

# Desain Sistem Penyiraman Tanaman Tomat Berbasis Suhu dan Kelembaban menggunakan *Fuzzy* dan IoT

Endang Sri Rahayu\*, Cahyani Wulan Hidayat

Teknik Elektro, Universitas Jayabaya, Jakarta

\*endangsr@jayabaya.ac.id

**Abstrak**—Tanaman tomat membutuhkan media tanam dengan kondisi kelembaban dan suhu yang khusus untuk menghasilkan buah yang terbaik. Di Indonesia memiliki cuaca yang tidak menentu sehingga kelembaban dan suhu tanah pun juga berubah-ubah. Terkadang mengalami musim kemarau, yang mengakibatkan hujan tidak turun sama sekali. Tidak turunnya hujan menjadikan tanah mengering. Tanah yang mengering mengakibatkan tanaman tomat kekurangan kadar kelembaban dan suhunya. Hal tersebut mengakibatkan hasil panen yang kurang baik atau bahkan dapat terjadi gagal panen. Penelitian ini mengatasi kegagalan panen tanaman tomat yang diakibatkan karena kondisi kelembaban dan suhu tanah yang tidak sesuai dengan kebutuhan tanaman. Metode penyiraman otomatis berbasis kelembaban dan suhu dengan menggunakan Logika Fuzzy Sugeno dan IoT bertujuan agar tanaman dapat tumbuh dengan optimal dan menghasilkan buah yang terbaik. Kelembaban dan suhu tanah dideteksi dengan menggunakan sensor YL-69 dan sensor DHT11. Hasil pendeteksian kedua sensor diolah oleh Arduino uno tipe RobotDyn + WiFi. *Output* dari mikrokontroler yang berupa data kelembaban dan suhu digunakan sebagai data *input* pada proses *fuzzifikasi* dengan sembilan *rule base* untuk mengatur volume air dari pompa motor. Hasil pengukuran dan pengolahan kelembaban dan suhu disimpan pada *firebase* yang terkoneksi internet, sehingga melalui aplikasi pada *smartphone* seluruh informasi dapat dimonitor dan diakses secara *realtime* dan jarak jauh.

**Kata Kunci**—Arduino Uno Tipe RobotDyn+WiFi, DHT11 *Firestore*, Logika Fuzzy, Sensor Kelembaban, Sensor Suhu.

DOI: 10.22441/jte.2023.v14i3.003

## I. PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi memudahkan untuk melakukan proses monitoring dan pengendalian dari jarak yang jauh. Pada bidang perkebunan, tanah menjadi salah satu komponen yang sangat penting untuk menentukan keberhasilan dalam bercocok tanam [1]. Lahan perkebunan perlu dilakukan pengecekan, untuk mengetahui tingkat kesuburan tanah supaya mempermudah proses cocok tanam. Pengecekan dan penelitian dapat dilakukan dengan melihat kondisi tanah. Parameter kondisi tanah yang dapat terukur salah satunya adalah suhu dan kelembaban. Suhu dan kelembaban tanah merupakan faktor

yang penting untuk mengetahui tingkat kesuburan [2]. Kelembaban tanah adalah jumlah air pada pori-pori tanah yang sangat dinamis, hal tersebut disebabkan oleh penguapan melalui permukaan tanah [3]. Sedangkan suhu udara mempengaruhi pada fisiologi tanaman, seperti respirasi, fotosintesis, pembentukan pigmen dan respirasi [4].

Tomat menjadi salah satu tanaman holtikultura yang banyak di budidayakan karena meningkatnya permintaan pasar. Perawatan tanaman tomat membutuhkan perhatian yang khusus karena jika tidak mendapatkan kondisi yang baik seperti kurang sesuai kelembaban dan suhu pada tanah, tomat tidak dapat tumbuh dengan baik. Para pemilik kebun tomat melakukan berbagai usaha supaya mendapatkan tomat yang segar dan baik. Salah satu usaha yang dilakukan para pemilik kebun dengan selalu mengecek kondisi tanah pada tanaman tomat. Parameter yang dapat terukur yaitu kelembaban dan suhu. Suhu yang ideal dan berpengaruh baik pada kondisi tomat adalah antara 24°C - 28°C yang umumnya merah merata dan kelembaban yang relatif diperlukan tanaman tomat adalah 60% - 80% [5]. Kelembaban dan suhu yang tinggi juga berpengaruh kurang baik terhadap pertumbuhan, produksi dan kualitas buah tomat [6].

