah, serta memberikan hasil pengukuran yang lebih presisi dan stabil, menjadikannya ideal untuk aplikasi pemantauan suhu[9].

2.6 Sensor DHT 11

Sensor DHT11 adalah sensor digital yang mampu mengukur suhu dan kelembaban dengan akurasi tinggi dan stabilitas yang baik. Sensor ini memiliki kalibrasi internal yang disimpan dalam *OTP memory*, sehingga saat mendeteksi suhu atau kelembaban, sensor langsung mengacu pada koefisien kalibrasi tersebut. DHT11 dikenal responsif, tahan gangguan (*anti-interference*), dan kompatibel dengan mikrokontroler. Dengan harga yang terjangkau, sensor ini menjadi pilihan ideal untuk berbagai aplikasi pemantauan lingkungan dengan keandalan dan efisiensi tinggi[10].

2.7 LCD 16 x 2

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu teknologi layer digital yang dapat menghasilkan citra pada sebuah permukaan yang rata (*flat*) dengan memberi sinar pada kristal cair dan filter berwarna, yang mempunyai struktur molekul polar, diapit antara dua elektroda yang transparan[11].

JURNAL SISTEM KOMPUTER TGD
Volume 5, Nomor 3, Mei 2026, Hal 215-226
P-ISSN : 2828-4933; E-ISSN : 2828-4682
https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom

2.8 Fan DC

Fan adalah kipas yang berfungsi mengatur sirkulasi udara dalam ruangan agar tetap normal. Umumnya digunakan sebagai pendingin, ventilasi (*exhaust fan*), atau pengering dengan bantuan elemen pemanas. Berdasarkan arah aliran udaranya, terdapat dua jenis kipas: kipas *centrifugal*, yang mengalirkan udara tegak lurus terhadap poros kipas, dan kipas *axial*, yang mengalirkan udara sejajar atau paralel dengan poros kipas[12].

2.9 Motor Driver

Motor driver L298N merupakan *motor driver* dengan dua *H-bridge* yang mampu mengoperasikan dua motor secara bersamaan. Pada dasarnya, *motor driver* ini berfungsi seperti saklar. *Driver* L298N membutuhkan suplai tegangan 12v dan 5v, dimana kecepatan motor dapat dikendalikan melalui logika high-low dan modulasi lebar pulsa (PWM)[13].

2.10 Relay

Relay merupakan saklar (*switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen elektromekanis dengan dua bagian utama, yaitu *elektromagnet* (kumparan) dan mekanisme saklar (kontak *switch*). Prinsip kerja *relay* menggunakan elektromagnetik untuk menggerakkan kontak saklar, sehingga arus listrik kecil (*low power*) dapat mengalirkan listrik dengan tegangan lebih 18 tinggi[14].

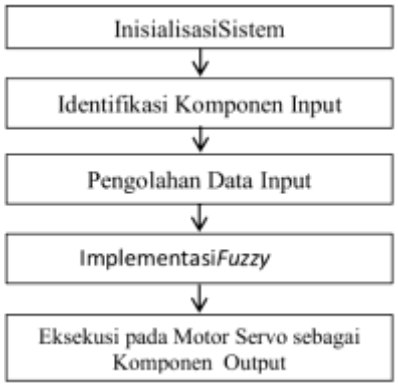
2.11 Lampu Pijar

Lampu pijar adalah sumber cahaya buatan yang dihasilkan ketika arus listrik dialirkan melalui filamen, membuatnya memanas dan memancarkan cahaya. Kaca yang melapisi filamen berfungsi melindunginya dari kontak dengan udara, mencegah kerusakan akibat oksidasi[15].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Algoritma Sistem

Algoritma sistem mer*up*akan sebuah implementasi metode atau algoritma di dalam studi kasus yang diteliti. Algoritma sistem sangat penting dalam pembentukan sebuah sistem yang akan dikembangkan ke dalam sebuah program.



Gambar 2. Algoritma Sistem

Berikut adalah penjelasan dari algoritma sistem diatas yaitu :

a. Inisialisasi Sistem
   Merupakan tahap awal agar sistem dapat berjalan, meliputi penyambungan *power supply*, penentuan *set point* jika diperlukan, serta koneksi awal antara komponen utama.
b. Identifikasi Inputan
   Setelah sistem aktif, sensor suhu mulai membaca suhu ruangan sebagai *input* yang akan digunakan untuk menentukan *set point* pengendalian suhu.
c. Proses Pengolahan Data *Input*an
   Data suhu dari sensor dikirim ke sistem kendali berbasis Arduino, kemudian diproses sesuai teknik pengendalian yang diterapkan untuk menghasilkan respon yang sesuai.
d. Implementasi Fuzzy Tsukamoto
   Metode *Fuzzy Tsukamoto* digunakan untuk membandingkan *input* suhu dan mengatur tegangan kerja kipas, memengaruhi nilai RPM. Hasil menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu, semakin besar tegangan, dengan kelembaban bervariasi tergantung suhu.

