

## **SISTEM KLASIFIKASI HASIL SANGRAI BIJI KOPI BERDASARKAN TINGKAT KEMATANGAN BIJI MENGGUNAKAN SENSOR SPEKTRUM DENGAN METODE FUZZY LOGIC**

**Muhammad Rifki Riza Azuhdi<sup>1</sup>, Edy Setiawan<sup>2</sup>, Purwidi Asri<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Otomasi, Jurusan Teknik Kelistrikan Kapal  
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya  
Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111  
E-mail : mrifki\_rizazuhdi@yahoo.com

### **Abstrak**

Kopi adalah salah satu jenis minuman yang populer dikonsumsi oleh semua kalangan di seluruh dunia karena kopi memiliki beragam karakteristik yang unik. Tempat asal kopi ini ditanam, kondisi lingkungan, dan spesies semuanya mempengaruhi kualitas produk akhir dari kopi. Penyangraian biji kopi adalah faktor yang paling berpengaruh. Biji kopi memiliki tingkatan penyangraian atau lebih dikenal disebut level roasting. Level roasting pada dasarnya digunakan sebagai pengukuran kualitas kopi. Akhir ini, banyak pertumbuhan produsen biji kopi sangrai pada skala kecil dan menengah. Produsen ini sedang mencari alternatif untuk peningkatan kualitas biji kopi sangrai dari segi tingkat level roasting. Bisaanya untuk mengetahui level roasting suatu biji kopi, dapat dilakukan dengan cara melihat warnanya setelah dilakukan proses penyangraian, namun hal itu masih kurang optimal dan tidak akurat. Secara khusus pada industri kopi diperlukan alat ukur untuk menentukan level hasil roasting biji kopi yang sesuai dengan standar lembaga kopi internasional (SCAA). Untuk memenuhi standar tersebut maka diperlukan alat ukur tingkat level roasting biji kopi dengan satuan skala warna agron gourmet. Pada alat ini menggunakan sensor AS7263 sebagai pengukur pantulan spektrum cahaya yang dipantulkan oleh biji kopi, kemudian hasil dari pembacaan sensor akan diproses menggunakan metode fuzzy yang telah ditanam pada mikrokontroler. Setelah proses tersebut dihasilkan tingkat klasifikasi level roasting yang sesuai standart. Hasil klasifikasi digunakan sebagai bahan evaluasi untuk proses penyangraian selanjutnya supaya hasil sangrai yang dihasilkan oleh produsen dapat distandarisasi. Dari percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa pengujian sistem pembacaan prototipe sampel uji dengan sampel acuan memiliki rata-rata error sebesar 2,7% dan pada tiap level klasifikasi memiliki persentase error masing-masing *Light Roast* sebesar 1,93%, *Medium Roast* sebesar 3,4% dan *Dark Roast* sebesar 2,78%.

**Keywords:** *voice over, fuzzy, realtime, Covid-19.*

### **1. PENDAHULUAN**

Kopi adalah suatu komoditas perkebunan yang banyak diminati oleh banyak kalangan di Indonesia dan memiliki potensi dalam pengembangan pasar dan perdagangan (Fahmi Arwangga, Raka Astiti Asih and Sudiarta, 2016). Potensi ini harusnya dapat dimanfaatkan oleh produsen kopi secara intensif. Kualitas biji kopi dan hasil sangrai berperan penting dalam dunia perdagangan, semakin baik hasil kualitas biji kopi dan sangrai yang di hasilkan maka semakin tinggi jumlah permintaan kopi tersebut. Hasil sangrai di Indonesia dalam segi warna masih banyak yang belum memenuhi standart International yang mengakibatkan adanya perbedaan standart kematangan dan kualitas.

