

PENDEKATAN LOGIKA FUZZY TSUKAMOTO UNTUK MODEL SISTEM KENDALI RUANG BUDIDAYA ADAPTIF

Eddy Nuraharjo¹, Zuly Budiarmo², Muji Sukur³

^{1,2} Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Stikubank

³ Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Stikubank

e-mail: ¹eddynurharjo@edu.unisbank.ac.id, ²zbudiarmo@edu.unisbank.ac.id, ³msukur@edu.unisbank.ac.id

Abstrak

Pendekatan logika fuzzy Tsukamoto pada perkembangan era Revolusi Industri 4.0 saat ini mampu meningkatkan performansi dari sistem kendali yang dibangun dengan menggunakan ragam multi sensor secara obyektif dan cerdas, untuk melakukan bantuan pendataan terhadap segenap pemanfaatannya.

Khusus pada sebuah sistem kendali dengan pendekatan logika fuzzy menggunakan multisensor ini, telah diterapkan dan menghasilkan kestabilan sistem dan toleransi yang lebih baik terhadap hasil substansi fungsionalnya. Salah satu bidang fokus pada artikel ini adalah aspek budidaya khususnya untuk bidang pertanian dan perkebunan, sebuah sistem deteksi yang terdiri dari sensor suhu, sensor kelembaban dan sensor intensitas cahaya serta pendekatan algoritma cerdasnya dengan logika fuzzy ini mampu memberikan toleransi kinerja yang lebih baik dalam periodik perubahan datanya. Riset pemantauan data suhu di kisaran nilai 15-33 derajat Celcius yang terbagi dalam 2 variabel yaitu panas dan dingin, kelembaban 47-99 %RH yang terbagi menjadi 2 variabel yaitu tinggi dan rendah serta intensitas cahaya pada kisaran nilai 80 – 800 lumens yang terbagi dalam 2 variabel juga yaitu gelap dan terang, diiringi dengan proses kombinasi aturan yang membentuk mesin inferensi dan defuzifikasi yang mendekati nilai pengoperasian secara tradisional..

Metode Tsukamoto yang diterapkan pada riset sistem ini, mampu membentuk mesin inferensi fuzzy yang memiliki kemampuan metode untuk memprediksi nilai prediksi pada sistem bidang elektronika kendali multisensory komputasi ini berdasarkan pada rangkaian aturan dari beragam kemungkinan kejadiannya dalam pengelolaan adaptif pada budidaya moderen.

Kata Kunci: Algoritma FIS, Tsukamoto, Budidaya Pertanian

1. PENDAHULUAN

Pertanian, merupakan salah satu sektor dominan dalam setiap sendi kehidupan perekonomian suatu negara. Ragam area budidaya juga telah banyak dikembangkan guna mendukung stabilitas perekonomian masyarakat dunia. Reayasa teknologi mulai dari hulu hingga hilir pertanian ini telah melengkapi proses pengelolaan. Teknologi kekinian diterapkan dengan penggunaan sistem kendali elektronik canggih dan moderen, hingga sistem otomasi yang mampu mempercepat proses budidaya mulai dari pra proses hingga pasca panennya.

Faktor perubahan variatif yang menjadi sorotan utama adalah fenomena yang terjadi pada faktor alamiah budidaya, dimana segenap aspek yang berpengaruh seperti suhu, kelembaban, curah hujan, kontur tanah, geografis, ketinggian dari permukaan laut dan lain sebagainya, sangatlah berpotensi untuk menjadi area budidaya hanya memiliki wilayah yang terbatas. Hal ini akan berpengaruh pada luas lahan budidaya, jumlah produksi pertanian spesifik yang ada serta kecilnya potensi produksi pasar. Budidaya jamur tiram misalnya, memiliki standar operasional dan prosedur yang baku, dimana kelembaban dan intensitas cahaya sangatlah berpengaruh terhadap perkembangan dan reproduksi pertanian budidaya ini.

Potensi tanaman hortikultura yang ada di beberapa daerah di Indonesia seperti terpapar pada data dari Laporan Tahunan Direktorat Jendral Hortikultura Departemen Pertanian 2018, dimana data terkait target da realisasi, luas lahan dan volume ekspor impor hasil budidaya jamur ini terlihat dalam model table berikut ini.