JURNAL SISTEM KOMPUTER TGD
Volume 5, Nomor 3, Mei 2026, Hal 215-226
P-ISSN : 2828-4933; E-ISSN : 2828-4682
https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom

3.2 Penerapan Metode Fuzzy Logic

Dari derajat keanggotaan yang ada, akan dibuat beberapa aturan(*inference rule*) yang akan dipakai kedalam sistem. Dari aturan-aturan tersebut diperoleh nilai keluaran yang akan diolah menjadi nilai *numeric*.

Tabel 1. Variabel Fuzzy DHT 11

Fungsi	Nama Variabel	Nama Himpunan *Fuzzy*	Semesta Pembicara (Unit)	Domain
Input	Kelembapan	Kering	[0.50]	[0.15]
		Normal		[10.30]
		Lembab		[30.50]

Tabel 2. Variabel Fuzzy DS18B20

Fungsi	Nama Variabel	Nama Himpunan *Fuzzy*	Semesta Pembicara (Unit)	Domain
Input	Suhu	Dingin	[0.50]	[0.20]
		Hangat		[15.30]
		Panas		[30.50]

3.3 Penerapan Metode Fuzzy Logic

Fuzzifikasi adalah proses merubah nilai data jarak dari sensor (*crips input*) menjadi bentuk himpunan fuzzy menurut fungsi keanggotaannya.

a. Derajat Keanggotaan Sensor DHT 11



Gambar 3. Derajat Keanggotaan Level Kelembapan

Nilai Keanggotaan Pada Sensor Lembab

1. Kering

$$\mu\text{Kering}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 10 \\ \frac{10-x}{10-15} & x < 10 \;\&\; \leq 15 \\ 0 & x < 15 \end{cases}$$

2. Normal

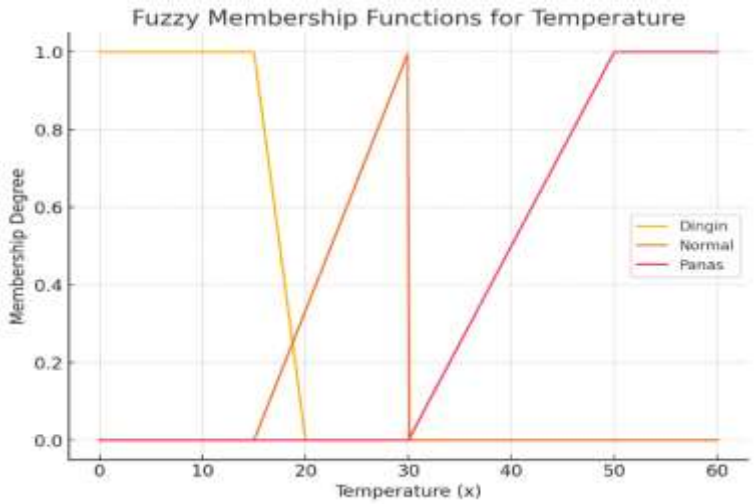
$$\mu\text{Normal}(x) = \begin{cases} 0 & x \geq 10 \;\&\; x \leq 30 \\ \frac{x-10}{30-10} & x > 10 \;\&\; \leq 30 \end{cases}$$

3. Lembab

$$\mu\text{Lembab}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 30 \\ \frac{x-30}{50-30} & x > 30 \;\&\; \leq 50 \\ 1 & x > 50 \end{cases}$$

JURNAL SISTEM KOMPUTER TGD
Volume 5, Nomor 3, Mei 2026, Hal 215-226
P-ISSN : 2828-4933; E-ISSN : 2828-4682
https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom

b. Derajat Keanggotaan Sensor DS18B20



Gambar 4. Derajat Keanggotaan Level Suhu Ruangan

Nilai keanggotaan pada sensor temperatur :

1. Dingin

$$\mu\text{Dingin}(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 15 \\ \frac{20-x}{20-15} & x > 15 \;\&\; \geq 20 \\ 0 & x < 20 \end{cases}$$