Indonesia memiliki musim panas dan hujan yang tidak menentu, sehingga membuat pemilik kebun tomat merasa kewalahan untuk menjaga tanaman mereka supaya kelembaban dan suhu yang ideal terjaga. Aktivitas berkebun tanaman tomat pada daerah yang memiliki cuaca yang berubah-ubah terasa sangat sulit. Saat curah hujan rendah, terkadang pemilik kebun lupa untuk menyirami tanamannya. Hal tersebut sangat merugikan para pemilik kebun tomat. Kerugian pemilik kebun tomat yang dirasakan bukan hanya secara materi namun juga secara fisik. Supaya menghasilkan hasil panen terbaik pemilik kebun tomat mengeluarkan ekstra biaya dan tenaga. Kadar kelembaban dan suhu pada tanah tanaman tomat perlu di monitoring supaya kondisinya selalu terjaga sesuai dengan yang diinginkan.

Pada penelitian ini, dilakukan perancangan sistem penyiraman otomatis agar kondisi kelembaban dan suhu tanah terjaga sesuai kebutuhan tanaman. Perangkat Arduino Uno tipe RobotDyn + WiFi digunakan sebagai pengolah data dari hasil pendeteksian sensor kelembaban dan suhu. Data yang telah diolah di *fuzzifikasi* dan dibuat *rule base* nya. Penggunaan logika fuzzy Sugeno pada sistem ini untuk mengatur volume air yang keluar dari pompa motor untuk menyiram tanaman sesuai dengan kelembaban dan suhu yang dibutuhkan. Hasil pengukuran dan pengolahan data disimpan pada *firebase* yang terkoneksi dengan internet. Data yang tersimpan di *firebase*

dapat dimonitoring dan diakses melalui aplikasi android pada *smartphone* secara *realtime*.

Susunan karya ilmiah ini dimulai dengan pendahuluan dan dilanjutkan dengan bahasan penelitian terkait pada Bab II, pada Bab III membahas metodologi penelitian, sedangkan hasil dan analisa diuraikan pada Bab IV, dan diakhiri dengan Bab V kesimpulan serta penelitian yang akan datang.

## II. PENELITIAN TERKAIT

Penelitian terkait alat monitoring kelembaban tanah dan suhu udara pada tanaman telah dilakukan pada tahun 2018. Penelitian ini berjudul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Kelembaban Tanah dan Suhu Udara Berbasis GSM SIM900 Dan Arduino Uno” [2]. Alat monitoring tersebut menggunakan sensor *soil moisture* dan sensor DHT11 sebagai pendeteksi kelembaban dan suhu udara pada tanah. Arduino Uno digunakan sebagai pengendali utama sistem tersebut. GSM SIM900A berfungsi sebagai pengirim informasi berupa SMS yang diberikan ke pemilik tanaman untuk memberitahukan keadaan kelembaban tanah, suhu udara pada tanah dan ketinggian air pada bak penampung. Alat ini juga mampu menyiram tanaman secara otomatis dan akan *off* jika tanah mencapai kondisi kelembaban yang diinginkan. Perbedaan dengan penelitian saat ini adalah penggunaan WiFi sebagai pengirim data ke *User* dan penyimpanan data tersimpan pada *firebase*.

Pada tahun 2019 penelitian berjudul “Sistem Monitoring Kelembaban Tanah dan Kendali Pompa Air Menggunakan Arduino dan Internet” [7]. Alat ini menggunakan sensor kelembaban tanah YL-69 sebagai pendeteksi kelembaban pada tanah. Penggunaan Arduino uno sebagai pusat kendali pada sistem monitoring. Output kendali dari mikrokontroler digunakan untuk sistem pompa air yang berfungsi sebagai menyiram tanaman. Sistem ini menggunakan website sebagai antarmuka monitoring kelembaban tanah dan kendali pompa air. Alat ini juga menggunakan GSM SIM800L karena memiliki jangkauan yang lebih luas dan sebagai media transmisi data ke *database*.