Tabel 1. Target dan Realisasi Ekspor Tanaman Hortikultura

No.	Sasaran Program / Kegiatan	Target	Realisasi*	%
1.	Terperuhnya kebutuhan pangan strategis tanaman hortikultura			
	a. Produksi cabai	2.245.440	2.523.929	112,40
	b. Produksi bawang merah	1.608.766	1.498.659	93,16
2.	Terperuhnya kebutuhan tanaman buah dan florikultura untuk ekspor dan substitusi impor (ton)			
	a. Mangga (ton)	1.991.004	2.585.854	129,88
	b. Nenas (ton)	1.481.131	1.683.577	113,67
	c. Manggis (ton)	175.136	228.547	130,50
	d. Salak (ton)	778.779	892.075	114,55
	e. Pisang (ton)	7.105.914	6.865.555	96,62
	f. Jeruk (substitusi impor/ton)	2.301.651	2.279.796	99,05
	g. Krisan (tangkai)	441.367.161	498.227.249	112,88
3	Terperuhnya tanaman sayuran dan tanaman obat untuk komoditas ekspor dan substitusi impor			
	a. Kentang (ton)	1.471.828	1.278.771	86,88
	b. Jamur (ton)	40.176	31.280	77,86
	c. Jabe (ton)	343.753	434.355	126,36
	d. Bawang putih (substitusi impor/ton)	109.494	39.238	35,84

Sumber : Ditjen Hortikultura dan BPS RI, 2019
Keterangan : *) Angka Sementara 2018

Tabel 2. Luas Lahan Budidaya Tanaman Hortikultura

No.	Komoditas	Luas Panen (Ha)		Pertumbuhan (%)
		2018 *	2017	
1.	Terpenuhiya kebutuhan pangan strategis tanaman hortikultura			
	a. Cabai	305.623	310.147	- 1.46
	b. Bawang merah	156.151	158.172	- 1.28
2.	Terpenuhiya kebutuhan tanaman buah dan florikultura untuk ekspor dan substitusi impor (ton)			
	a. Mangga	200.219	201.080	- 0.43
	b. Nenas	19.472	21.274	- 8.47
	c. Manggis	20.974	18.058	16.15
	d. Salak	19.005	23.887	- 20.44
	e. Pisang	80.975	89.615	- 9.64
	f. Jeruk (substitusi impor)	46.118	56.758	- 18.75
	g. Krisan	885	1.164	- 23.97
3	Terpenuhiya tanaman sayuran dan tanaman obat untuk komoditas ekspor dan substitusi impor			
	a. Kentang	67.906	75.611	- 10.19
	b. Jamur	434	475	- 8.63
	c. Jahe	30.055	10.556	184.72
	d. Bawang putih (substitusi impor)	5.000	2.146	132.99

Sumber : Ditjen Hortikultura dan BPS RI, 2019
Keterangan: *) Angka Sementara 2018

Tabel 3. Volume Ekspor dan Impor

No.	Komoditas	2017		2018		Pertumbuhan (%)	
		Vol (Ton)	Nilai (US\$)	Vol (Ton)	Nilai (US\$)	Volume	Nilai
	Ekspor						
1	Mangga	2.655	2.045.833	2.518	2.511.095	-5,16	22,74
2	Manggis	9.190	4.035.901	32.170	27.953.516	250,07	592,62
3	Nanas	210.026	241.988.457	211.316	178.362.986	0,61	-26,29
4	Pisang	18.193	8.878.504	26.935	13.228.502	48,05	48,99
5	Salak	966	1.546.533	1.148	1.306.071	18,83	-15,55
6	Kentang	5.210	4.342.693	4.746	4.278.523	-8,91	-1,48
7	Jamur	3.029	6.181.318	3.872	6.722.803	27,84	8,76
8	Jahe	24.359	13.954.416	3.071	3.361.783	-87,39	-75,91
9	Krisan	61	866.553	57	780.716	-6,65	-9,91
	Impor						
1	Jeruk	120.355	175.358.956	95.967	153.310.740	-20,26	-12,57
2	Bawang Putih	559.728	596.005.423	587.942	507.701.456	5,04	-14,82

Sumber : BPS RI, 2019
Keterangan: *) Angka Sementara 2018

Berdasarkan data BPS RI 2019 di atas, maka potensi budidaya jamur yang masih besar perlu diberikan dukungan teknologi dalam budidayanya.

Logika fuzzy, yang pertama kalinya dikenalkan oleh Prof. Lotfi Astor Zadeh melatari beberapa permasalahan yang timbul dalam sistem kendali/kontrol. Penerapan metodologi ini digunakan pada beragam perangkat keras komputasi, perangkat lunak komputasi bahkan kombinasi diantara keduanya.