2. Normal

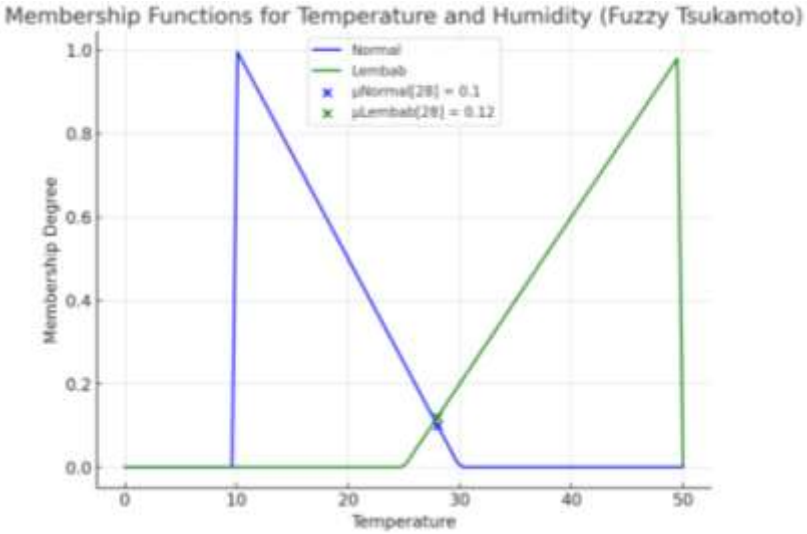
$$\mu\text{Normal}(x) = \begin{cases} 0 & x \geq 15 \;\&\; \leq 30 \\ \frac{x-15}{30-15} & x > 15 \;\&\; \leq 30 \end{cases}$$

3. Panas

$$\mu\text{Panas}(x) = \begin{cases} 0 & x \geq 30 \\ \frac{x-30}{50-30} & x > 30 \;\&\; \leq 50 \\ 1 & x > 50 \end{cases}$$

Contoh kasus bagaimana jika *input* sensor lembab adalah 28 dan *input* sensor Suhu 22 dengan fuzzy tsukamoto.

a. Nilai keanggotaan pada sensor temperatur



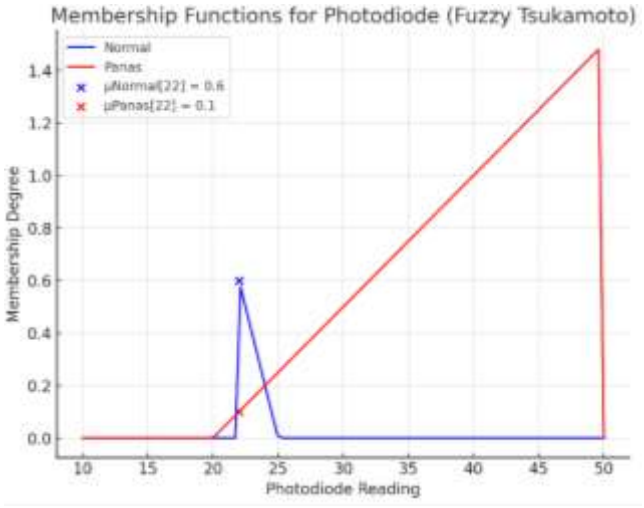
Gambar 5. Nilai Keanggotaan Pada Sensor Temperatur

$\mu\text{Normal}[28] = \frac{30-28}{30-10} = 0.1$

$\mu\text{Lembab}[28] = \frac{28-25}{50-25} = 0.12$

b. Nilai kenggotaan pada sensor *photodiode* :

JURNAL SISTEM KOMPUTER TGD
Volume 5, Nomor 3, Mei 2026, Hal 215-226
P-ISSN : 2828-4933; E-ISSN : 2828-4682
https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom



Gambar 6. Nilai Kenggotaan Pada Sensor *Photodiode*

μNormal[22] $= \frac{25-22}{30-25} = 0.6$

μPanas[22] $= \frac{22-20}{50-30} = 0.1$

3.4 Inference Rule

Dari derajat keanggotaan proses fuzzifikasi tersebut, maka dapat dibuat beberapa aturan sesuai tabel dibawah ini :

Tabel 3. Aturan *Fuzzy* Untuk Sistem Fermentasi Tempe

	Kelembaban			
		Kering	Normal	Lembab
Temperatur	Dingin	*Fan* DC Off	*Fan* DC berputar pelan	Fan DC Berputar sedang
	Normal	*Fan* DC OFF	*Fan* DC Berputar Sedang	*Fan* DC Berputar Kencang
	Panas	*Fan* DC OFF	*Fan* DC Berputar Kencang	*Fan* DC Berputar Kencang

Dari tabel diatas maka didapatlah 9 aturan *fuzzy*, yaitu :

a. *If* (Kelembaban *is* Kering) *And* (Temperatur *is* Dingin) *Then* (*Fan* DC *OFF* dan Lampu *ON*)
b. *If* (Kelembaban *is* Kering) *And* (Temperatur *is* Normal) *Then* (*Fan* DC *OFF* dan Lampu *ON*)
c. *If* (Kelembaban *is* Kering) *And* (Temperatur *is* Panas) *Then* (*Fan* DC *OFF* dan Lampu *OFF*)
d. *If* (Kelembaban *is* Normal) *And* (Temperatur *is* Dingin) *Then* (*Fan* DC Berputar Pelan dan Lampu *ON*)
e. *If* (Kelembaban *is* Normal) *And* (Temperatur *is* Normal) *Then* (*Fan* DC Berputar Sedang dan Lampu *ON*)
f. *If* (Kelembaban *is* Normal) *And* (Temperatur *is* Panas) *Then* (*Fan* DC Berputar Kencang dan Lampu *OFF*)
g. *If* (Kelembaban *is* Lembab) *And* (Temperatur *is* Dingin) *Then* (*Fan* DC Berputar Sedang dan Lampu *ON*)
h. *If* (Kelembaban *is* Lembab) *And* (Temperatur *is* Normal) *Then* (*Fan* DC Berputar Kencang dan Lampu *ON*).
i. *If* (Kelembaban *is* Lembab) *And* (Temperatur *is* Panas) *Then* (*Fan* DC Berputar Kencang dan Lampu *OFF*)