Peningkatan usaha maka UMKM perlu meningkatkan kualitas biji kopi sangrai. Berdasarkan *Specialty Coffee Association of America* (SCAA) menyebutkan bahwa standart roasting atau sangrai kopi yang terbagi

menjadi enam kategori terdiri dari very dark (25), dark (35), medium to dark (45), medium (55), light to medium (65), dan light (75). Standart tersebut bermanfaat untuk menentukan level roasting biji kopi (Marhaenanto, Soedibyo and Farid, 2015). Pada umumnya pelaku usaha dibidang ini melakukan deteksi warna tingkat kematangan masih secara konvensional dengan cara menyamakan warna biji hasil roasting dengan sample warna. Dalam pengolahan biji kopi yaitu roasting dimana dapat menghasilkan rasa terbaik. Ketika level roasting tidak sejenis maka akan menghasilkan rasa kopi yang tidak optimal. Namun, di Indonesia masih minim data terkait cara roasting yang baik. Kondisi tersebut menyebabkan kualitas biji kopi tidak seragam sehingga standart tidak menentu.

Dengan adanya permasalahan ini maka penulis membuat Tugas Akhir dengan judul

“Sistem klasifikasi hasil sangrai biji kopi berdasarkan tingkat kematangan biji menggunakan sensor spektrum dengan metode *Fuzzy*” untuk memudahkan produsen biji kopi melakukan proses *Quality Control*. Pada sistem ini menggunakan sensor spektrum yang berfungsi untuk mengambil data berupa sinyal analog yang akan diproses menggunakan metode *Fuzzy*. Digunakannya metode *Fuzzy* dikarenakan metode tersebut dapat merubah nilai yang masih keabu-abuan menjadi nilai yang tegas. Oleh karena itu metode *Fuzzy* sangat cocok diterapkan pada sistem klasifikasi.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 *Fuzzy Logic*

Sejarah *fuzzy logic* berawal dari Prof Lutfi A. Zadeh pada tahun 1965 yang menyebutkan bahwa logika benar salah tidak dapat menggambarkan pemikiran manusia. Hal tersebut mendorong diciptakannya *fuzzy logic* yang dapat mempresentasikan tiap keadaan atau pikiran manusia *fuzzy logic* memiliki perbedaan dengan logika tegas berupa elemen yang menyusun. Pada *fuzzy logic* memiliki keanggotaan elemen berupa interval antar 0 hingga 1. Sedangkan, logika tegas hanya memiliki dua elemen keanggotaan yaitu 0 untuk salah dan 1 untuk benar (Kusuma, 2018).

*Fuzzy logic* terdiri dari beberapa komponen yaitu :

1. Variabel *fuzzy* merupakan nilai yang akan diukur dalam sistem *fuzzy*.
2. Himpunan *fuzzy* adalah suatu kelompok nilai dari variabel *fuzzy* yang akan mewakili suatu keadaan.
3. Semesta pembicaraan adalah seluruh nilai yang dihasilkan dari sistem *fuzzy*.

Pengendalian *Fuzzy logic* terdiri dari tiga tahapan yaitu fuzzifikasi *rule base* dan defuzzifikasi. Fuzzifikasi adalah tahapan mengubah suatu masukan atau *input* dari bentuk tegas ke bentuk *fuzzy* yang akan dikelompokkan dalam himpunan *fuzzy*. *Rule base* adalah kumpulan aturan yang berbasis *fuzzy logic* untuk menyatakan suatu keadaan. Defuzzifikasi adalah tahapan terakhir dari pengendalian *fuzzy* dimana mengkonversi hasil yang diekspresikan dalam bentuk *fuzzy* set ke dalam angka real (Sutikno, 2013).

### 2.2 Level Roasting Biji Kopi

Secara umum, ada tiga tingkat roasting kopi, yaitu light, medium, dan dark roast.

Secara penampilan, light roast memiliki warna yang paling cerah dengan warna yang masih kekuningan, medium roast berwarna coklat, sementara dark roast berwarna coklat gelap dengan minyak di permukaannya.

#### 1. Light Roast

Pada tingkatan roasting ini cita rasanya asam, aroma sangrai kurang tercium, tahapan pertama biji kopi yang telah di sangrai beberapa menit akan sedikit mengembang. Biji kopi akan memiliki warna coklat terang karena proses penyerapan panas yang dilakukan tidak terlalu lama, minyak juga tidak muncul pada biji kopi dan biji kopi cenderung kering. Light roast memiliki suhu biji kopi berada pada kisaran 180°C – 205°C. Pada suhu sekitar 205°C tersebut terjadi first crack dan pada saat itu pula proses roasting dihentikan. Kopi yang di roasting pada tingkatan ini memiliki keasaman dan *caffeine* yang tinggi. Tingkatan roasting ini cocok bagi orang yang menyukai rasa kopi mencolok, karena memiliki ciri khas seperti citrusy, earthy, dan buttery.