Penelitian selanjutnya berjudul “Smart Agriculture: Pengendalian Kelembapan dan Suhu Pada Penyiraman Otomatis Tanaman Berbasis IoT” pada tahun 2022 [8]. Pada penelitian tersebut melakukan penyiraman otomatis berdasarkan 3 parameter yaitu kelembapan udara, suhu udara, dan kelembapan tanah. Penelitian ini menggunakan sensor DHT22, *soil moisture* sensor dan modul RTC. Menggunakan Logika Fuzzy tsukamoto dan Mamdani untuk membandingkan keakuratan nilai durasi penyiraman tanaman. Hasil monitoring yang dilakukan akan terhubung ke aplikasi yang terhubung ke cloud tringer.io.

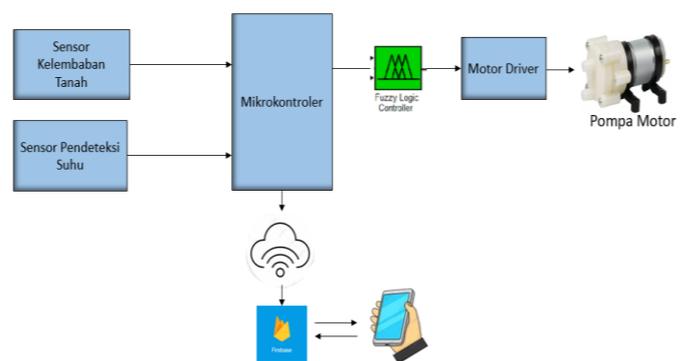
Penelitian berjudul “Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Sensor Kelembaban Tanah Menggunakan Logika Fuzzy” [9]. Pada penelitian ini membuat alat penyiram tanaman secara otomatis. Kelembaban pada tanah digunakan sebagai parameter untuk penyiraman tanaman yang akan disiram berkala sesuai dengan kondisi kelembaban tanah saat itu serta dilakukan secara otomatis. Sistem nya menggunakan algoritma *fuzzy logic* untuk menyatakan nilai kelembaban serta kategori dalam penyiraman. Sensor yang digunakan yaitu sensor kelembaban tanah. Arduino Uno digunakan sebagai pemroses

data, dan digunakan untuk *on/off* pompa air serta menggunakan PWM untuk mengatur cepat atau lambatnya pompa air. Hasil dari monitoring ditampilkan pada LCD.

## III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah alat penyiraman tanaman tomat berbasis suhu dan kelembaban menggunakan logika fuzzy dan IoT. Realisasi alat dan program didukung Pustaka hasil penelitian yang diperoleh melalui studi literatur sebagai informasi. Studi literatur, mencari Pustaka (buku dan jurnal) terkait dengan Arduino Uno Tipe RobotDyn + WiFi, Sensor Kelembaban Tanah, Sensor Suhu, L298N, Pompa motor, Logika Fuzzy dan *firebase*.

Pada proses perancangan alat dan sistem dibutuhkan blok diagram (Gambar 1) sebagai acuan untuk membuat perancangan sistem penyiraman tanaman tomat berbasis suhu dan kelembaban menggunakan logika fuzzy dan IoT.