Berdasarkan 9 aturan *fuzzy* diatas, fokus pada dua aturan yang aktif berdasarkan nilai *input* kelembaban (28) dan suhu (22).

a. Aturan 5: Jika kelembaban normal dan suhu normal , maka *fan dc* berputar sedang.
   $x5 = \min(\mu\text{Normal}(28), \mu\text{Normal}(22)) = \min(0.1, 0.6) = 0.1$.
b. Aturan 8: Jika kelembaban lembab dan suhu normal, maka *fan dc* berputar kencang.
   $x8 = \min(\mu\text{Lembab}(28), \mu\text{Normal}(22)) = \min(0.12, 0.6) = 0.12$.

3.5 Defuzzifikasi

Setelah diperoleh nilai hasil dari penerapan operator *AND*, langkah selanjutnya adalah menentukan *output* akhir menggunakan metode *Max Method* pada sistem Fuzzy Tsukamoto. Pada kasus ini, nilai input yang digunakan berasal dari sensor kelembaban sebesar 28 dan sensor suhu sebesar 22.

Nilai *crisp* untuk masing-masing aturan:
Fan dc berputar sedang (Z5): Z5 = 30 (nilai sedang).
Fan dc berputar kencang (Z8): Z8 = 50 (nilai kencang).

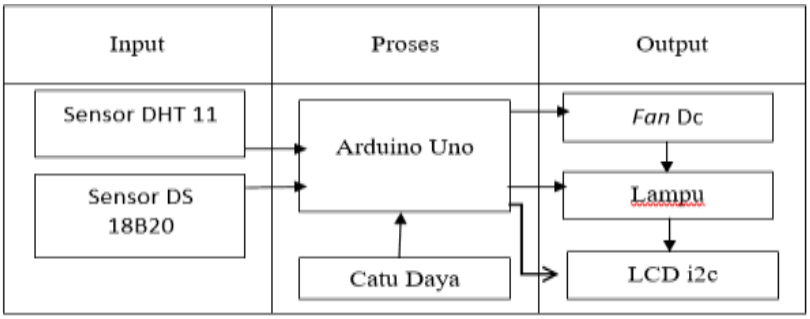
Z = ($x5$ * Z5) + ($x8$ * Z8) / $x5$ + $x8$
= (0.1 * 30) + (0.12 * 50) / 0.1 + 0.12
= 3 + 6 / 0.22
= 9 / 0.22 = 40.91

JURNAL SISTEM KOMPUTER TGD
Volume 5, Nomor 3, Mei 2026, Hal 215-226
P-ISSN : 2828-4933; E-ISSN : 2828-4682
https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom

Dari hasil *fuzzyfikasi*, diperoleh nilai Z = 40.91, ini menunjukkan bahwa kipas akan berputar dengan kecepatan mendekati nilai "Kencang" jika sensor kelembaban adalah 28 dan nilai sensor suhu adalah 22.

3.6 Blok Diagram

Blok Diagram Sistem merupakan perancangan sistem keseluruhan yang menggambarkan secara sederhana hubungan antara komponen *input*, proses dan *output* serta komponen-komponen pendukung lainnya. Berikut ini merupakan Blok Diagram Sistem dari perancangan berdasarkan komponen utama yang digunakan:

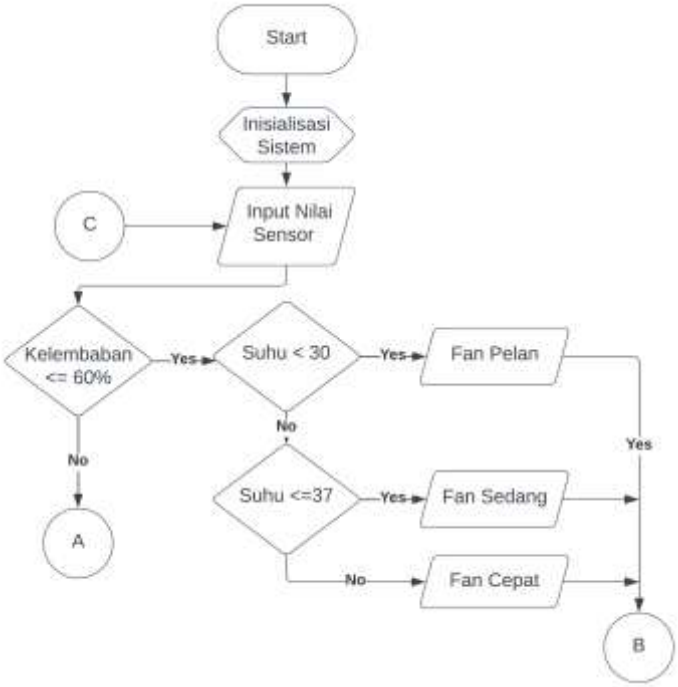


Gambar 7. Algoritma Sistem

Sistem fermentasi tempe otomatis terdiri dari sensor *DHT11* untuk membaca kelembaban dan *DS18B20* untuk mengukur suhu. *Arduino Uno* berfungsi sebagai pengendali utama, dengan *catu daya* sebagai sumber listrik. Informasi suhu dan kelembaban ditampilkan secara *real-time* melalui *LCD I2C*. *Fan DC* digunakan untuk mendinginkan ruangan saat panas, sedangkan *lampu* membantu menjaga suhu dan kelembaban tetap stabil selama proses fermentasi.

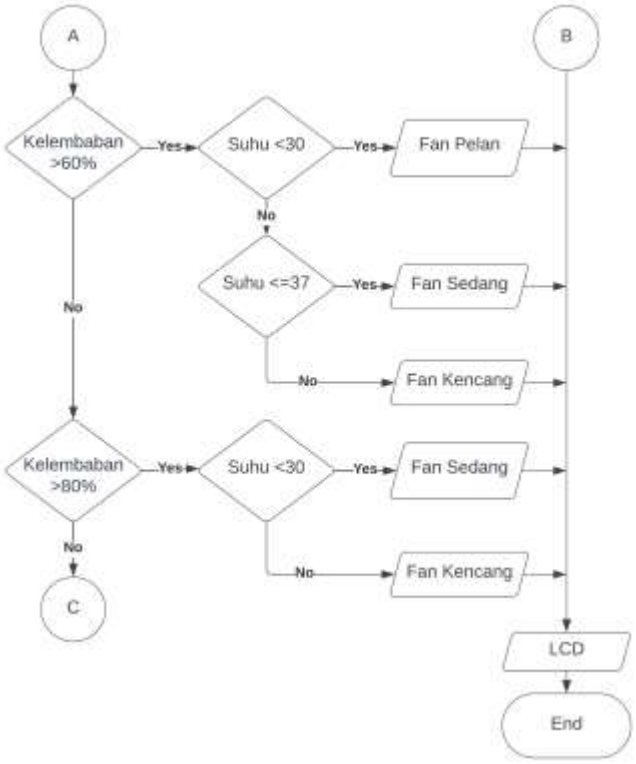
3.7 Flowchart Sistem

Flowchart sistem merupakan diagram yang menunjukkan alur kerja atau operasi dalam suatu sistem. Bagan alir sistem secara keseluruhan menggambarkan urutan langkah-langkah dalam sistem. Adapun *flowchart* sistem dapat dilihat pada gambar berikut;



Gambar 8. *Flowchart* Sistem

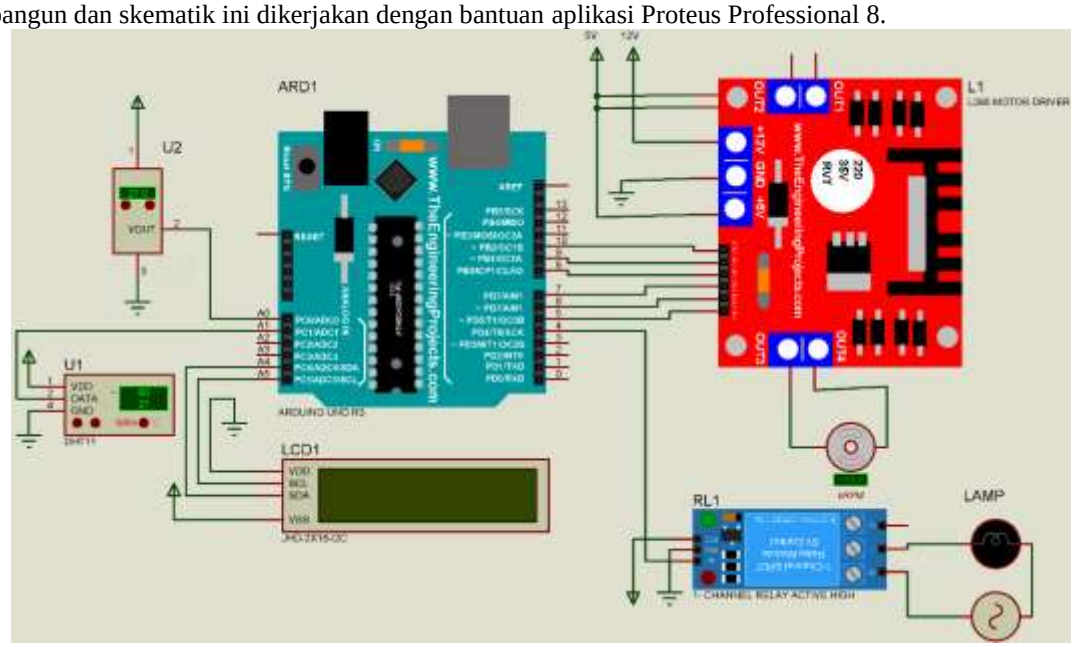
JURNAL SISTEM KOMPUTER TGD
Volume 5, Nomor 3, Mei 2026, Hal 215-226
P-ISSN : 2828-4933; E-ISSN : 2828-4682
https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom



Gambar 9. *Flowchart* Sistem (Lanjutan)

3.8 Rangkaian Sistem

Pada rangkaian sistem ini terdapat rangkaian skematik dari seluruh komponen yang digunakan dalan pembuatan rancang bangun dan skematik ini dikerjakan dengan bantuan aplikasi Proteus Professional 8.



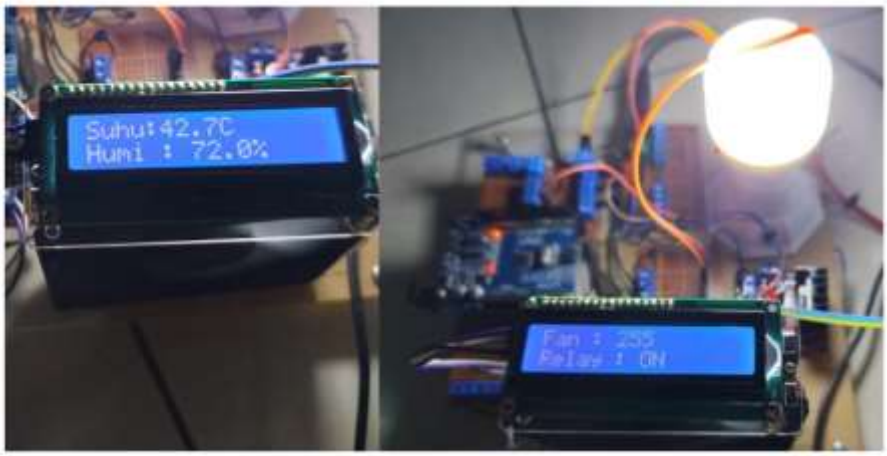
Gambar 10. Rangkaian Keseluruhan

3.9 Pengujian Sistem

a. Pengujian Suhu 42ºC dan Kelembaban 72%

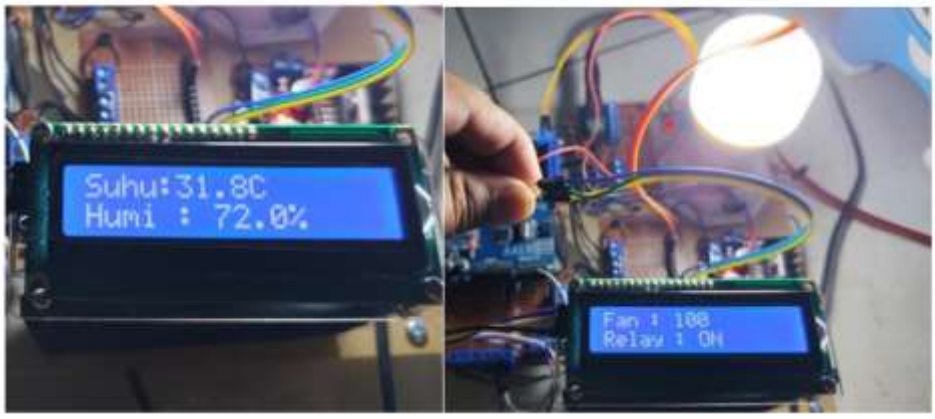
Selama pengujian, tercatat bahwa pada suhu 42°C dan kelembaban 72% indikator kipas pada LCD menunjukkan angka 255 yang mengindikasikan putaran maksimal. Selain itu relay aktif (ON), menunjukkan bahwa kipas sedang beroperasi..