#### 2. Medium Roast

Pada tingkatan roasting ini, cita rasa terasa manis dan aroma asap penyangraian sangat tajam tercium, karena biji kopi banyak mengeluarkan asap, warnanya makin hitam sampai berminyak dan kandungan gula mulai berkarbonisasi. Biji kopi akan berwarna lebih gelap apabila dibandingkan dengan light roast tetapi lebih terang apabila dibandingkan dengan dark roast. Sama seperti light roast, pada medium roast biji kopi tidak mengeluarkan minyak pada permukaannya. Medium roast memiliki suhu biji kopi pada kisaran 210°C dan 220°C. Pada suhu tersebut adalah suhu dimana first crack usai namun second crack belum terjadi. Selain *caffeine* yang lebih rendah, medium roast menghasilkan kopi yang cenderung balance aroma, balance keasaman dan menghasilkan banyak rasa.

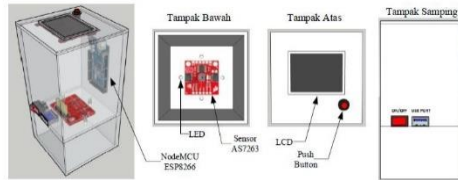
#### 3. Dark Roast

Merupakan tingkatan paling matang pada proses roasting kopi, apabila melebihi tingkatan ini justru kopi menjadi tidak enak. Warna biji kopi akan lebih gelap bila dibandingkan dengan tingkatan – tingkatan roasting lainnya. Pada dark roast biji kopi hasil roasting mengeluarkan minyak pada permukaannya. Rasa kopi juga akan cenderung pahit dan menutupi rasa khas dari masing – masing kopi. Dark roast selesai diroasting ketika second crack usai terjadi atau pada suhu sekitar 240°C. Bagi yang menyukai kopi dengan kekentalan (*body*) kopi yang tebal,

sangat cocok dengan profil dark roast.

### 2.3 Rancangan Sistem Hardware

Rancangan sistem *hardware* pada tugas akhir ini seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



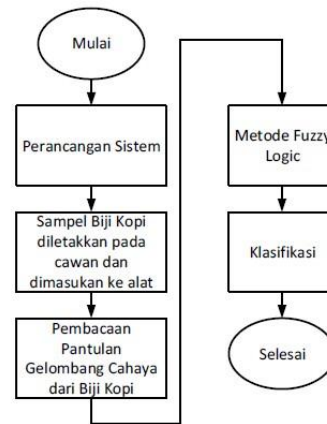
Gambar 1. Desain Alat

**Gambar 1** merupakan rancangan sistem *hardware* dari tugas akhir ini berupa alat klasifikasi hasil sangrai biji kopi berdasarkan tingkat kematangan. Pada penelitian ini menggunakan sensor AS7263 untuk proses pengambilan data dengan memanfaatkan pantulan gelombang cahaya dari biji kopi yang akan dibaca oleh sensor. Sensor ini membaca 6 jenis panjang gelombang tertentu yang kemudian akan dikirimkan ke mikrokontroler dengan metode *Fuzzy*. Pada tahap selanjutnya yaitu pemrosesan data sensor pada mikrokontroler. Pemrosesan data tersebut menggunakan metode *fuzzy* sugeno yang dimana variabel *input* dari sensor yang berupa nilai panjang gelombangnya menggunakan 3 variabel saja yaitu S, T dan V setelah itu pada tiap variabel dibagi menjadi 6 keanggotaan/parameter. Pemilihan variabel *input* berdasarkan nilai yang dihasilkan dari proses pembacaan sensor. Selanjutnya pembuatan rule base yang akan membantu untuk menentukan *output* yang berupa klasifikasi level roasting biji kopi. Level roasting dibagi menjadi 6 kategori yaitu Light, Light Medium, Medium, Medium Dark, Dark, Very Dark. Hasil dari klasifikasi level roasting akan ditampilkan pada LCD Graphic.