Pendekatan metode Tsukamoto, setiap konsekuensi dari aturan IF-Then diwakili dengan terbentuknya fuzzzyset dalam fungsi keanggotaan yang monoton. Keluaran data setiap aturan secara eksplisit diberikan (*crisp*) berdasarkan α -predicate. Hasil akhir pendekatan Metode fuzzy Tsukamoto ini diperoleh dengan menggunakan rata-rata nilai datanya. ^[1]

2. PEROLEHAN DATA

Hasil riset pendukung dalam kajian artikel ini dilakukan oleh Donowati,^[2] 2008, peneliti BPPT, memaparkan dalam artikel jurnalnya bahwa syarat tumbuh jamur dipengaruhi oleh beberapa variable parameter diantaranya adalah temperature, kelembaban realtif, waktu, kandungan CO2 dan intensitas cahaya. Hal ini dapat diringkas dalam bentuk table berikut ini.

Table 4. Pengaturan Aspek Lingkungan Budidaya

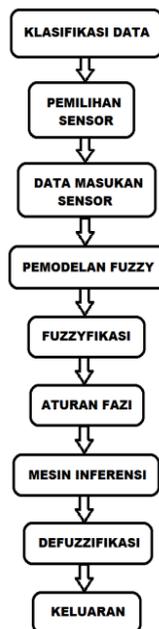
Aspek Lingkungan	Fase miselia	Fase primordia	Fase tubuh buah
Suhu	24 – 29 °C	21 – 27 °C	21 – 28 °C
Kelembaban	90 – 100 %	90 – 100 %	90 – 95 %
Cahaya	500 – 1000 lux	500 – 1000 lux	500 – 1000 lux
Kandungan CO ₂	5000 – 20000 ppm	< 1000 ppm	< 1000 ppm

Data tabel 4 aspek lingkungan dan kondisi riil lapangan budidaya pada beberapa daerah sampel menyimpulkan kisaran produk yang bergantung pada konsumen produsen olahan pasca panennya, sehingga peneliti merasa perlu untuk memberikan batasan sistem dengan kriteria sistem sebagai berikut.

Tabel 5. Kriteria Sistem

Aspek Lingkungan	Nilai Variabel
Suhu	15 – 33 °C
Kelembaban	47 – 99 %
Cahaya	80 – 800 lumen

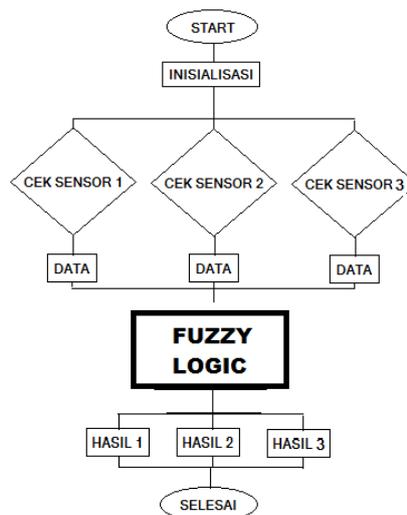
Data kriteria sistem terakumulasi dan kemudian diiringi dengan langkah proses kegiatan yang terlaksana dalam riset ini sebagai berikut.



Gambar 1 Alur Kegiatan Riset

3. PERANCANGAN

Alur kegiatan utama adalah perancangan sistem, dimulai dengan inisialisasi perangkat yang diperlukan, diikuti pengecekan data hasil deteksi perubahan variable fisis dari multi sensor yaitu suhu, kelembaban dan intensitas cahaya. Pengambilan data akan diikuti dengan perekaman dan melakukan pendekatan *fuzzy logic* Tsukamoto. Nilai hasilnya akan menentukan berdasarkan aturan fuzzy yang sudah direncanakan dalam bentuk fungsi IF-THEN. Selengkapnya kegiatan proses ini tergambar dalam diagram alir berikut ini

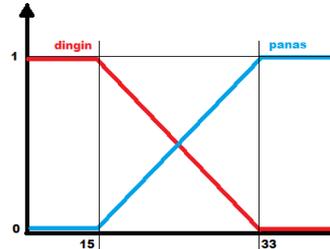


Gambar 2. Diagram Alir Proses Sistem Kendali

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Logika ON/OFF, HIGH/LOW, 1/0, TRUE/FALSE merupakan analogi logika pada umumnya dimana hanya memiliki 2 kondisi saja. Himpunan fuzzy (crisp) dalam penelitian ini dapat direpresentasikan, berdasarkan pada data variabel masukan sensor sebagai berikut.