JURNAL SISTEM KOMPUTER TGD
Volume 5, Nomor 3, Mei 2026, Hal 215-226
P-ISSN : 2828-4933; E-ISSN : 2828-4682
https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom



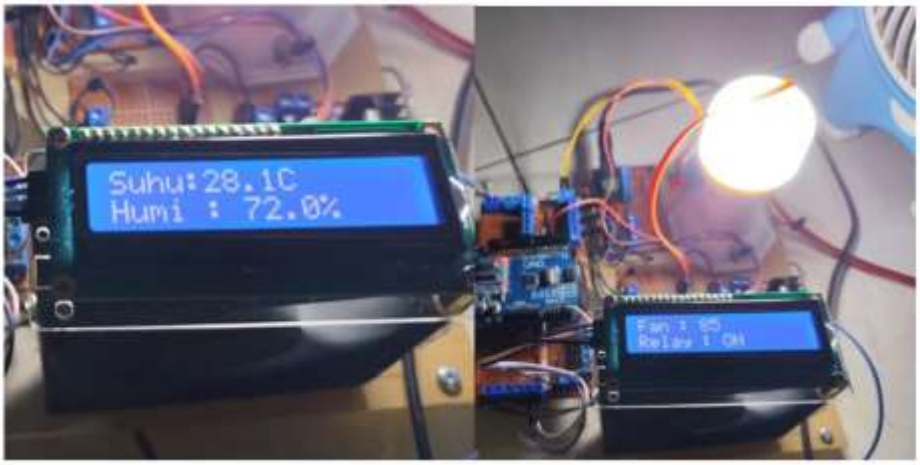
Gambar 11. Pengujian Suhu 42ºC dan Kelembaban 72%

b. Pengujian Suhu 31ºC dan Kelembaban 72%
Saat pengujian, terpantau bahwa pada suhu 31°C dan kelembaban 72% indikator kipas pada LCD menampilkan angka 100 yang menunjukkan putaran sedang. *Relay* juga berada dalam kondisi aktif (*ON*) menandakan bahwa kipas sedang berjalan..



Gambar 12. Pengujian Suhu 31ºC dan Kelembaban 72%

c. Pengujian Suhu 28ºC dan Kelembaban 72%
Selama pengujian tercatat bahwa pada suhu 28°C dan kelembaban 72% indikator kipas pada LCD menunjukkan angka 85 yang mengindikasikan putaran lambat. *Relay* dalam kondisi aktif (*ON*) menunjukkan bahwa kipas sedang beroperasi.



Gambar 13. Pengujian Pada Tangki Terisi Penuh

d. Pengujian Pada Sensor Suhu
Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor suhu berfungsi dengan baik, berikut adalah tabel pengujian sensor suhu.

JURNAL SISTEM KOMPUTER TGD
Volume 5, Nomor 3, Mei 2026, Hal 215-226
P-ISSN : 2828-4933; E-ISSN : 2828-4682
https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom

Tabel 4. Pengujian Sensor Suhu

No.	Kondisi Suhu	Sensor Suhu
1.	Dingin	< 30°C
2.	Normal	30°C – 37°C
3.	Panas	> 37°C

e. Pengujian Pada Sensor Kelembaban
Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor kelembaban berfungsi dengan baik, berikut adalah tabel pengujian sensor kelembaban.

Tabel 5. Pengujian Sensor Kelembaban

No.	Kondisi Kelembaban	Sensor Kelembaban
1.	Kering	≤ 60%
2.	Normal	> 60% dan ≤ 80%
3.	Lembab	> 80%

f. Pengujian Pada *Motor Driver*

Tabel 6. Pengujian *Motor Driver*

No.	Kondisi Kelembaban	Kondisi Suhu	Kecepatan Kipas	Keterangan
1.	≤ 60%	-	0	Off
2.	> 60% dan ≤ 80%	< 30°C	85	pelan
3.	> 60% dan ≤ 80%	30°C – 37°C	100	sedang
4.	> 60% dan ≤ 80%	> 37°C	255	kencang
5.	> 80%	< 30°C	150	cepat
6.	> 80%	≥ 30°C	255	kencang

g. Pengujian Pada *Relay*

Tabel 7. Pengujian *Relay*

No.	Kondisi Kelembaban	Kondisi Suhu	Relay
1.	≤ 60%	-	Off
2.	> 60% dan ≤ 80%	< 30°C	On
3.	> 60% dan ≤ 80%	30°C – 37°C	On
4.	> 60% dan ≤ 80%	> 37°C	On
5.	> 80%	< 30°C	On
6.	> 80%	≥ 30°C	On