### 2.4 Rancangan Sistem Software

Setelah melakukan perancangan dan pembuatan *hardware*, langkah selanjutnya adalah pembuatan *software*. Langkah ini dimulai dengan perancangan *software* pada aplikasi matlab yang bertujuan untuk mensimulasikan metode *fuzzy logic* pada proses klasifikasi dari sistem Tugas Akhir ini. Pada perancangan *software* aplikasi matlab diperlukannya simulasi untuk menentukan *input*, *output* dan aturan-aturan yang akan digunakan. Kemudian penerapan logika *fuzzy logic* pada NodeMCU. Pada penelitian ini menggunakan 3 *input* dari hasil pembacaan sensor terdiri dari gelombang S, T dan V. Sedangkan *output* yang dihasilkan berupa

tingkatan level roasting yaitu *Light*, *Light Medium*, *Medium*, *Medium Dark*, *Dark*, *Very Dark*.



Gambar 2. Flowchart Alur Kerja Sistem

Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pada sistem ini menggunakan metode *Fuzzy Logic* dengan tipe sugeno. Pemilihan metode ini disesuaikan dengan parameter *Input* dan *Output*.

Tabel 1. Parameter Membership Input Fuzzy

Parameter	INPUT		
	S	T	V
1	$28 \leq x \leq 83.5$	$5 \leq x \leq 20.75$	$9 \leq x \leq 20.25$
2	$6.5 \leq x \leq 120.5$	$10.25 \leq x \leq 31.25$	$2.75 \leq x \leq 27.75$
3	$83.5 \leq x \leq 157.5$	$20.75 \leq x \leq 41.75$	$25 \leq x \leq 35.25$
4	$120.5 \leq x \leq 194.5$	$31.25 \leq x \leq 52.25$	$27.75 \leq x \leq 42.75$
5	$157.5 \leq x \leq 231.5$	$41.75 \leq x \leq 62.75$	$35.25 \leq x \leq 50.25$
6	$194.5 \leq x \leq 250$	$52.25 \leq x \leq 68$	$42.75 \leq x \leq 54$

Pada tabel dibawah dapat dijelaskan bahwa variabel *output* dari proses klasifikasi terdiri atas L (light), LM (light medium), M (medium), MD (medium dark), D (dark) dan VD (very dark). Untuk rentang skala himpunan keanggotaannya dapat dilihat pada Tabel 1. Pembentukan *rule base* pada tugas akhir ini berasal dari 3 variabel *input* dan 1 variabel *output* yang telah didefinisikan sebelumnya. Setelah melakukan penentuan parameter *input* dan *output* pada tiap variabelnya maka didapatkan 216 *rule base* yang akan dipakai dalam sistem.

**Tabel 2.** Parameter Membership Output Fuzzy

MF	Nilai
L	75
LM	65
M	55
MD	45
D	35
VD	25

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

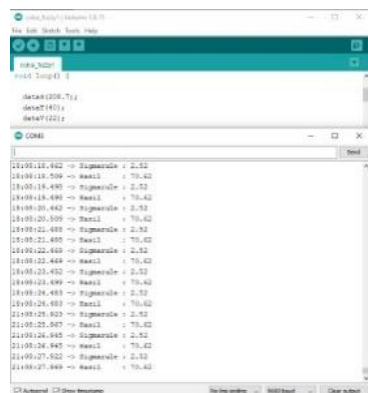
#### 3.1 Hasil Pengujian Metode Fuzzy

Dalam tugas akhir ini penulis menggunakan fuzzy logic sugeno sebagai metode untuk mengklasifikasikan kopi hasil sangrai. Sistem yang dibuat menggunakan 3 input (S, T dan V) dengan 1 output yaitu tingkat kematangan biji kopi (Light, Light to Medium, Medium, Medium to Dark, Dark dan Very Dark). Pengujian metode fuzzy logic pada tugas akhir ini dilakukan melalui 3 cara yaitu dengan toolbox matlab, Arduino dan perhitungan manual.

Berdasarkan hasil dari pengujian fuzzy logic menggunakan toolbox matlab dengan nilai masing- masing input S sebesar 208,7, T sebesar 40 dan V sebesar 22.



**Gambar 4.** Pengujian dengan Toolbox Matlab



**Gambar 5.** Pengujian dengan Arduino

Pada proses ini dilakukan pemilihan rule yang memenuhi nilai keanggotaan pada output.