- a. Representasi fungsi keanggotaan himpunan fuzzy, DINGIN dan PANAS, dari SUHU.



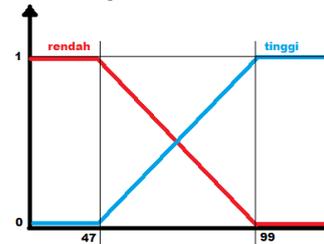
Gambar 3. Himpunan Keanggotaan Suhu

Fungsi keanggotaan himpunan dingin dan panas dari variabel suhu adalah:

$$\mu_{\text{PANAS}}[x] = \begin{cases} 0 & x \leq 15 \\ \frac{x - 15}{18} & 15 \leq x \leq 33 \\ 1 & x \geq 33 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{\text{DINGIN}}[x] = \begin{cases} 1 & x \leq 15 \\ \frac{33 - x}{18} & 15 \leq x \leq 33 \\ 0 & x \geq 33 \end{cases} \quad (2)$$

- b. Representasi fungsi keanggotaan himpunan fuzzy, RENDAH dan TINGGI, dari KELEMBABAN



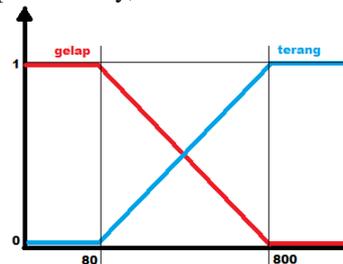
Gambar 4. Himpunan Keanggotaan Kelembaban

Fungsi keanggotaan himpunan rendah dan tinggi dari variabel kelembaban adalah:

$$\mu_{\text{TINGGI}}[x] = \begin{cases} 0 & x \leq 47 \\ \frac{x - 47}{52} & 47 \leq x \leq 99 \\ 1 & x \geq 99 \end{cases} \quad (3)$$

$$\mu_{\text{RENDAH}}[x] = \begin{cases} 1 & x \leq 47 \\ \frac{99 - x}{52} & 47 \leq x \leq 99 \\ 0 & x \geq 99 \end{cases} \quad (4)$$

- c. Representasi fungsi keanggotaan himpunan fuzzy, GELAP dan TERANG, dari INTENSITAS CAHAYA



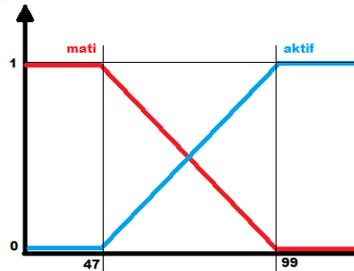
Gambar 5. Himpunan Keanggotaan Intensitas Cahaya

Fungsi keanggotaan himpunan gelap dan terang dari variabel intensitas cahaya adalah:

$$\mu_{\text{TERANG}}[x] = \begin{cases} 0 & x \leq 80 \\ \frac{x - 80}{720} & 80 \leq x \leq 800 \\ 1 & x \geq 800 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{\text{GELAP}}[x] = \begin{cases} 1 & x \leq 80 \\ \frac{800 - x}{720} & 80 \leq x \leq 800 \\ 0 & x \geq 800 \end{cases} \quad (6)$$

d. Representasi fungsi keanggotaan himpunan fuzzy, AKTIF dan MATI, dari mesin pompa KABUT.



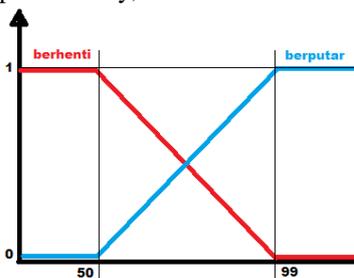
Gambar 6. Himpunan Keanggotaan mesin Pengkabut

Fungsi keanggotaan himpunan aktif dan mati dari variabel mesin pompa kabut adalah:

$$\mu_{\text{AKTIF}}[x] = \begin{cases} 0 & x \leq 47 \\ \frac{x - 47}{52} & 47 \leq x \leq 99 \\ 1 & x \geq 99 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{\text{MATI}}[x] = \begin{cases} 1 & x \leq 47 \\ \frac{99 - x}{52} & 47 \leq x \leq 99 \\ 0 & x \geq 99 \end{cases} \quad (8)$$

e. Representasi fungsi keanggotaan himpunan fuzzy, BERHENTI dan BERPUTAR, dari mesin KIPAS