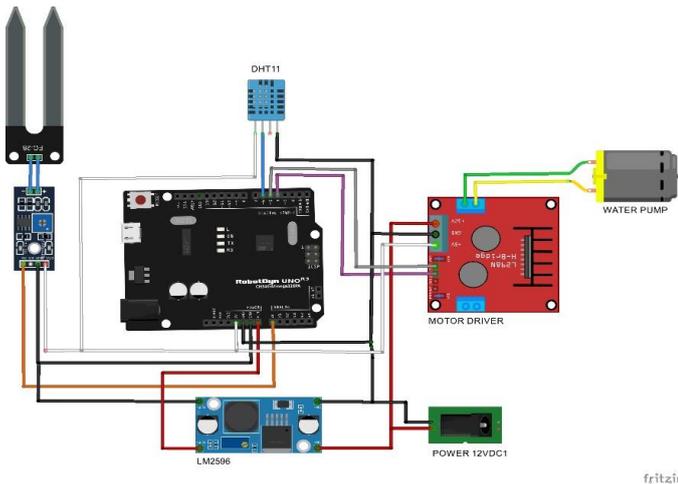


Gambar 1. Blok Diagram

Sistem ini menggunakan dua buah sensor sebagai *input* yaitu sensor kelembaban tanah YL-69 yang berfungsi untuk mendeteksi kelembaban tanah pada tanaman dan Sensor suhu DHT11 yang berfungsi untuk mendeteksi suhu pada lingkungan sekitar tanaman. Mikrokontroler yang digunakan Arduino Uno Tipe RobotDyn + WiFi berfungsi sebagai pengolah data analog dan digital dari sensor YL-69 dan sensor DHT11. Motor Driver yang digunakan adalah modul L298N berfungsi sebagai pengendali kecepatan perputaran pompa motor sesuai dengan program yang telah di setting. Pompa motor sebagai aktuator yang berfungsi untuk pemompa air dari tempat penampungan air ke tanaman tomat. Logika Fuzzy berfungsi untuk mengatur keluarnya air dari pompa motor saat akan menyiram tanaman tomat. *Smartphone* berfungsi sebagai pemberi informasi kepada user berupa data kelembaban dan suhu pada tanah sebelum dan sesudah dilakukan penyiraman.

### A. Perancangan Perangkat Keras (*hardware*)

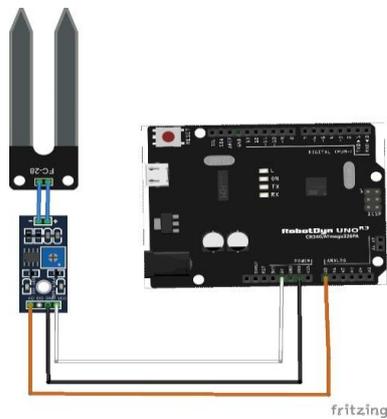
Pada perancangan *hardware* menggunakan Arduino Uno RobotDyn+WiFi sebagai kontroler dengan dua *input* yaitu sensor YL-69 dan sensor DHT 11. Sedangkan pada *output* terdapat satu aktuator yaitu pompa motor DC yang terhubung dengan modul driver L289N. Berikut skema rangkaian *hardware* nya (Gambar 2).



Gambar 2. Skema Rangkaian *Hardware*

*Sistem Pendeteksian Sensor YL-69*

Pada sistem ini, sensor kelembaban tanah yang digunakan adalah sensor YL-69 berfungsi untuk mendeteksi kelembaban tanah pada tanaman. Pin yang digunakan pada Arduino Uno RobotDyn + WiFi adalah pin analog A0. Berikut ini rangkaian (Gambar 3) dari Arduino Uno RobotDyn + WiFi dan Sensor YL-69.

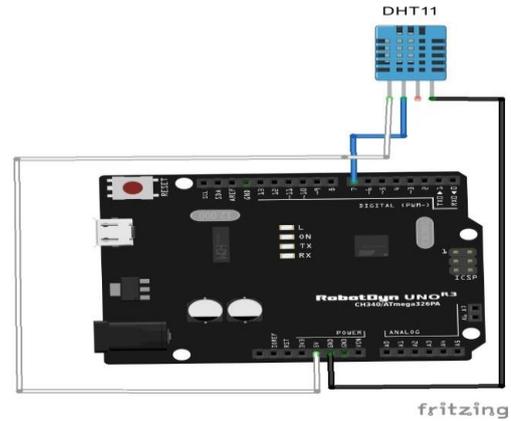


Gambar 3. Skema Rangkaian Sensor YL-69

*Output* yang dihasilkan oleh sensor YL-69 berupa sinyal analog, untuk mengubah keluaran analog menjadi satuan kelembaban tanah yang diinginkan yaitu satuan persentase diperlukan konversi. Persentase yang digunakan dari 0 % - 100%, jika sensor mendeteksi kelembaban tanah dengan resolusi 0 maka kelembaban tanah tersebut besarnya 100% namun jika sensor mendeteksi kelembaban tanah dengan resolusi 1023 maka kelembaban tanah tersebut besarnya 0%.