4. KESIMPULAN

Sistem otomatis fermentasi tempe berbasis mikrokontroler ini menggunakan metode *fuzzy Tsukamoto* dengan sensor suhu *DS18B20* dan sensor kelembapan *DHT11* untuk mengatur kipas dan lampu secara otomatis. Proses pengambilan keputusan dilakukan melalui tiga tahap utama: *fuzzifikasi* (mengubah *input* suhu dan kelembapan menjadi nilai *fuzzy*), *inferensi* (menggunakan aturan *IF-THEN* untuk menentukan *output* seperti kecepatan kipas), dan *defuzzifikasi* (mengubah *output fuzzy* menjadi nilai konkret). Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu merespons perubahan lingkungan secara *real-time*, menjaga kondisi fermentasi tetap optimal, dan meningkatkan efisiensi energi dengan menyalakan lampu hanya saat suhu di bawah 30°C serta mengatur kecepatan kipas sesuai kombinasi suhu dan kelembapan, seperti kipas berputar lambat pada suhu < 30°C dan kelembapan 60–80%, serta berputar maksimal pada suhu > 37°C.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Zulfian Azmi, S.T., M.Kom. dan Ibu Masyuni Hutasuhut S.Kom., M.Kom. sebagai Dosen Pembimbing I dan Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dalam menyelesaikan penelitian ini serta semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

DAFTAR PUSTAKA

[1] J. Prayudha, A. Pranata, and A. Al Hafiz, "Implementasi Metode Fuzzy Logic Untuk Sistem Pengukuran Kualitas Udara Di Kota Medan Berbasis Internet of Things (Iot)," *Jurteksi*, vol. 4, no. 2, pp. 141–148, 2018, doi: 10.33330/jurteksi.v4i2.57.
[2] R. T. Jurnal, "Implementasi Logika Fuzzy Untuk Sistem Otomatisasi Pengaturan Pengisian Batere Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *Energi & Kelistrikan*, vol. 9, no. 2, pp. 111–119, 2018, doi: 10.33322/energi.v9i2.41.
[3] R. T. Jurnal, "Rancang Bangun Pemrograman Berbasis Sistem Cerdas Untuk Pengaturan Pengisian Batere Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *Energi & Kelistrikan*, vol. 10, no. 1, pp. 1–14, 2019, doi: 10.33322/energi.v10i1.316.
[4] Z. Lubis *et al.*, "Kontrol Mesin Air Otomatis Berbasis Arduino Dengan Smartphone," *Bul. Utama Tek.*, vol. 14, no. 3, pp. 155–159, 2019.
[5] Bahrin, "Sistem Kontrol Penerangan Menggunakan Arduino Uno," *Ilk. J. Ilm.*, vol. 9, pp. 282–289, 2017.

[6] D. Setiawan, "Rancangan Sistem Pendingin Dan Ventilasi Pada Helm Menggunakan Teknik Pulse Width Modulation Berbasis Mikrokontroler," vol. 17, no. 1, pp. 27–31, 2020, doi: 10.31227/osf.io/3buk7.
[7] M. Aswin, D. Setiawan, B. Anwar, and G. Syahputra, "Perancangan Jam Digital Dan Sistem Bel Otomatis Pada Sekolah Dengan Teknik Counter Berbasis Mikrokontroler," *J-SISKO TECH (Jurnal Teknol. Sist. Inf. dan Sist. Komput. TGD)*, vol. 3, no. 2, p. 65, 2020, doi: 10.53513/jsk.v3i2.2035.
[8] L. AGGAZI SUBAGYO, "Sistem Monitoring Arus Tidak Seimbang 3 Fasa Berbasis Arduino Uno," *J. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 3, pp. 213–221, 2017.
[9] R. Aulia, R. A. Fauzan, and I. Lubis, "Pengendalian Suhu Ruangan Menggunakan Menggunakan FAN dan DHT11 Berbasis Arduino," *CESS (Journal Comput. Eng. Syst. Sci.*, vol. 6, no. 1, p. 30, 2021, doi: 10.24114/cess.v6i1.21113.
[10] Talahatu, S. Ratumurun, A. Sapthu, and V. P. Kay, "Cita Ekonomi Jurnal Ekonomi," vol. IX, no. 1, 2015.
[11] R. Chen, W. Zhai, and Y. Qi, "Mechanism and technique of friction control by applying electric voltage. (II) Effects of applied voltage on friction," *Mocaxue Xuebao/Tribology*, vol. 16, no. 3, pp. 235–238, 1996.
[12] F. G. Becker *et al.*, "No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title," *Syria Stud.*, vol. 7, no. 1, pp. 37–72, 2015, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civil wars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625.
[13] S. J. Sokop, D. J. Mamahit, and S. Sompie, "Trainer Periferal Antarmuka Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 5, no. 3, pp. 13–23, 2016.
[14] Y. Iftanurohman, "Penggunaan Perangkat Lunak Sketchup Pro 2018 Dalam Pembelajaran Drama," vol. 14, no. April, pp. 22–27, 2021.
[15] D. Setiawan, A. F. Boy, A. Hafidz, and I. Ishak, "Implementasi teknik pwm pada rancang bangun alat deteksi kecepatan kendaraan berdasarkan perputaran roda berbasis mikrokontroller," *J. SAINTIKOM (Jurnal Sains Manaj. Inform. dan Komputer)*, vol. 19, no. 1, p. 40, 2020, doi: 10.53513/jis.v19i1.224.