Gambar 7. Himpunan Keanggotaan mesin Kipas

Fungsi keanggotaan himpunan berhenti dan berputar dari variabel mesin kipas adalah:

$$\mu_{\text{BERPUTAR}}[x] = \begin{cases} 1 & x \leq 50 \\ \frac{99 - x}{49} & 50 \leq x \leq 99 \\ 0 & x \geq 99 \end{cases} \quad (9)$$

$$\mu_{\text{BERHENTI}}[x] = \begin{cases} 0 & x \leq 50 \\ \frac{x - 50}{49} & 50 \leq x \leq 99 \\ 1 & x \geq 99 \end{cases} \quad (10)$$

Beberapa aturan fuzzy yang diterapkan dalam algoritma sistem kendali ini didasarkan pada beberapa realisasi operasional sistem pada implementasinya, diantaranya adalah:

a) Mesin Pompa Pengkabutan Dan Lampu

- [R1] Jika kelembaban RENDAH dan intensitas cahaya GELAP, maka mesin pengkabutan AKTIF.
 - [R2] Jika kelembaban RENDAH dan intensitas cahaya TERANG, maka mesin pengkabutan AKTIF.
 - [R3] Jika kelembaban TINGGI dan intensitas cahaya GELAP, maka mesin pengkabutan MATI.
 - [R4] Jika kelembaban TINGGI dan intensitas cahaya TERANG, maka mesin pengkabutan MATI.
- Terimpleemntasi dalam kode program dengan logika IF-THEN yang dapat diamati di bawah ini.

Modifikasi program dengan melibatkan nilai kelembaban dan intensitas cahaya dilakukan dan diperoleh perbaikan program berikut ini.

```

DHT_fuzzy_modifi | Arduino 1.8.9
File Edit Sketch Tools Help
DHT_fuzzy_modifi
52
53 lembabTINGGI = (lembab - 47)/52;
54 lembabRENDAH = (99 - lembab)/52;
55 intcGELAP = (800 - intc)/720;
56 intcTERANG = (intc - 80)/720;
57 Serial.print("lembab 1  TINGGI : RENDAH = ");
58 Serial.print(lembabTINGGI);
59 Serial.print(" / ");
60 Serial.println(lembabRENDAH);
61 if ((lembabTINGGI<lembabRENDAH) && (intcGELAP>intcTERANG)) {digitalWrite(11,HIGH); digitalWrite(13,HIGH);}
62   else if ((lembabTINGGI<lembabRENDAH) && (intcGELAP<intcTERANG)) {digitalWrite(11,HIGH); digitalWrite(13,LOW);}
63   else if ((lembabTINGGI>lembabRENDAH) && (intcGELAP>intcTERANG)) {digitalWrite(11,LOW); digitalWrite(13,HIGH);}
64   else {digitalWrite(11,HIGH); digitalWrite(13,LOW);}
65

```

Gambar 8. Source code kelembaban

Penerapan kondisi sesuai dengan rule atau aturan dalam fuzzifikasi ini dilakukan dan berhasil menempatkan fungsi fuzzy nya dengan optimal, dimana ketentuan mesin pengkabutan akan aktif pada durasi periodik kelembaban diperkirakan di angka kelembaban 72,5 %RH.

b) Kipas Angin Dan Lampu

- [R1] Jika kelembaban RENDAH dan intensitas cahaya GELAP, maka kipas angin BERHENTI.
 - [R2] Jika kelembaban RENDAH dan intensitas cahaya TERANG, maka kipas angin BERHENTI.
 - [R3] Jika kelembaban TINGGI dan intensitas cahaya GELAP, maka kipas angin BERPUTAR.
 - [R4] Jika kelembaban TINGGI dan intensitas cahaya TERANG, maka kipas angin BERPUTAR.
- Terimplementasi dalam kode program dengan logika IF-THEN yang dapat diamati selengkapnya seperti di bawah ini.

```

DHT_fuzzy_modifi | Arduino 1.8.9
File Edit Sketch Tools Help
DHT_fuzzy_modifi
65
66 lembabTINGGI = (lembab - 50)/49;
67 lembabRENDAH = (99 - lembab)/49;
68 intcGELAP = (800 - intc)/720;
69 intcTERANG = (intc - 80)/720;
70 Serial.print("lembab 2  TINGGI : RENDAH = ");
71 Serial.print(lembabTINGGI);
72 Serial.print(" / ");
73 Serial.println(lembabRENDAH);
74 if ((lembabTINGGI<lembabRENDAH) && (intcGELAP>intcTERANG)) {digitalWrite(12,LOW); digitalWrite(13,HIGH);}
75   else if ((lembabTINGGI<lembabRENDAH) && (intcGELAP<intcTERANG)) {digitalWrite(12,LOW); digitalWrite(13,LOW);}
76   else if ((lembabTINGGI>lembabRENDAH) && (intcGELAP>intcTERANG)) {digitalWrite(12,HIGH); digitalWrite(13,HIGH);}
77   else {digitalWrite(12,LOW); digitalWrite(13,LOW);}
78