*Sistem Pendeteksian Sensor DHT11*

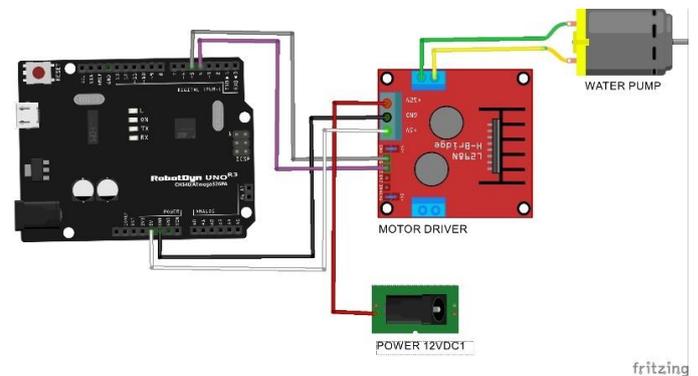
Sensor suhu yang digunakan pada sistem ini adalah sensor DHT11 memiliki fungsi sebagai pendeteksi suhu lingkungan pada sekitar tanaman. Pin yang digunakan di Arduino Uno RobotDyn+WiFi adalah pin digital 7. Hasil pendeteksian dari sensor ini berupa data digital sehingga tidak diperlukan konversi pada data *output* nya. Berikut ini rangkaian (Gambar 4) dari Arduino Uno RobotDyn+WiFi dan sensor DHT 11.



Gambar 4. Skema Rangkaian Sensor DHT 11

*3 Sistem Pompa Motor DC*

Pompa motor pada sistem ini digunakan untuk memindahkan air dari tempat penampungan ke tanah. Pompa motor ini dilengkapi dengan motor driver LN289N yang berguna sebagai pengatur putaran motor. Pin yang digunakan pada Arduino uno RobotDyn+WiFi adalah pin 4, pin 5, dan pin 6. Berikut Gambar 5 menunjukkan skema dari rangkaian Arduino Uno RobotDyn+WiFi ke pompa motor dan motor driver.

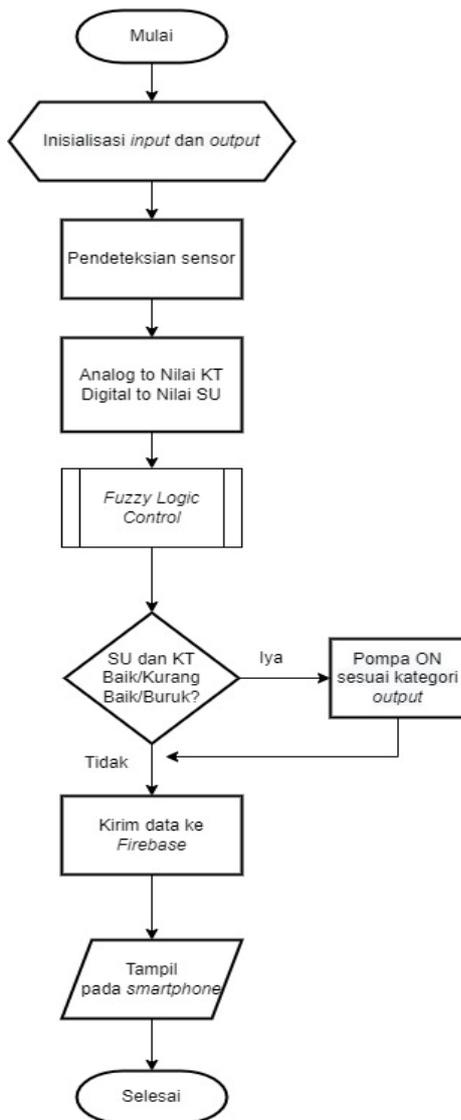


Gambar 5. Skema Rangkaian Pompa Motor

Pada sistem ini pompa motor akan terus aktif, namun lamanya waktu pompa motor aktif ini tergantung dari kondisi tanah yang terdeteksi. Jika kondisi tanah Baik maka waktu yang dibutuhkan pompa motor untuk bekerja sebentar sedangkan jika kondisi tanah buruk maka waktu yang dibutuhkan pompa motor bekerja lama. Pompa motor ini juga di lengkapi motor driver yang berfungsi untuk mengatur putaran motor. Putaran motor untuk tiap kondisi tanah pun juga berbeda karena menggunakan nilai PWM yang berbeda-beda.

*B. Perancangan Perangkat Lunak (Software)*

Alur kerja perancangan sistem penyiraman tanaman tomat berbasis suhu dan kelembaban menggunakan logika fuzzy dan IoT sesuai dengan urutan subsistemnya (Gambar 6). Sistem ini bertujuan untuk membantu penyiraman air pada tanaman tomat dengan berbasis data dari kelembaban dan suhu pada tanaman tomat. Hasil dari pengukuran dan pengolahan data di tampilkan pada aplikasi *android* yang dapat di akses melalui *smartphone*.