**Tabel 3.** Rule base yang memenuhi nilai

No	Input			Output Level
	S	T	V	
158	S5	T3	V2	Light Medium
159	S5	T3	V3	Light Medium
164	S5	T4	V2	Light Medium
165	S5	T4	V3	Light Medium
194	S6	T3	V2	Light
195	S6	T3	V3	Light
200	S6	T4	V2	Light
201	S6	T4	V3	Light

Rule base yang telah memenuhi nilai keanggotaan dari output dapat dilihat pada Tabel 3, terdapat 8 buah rule yang memenuhi nilai keanggotaan. Selanjutnya nilai keanggotaan dari membership function diganti menggunakan nilai y dari hasil perhitungan manual, dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Nilai Fuzzifikasi

Table 1: Input Parameters					Level
No	Input				
	S	T	V		
158	S5 (0,33)	T3 (0,78)	V2 (0,61)	A N	Light Medium
159	S5 (0,33)	T3 (0,78)	V3 (0,38)	D (	Light Medium
164	S5 (0,33)	T4 (0,22)	V2 (0,61)	M I	Light Medium
165	S5 (0,33)	T4 (0,22)	V3 (0,38)	N )	Light Medium
194	S6 (0,66)	T3 (0,78)	V2 (0,61)		Light
195	S6 (0,66)	T3 (0,78)	V3 (0,38)		Light
200	S6 (0,66)	T4 (0,22)	V2 (0,61)		Light
201	S6 (0,66)	T4 (0,22)	V3 (0,38)		Light

Berdasarkan hasil pengujian fuzzy logic menggunakan toolbox matlab dan Arduino dengan input yang telah ditentukan sebelumnya, didapatkan nilai output yang dapat dilihat pada table perbandingan dibawah ini.

**Tabel 5.** Pengujian Matlab dan Arduino

N o	S	T	V	Mat lab	Arduno	Error (%)
1	140, 7	58, 6	46	53,3	52,37	1,77
2	180	55	27	63,8	62,85	1,51
3	208, 7	40	22	71,6	70,62	1,44
Rata-Rata Error						1,57

Pada pengujian metode fuzzy logic dengan Arduino didapatkan rata-rata error sebesar 1,57% yang dibandingkan dengan toolbox matlab.

**Tabel 6.** Pengujian Matlab dan Perhitungan Manual

N o	S	T	V	Mat lab	Arduno	Error (%)
1	140, 7	58, 6	46	53,3	52,37	1,77
2	180	55	27	63,8	62,85	1,51
3	208, 7	40	22	71,6	70,62	1,44
Rata-Rata Error						1,57

Pada tabel 7 dapat dilihat perbandingan hasil pengujian menggunakan toolbox matlab dan perhitungan manual yang memiliki rata-rata error sebesar 1,49%.

**Tabel 7.** Error Keseluruhan Pengujian

N o	S	T	V	Mat lab	Arduno	Error (%)
1	140, 7	58, 6	46	53,3	52,37	1,77
2	180	55	27	63,8	62,85	1,51
3	208, 7	40	22	71,6	70,62	1,44
Rata-Rata Error						1,57

### 3.2 Hasil Pengujian Biji Kopi Sampel Uji

Pada pengujian kali ini menggunakan sampel biji kopi yang telah terstandarisasi SCAA dengan metode Fuzzy Logic yang telah diimplementasikan pada prototipe. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali pada setiap sampel.

**Tabel 8.** Hasil Pembacaan Sampel Acuan

N o	Light Roast	Medium Roast	Dark Roast
1	74,38	55,05	35,52
2	73,47	54,48	34,89
3	74,29	56,62	35,62
4	74,7	54,58	34,24
5	73,52	55,57	34,51
6	73,05	54,02	35,63
7	76,26	54,19	34,19