```

Gambar 9. Source code kelembaban

Sesuai kasuistis riil di lapangan yang memuat data suhu tercatat saat ini adalah 29 derajat Celcius dan tingkat kelembaban mencapai 69 %, serta tingkat intensitas cahaya mencapai 600 lumens, maka secara sederhana diperoleh nilai defuzzifikasi 'Z' berdasarkan formulanya adalah sebagai berikut.

Tabel 6. Data Uji Kasuistik

STUDI KASUS	
HIMPUNAN	NILAI
SUHU	29
LEMBAB	69
INT. CAHAYA	600

$$Z = \frac{(\alpha_1 x z_1) + (\alpha_2 x z_2) + (\alpha_3 x z_3) + (\alpha_4 x z_4)}{(\alpha_1) + (\alpha_2) + (\alpha_3) + (\alpha_4)} \tag{1}$$

Adapun perolehan nilai defuzzifikasi adalah

Tabel 7. Defuzifikasi Kasuistik
defuzifikasi 'Z'

KABUT	KIPAS	LAMPU
70.4286	72.0769	600

Hasil menunjukkan bahwa tingkat kelembaban terdeteksi untuk operasional mesin pengkabutan adalah 70,4 % sedangkan untuk operasional kipas angin adalah 72,1 % dan tingkat intensitas cahaya adalah 600 lumens.

5. KESIMPULAN

Metode logika fuzzy yang berhasil diimplementasikan terbagi menjadi 3 bagian utamanya yaitu proses fuzifikasi, pemodelan mesin inferensi dan proses defuzifikasi. Metode ini mampu pula memprediksikan nilai dari kelembaban sebagai variable utama dalam pengkondisian standar alamiah sistem pertanian budidaya secara adaptif dan mampu berjalan dengan efisien. Penambahan multi variable sebagai variable masukan akan menjadi tantangan tersendiri dalam pengembangan selanjutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Stikubank Semarang yang telah memberi dukungan materiil mulai dari pra proses penelitian, diskusi hingga selesainya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariani, Fenty; Endra, Robby Yuli. Implementation of fuzzy inference system with Tsukamoto method for study programme selection. In: *International Conference on Engineering and Technology Development (ICETD)*. 2013.
- [2] D. Tjokrokusumo, "Jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*) Untuk Meningkatkan Ketahanan pangan dan Rehabilitasi Lingkungan", Jurnal Rekayasa Lingkungan, BPPT, Jakarta, 2008
- [3] *Laporan Tahunan Direktorat Jenderal Hortikultura Tahun 2018*, Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Hortikultura, 2019.
- [4] *Kiat Budidaya jamur Tiram*, 2018, Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian, Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- [5] M. Sukur, H. Februariyanti, D. Budi S., E. Nurraharjo, Laporan Penelitian, "Pemodelan Sistem Pendukung Keputusan Guna Pemantauan Perubahan Data Riil pada Sistem Kontrol Multi I/O", Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Stikubank Semarang, 2018.
- [6] Patil P and Patel, "A Comprehensive Review On Fuzzy Logic System." *International Journal of Engineering And Computer Science*, 2014; 3(11); 9160-9165.
- [7] Timothy J, "Fuzzy Logic with Engineering Application, Second Edition", John Wiley & Sons, Ltd. England, 2004.
- [8] W. Hadikurniawati, I.H. Al Amin, "Multi-Attribute Decision Making dalam Pemilihan Lampu pada Sistem Pencahayaan Lapangan Badminton", Jurnal Informatika UPGRIS Ed 2 No 2, 2019