Gambar 6. Flowchart Sistem

Sistem ini memiliki 2 buah sensor, mikrokontroler, modul driver dan satu buah pompa motor DC. Sensor pertama berfungsi mendeteksi kelembaban tanah pada tanaman dan sensor kedua berfungsi untuk mendeteksi suhu lingkungan di sekitar tanaman. Semua data yang terdeteksi diolah dan dikirim oleh kontroler (Arduino Uno RobotDyn+WiFi) ke *database* (*Firebase*) berbasis IoT. Selanjutnya, aplikasi *smartphone* akan menampilkan data yang terdapat pada *database* secara *realtime* sebagai *interface* ke pengguna. Pada aplikasi, pengguna mendapatkan informasi terkait kondisi dari tanaman tomat dan pompa air.

#### Koneksi Data ke *Firebase*

ESP8266 yang terintegrasi dengan Arduino uno merupakan modul WiFi yang dapat langsung terhubung dengan WiFi dan membuat koneksi TCP/IP. Pada Arduino Uno RobotDyn+WiFi ini untuk mengkomunikasikan ESP8266 terdapat *switch* yang harus diaktifkan, yaitu *switch* no 1 dan 2.

Data yang dikirimkan ESP8266 ke *Firebase* berupa data pendeteksian sensor suhu lingkungan sekitar tanah tanaman,

hasil pendeteksian sensor kelembaban tanah, hasil defuzzifikasi dan kondisi pompa air. Gambar 7 merupakan contoh pemrograman ESP8266 ke *Firebase* menggunakan Arduino IDE.

```

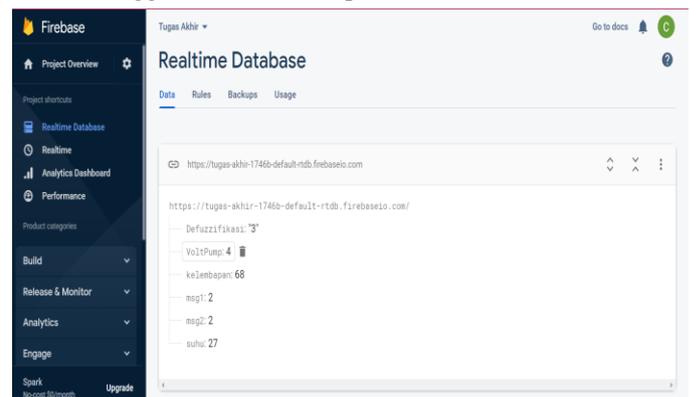
ESP8266_Firebase.h
13 #include <FirebaseArduino.h>
14
15 #define kelembapan = 0, suhu = 0, VoltPump = 0, msg1 = 0, msg2 = 0 ;
16 String defuzzifikasi;
17
18 // Set these to run example.
19 #define FIREBASE_HOST "tugas-akhir-1746b-default-rtdb.firebaseio.com"
20 #define FIREBASE_AUTH "M6bnVIZ0LmV0Vka8X5Zmw7Jluis0Cjossn5"
21 #define WIFI_SSID "Plyaya"
22 #define WIFI_PASSWORD "cahyal118"
23
24 //variable array data untuk parsing
25 String arrdata[6]; //banyak data 6 dari uno
26
27 void setup() {
28   Serial.begin(115200);
29   // connect to wifi.
30   WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
31   Serial.println("Connecting");
32   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
33     Serial.println("");
34     delay(500);
35   }
36   Serial.println();
37   Serial.println("connected.");
  
```

Gambar 7. Pemrograman *Firebase*

#### Pembuatan *Database* Menggunakan *Firebase*

*Database* digunakan sebagai penyimpanan data secara *realtime* dari pengendali maupun aplikasi secara dua arah. *Database* menyimpan data kedalam *server* sehingga dapat diakses melalui internet.

Penggunaan *firebase* pada sistem ini sebagai penyimpanan data berupa informasi kelembaban tanah dan suhu pada lingkungan tanah sekitar tanaman, hasil defuzzifikasi, keterangan kondisi tanah pada tanaman dan kondisi pompa air yang selanjutnya data tersebut akan terlihat pada aplikasi *smartphone*. Berikut tampilan *database* (Gambar 8) yang dibuat menggunakan *Firebase* pada alat ini.