8	75,25	54,20	35,53
9	74,54	55,72	36,66
1	74,93	55,66	34,04

### 3.3 Hasil Pengujian Biji Kopi Sampel Acuan

Dari hasil yang diperoleh, pengujian pada Tugas Akhir ini akan dibandingkan dengan biji kopi acuan sebagai validasi Tugas Akhir ini. Biji Kopi acuan ini menggunakan illy caffe yang sudah terstandarisasi SCAA. Pengujian ini hanya menguji biji kopi dengan tingkat klasifikasi light roast, medium roast dan dark roast. Hasil dari pengujian pembacaan biji kopi dapat dilihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Hasil Pembacaan Sampel Acuan

Light Roast		Medium Roast		Dark Roast	
Uji	Acuan	Uji	Acuan	Uji	Acuan
72,66	74,38	57,84	55,05	37,41	33,52
74,83	73,47	56,92	54,48	34,41	34,89
73,53	74,29	54,35	56,62	36,68	35,62
72,67	74,7	53,57	54,58	36,45	34,24
74,29	73,52	54,03	55,57	34,23	34,51
75,26	73,05	56,79	54,02	36,24	35,63
75,82	76,26	57,97	54,19	33,85	34,19
77,55	75,25	53,25	54,20	37,32	35,53
73,82	74,54	56,79	55,72	35,64	36,66
76,71	74,93	56,19	55,66	33,62	34,04

Berdasarkan Tabel 9 dapat diketahui tingkat error dari pembacaan prototipe ini sebesar 2,7%. Sehingga dapat disimpulkan hasil dari pembacaan sampel uji hampir mendekati dengan hasil pembacaan sampel acuan.

## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Dari percobaan yang sudah dilakukan, prototipe dapat membaca sampel biji kopi yang telah disediakan dan sistem dapat berjalan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat menggunakan metode fuzzy logic. Untuk persentase error dari pengujian metode fuzzy pada Arduino dengan matlab sebesar 1,57% sedangkan pengujian perhitungan manual dengan matlab sebesar 1,49%. Dari pengujian sistem pembacaan prototipe sampel uji dengan sampel acuan memiliki rata-rata error sebesar 2,7% dan pada tiap level klasifikasi memiliki persentase error masing-masing Light Roast sebesar 1,93%, Medium Roast sebesar 3,4% dan Dark Roast sebesar 2,78%.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fahmi Arwangga, A., Raka Astiti Asih, I. A. and Sudiarta, I. W. (2016) 'Analisis Kandungan Kafein Pada Kopi Di Desa Sesaot Narmada Menggunakan Spektrofotometri Uv-Vis', *Jurnal Kimia*, 10 (1), pp 110-114 doi: 10.24843/jchem 2016 v10.i01.p15
- [2] Kusuma, H. T. P. (2018) Aplikasi Klasifikasi Roasting Menggunakan Algoritma Fuzzy C- Means. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- [3] Marhaenanto, B., Soedibyo, D. W. and Farid, M. (2015) 'Penentuan lama Sangrai Kopi Terhadap Variasi Derajat Sangrai Menggunakan Model Warna Rgb Pada Pengolahan Citra Digital (*Digital Image Processing*)', *Jurnal Agroteknologi*, 09 (02), pp. 1–10. Available at: <https://jurnal.unej.ac.id/index.php/JAGT/article/view/3536>.
- [4] Nugraha, D. A. and Wiguna, A. S. (2020) 'Seleksi Fitur Warna Citra Digital Biji Kopi Menggunakan Metode Principal Component Analysis', *RESEARCH : Computer, Information System & Technology Management*, 3(1), p. 24. doi: 10.25273/research.v3i1.5352.
- [5] *Roasting Coffee, Proses Penting dalam Menentukan Karakteristik Kopi / Coffeeland* (no date). Available at: <https://coffeeland.co.id/roasting-coffee-proses-penting-dalam-menentukan-karakteristik-kopi/> (Accessed: 16 August 2021).
- [6] Suryana, T. (2021) 'Implementasi Komunikasi Web Server NODEMCU ESP8266 dan Web Server Apache MYSQL Untuk Otomatisasi Dan Kontrol Peralatan Elektronik Jarak Jauh Via Internet Abstrak : Pendahuluan Pembahasan'.
- [7] Sutikno, I. W. (2013) 'Perbandingan Metode Defuzzifikasi Sistem Kendali Logika Fuzzy Model Mamdani Pada Motor Dc', 28 *Jurnal Masyarakat Informatika*, 2(3), pp. 27–38.