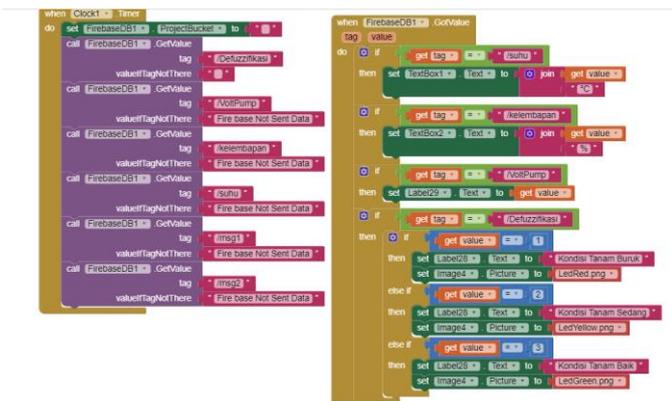


Gambar 8. Tampilan *Database* Pada *Firebase*

#### Pemrograman Aplikasi Android Menggunakan *AppInventor*

Aplikasi *smartphone* android digunakan sebagai *interface* antara sistem dengan *User*. Data yang telah dikirimkan oleh Arduino Uno RobotDyn+WiFi melalui jaringan internet akan diolah kembali oleh aplikasi dan ditampilkan pada aplikasi yang telah dibuat.

Informasi berupa data kelembaban tanah, suhu pada lingkungan tanah sekitar tanaman, hasil defuzzifikasi, keterangan kondisi tanah pada tanaman dan kondisi pompa air yang sebelumnya telah tersimpan di *Firebase* akan ditampilkan pada aplikasi *smartphone* yang telah dibuat. Pada Gambar 9 menunjukkan program pembuatan aplikasi menggunakan *AppInventor*.



Gambar 9. Program Aplikasi

C. Rancangan Logika Fuzzy

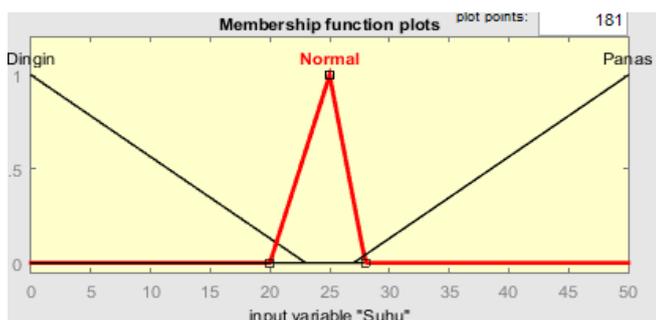
Pada sistem penyiraman tanaman otomatis ini menggunakan logika fuzzy sebagai penentu kondisi pompa air dan keluarnya air untuk menyirami tanaman. *Input* yang berupa kelembaban dan suhu masing-masing mempunyai *membership function*. Suhu memiliki tiga *membership function* yaitu Dingin, Normal, dan Panas. Kelembaban juga memiliki tiga *membership function* yaitu Kering, Lembab, dan Basah. Skema *Fuzzy Logic Control* terdiri dari 3 bagian yaitu *fuzzifikasi*, *Rule base*, dan *defuzzifikasi*.

Fuzzifikasi

*Fuzzifikasi* adalah memetakan nilai *input* ke dalam variabel linguistik/himpunan fuzzy yang merupakan derajat keanggotaan logika fuzzy. Dalam proses *fuzzifikasi* untuk mencari nilai derajat keanggotaan masing-masing *input*, dipilih menggunakan fungsi segitiga. Perancangan *input* ini menggunakan *software* Simulink MatLab. Nilai batas atas dan batas bawah serta pemetaan fuzzy pada kedua variabel input dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Pemetaan Variabel *Input*

| Variabel Fuzzy | Himpunan Fuzzy | Range  | Parameter Range |
|----------------|----------------|--|-----------------|
| Suhu           | Dingin         | $0^{\circ}\text{C} \leq x \leq 50^{\circ}\text{C}$ | [0 0 23]        |
|                | Normal         |  | [20 25 28]      |
|                | Panas          |  | [27 50 50]      |
| Kelembaban     | Kering         | $0\% \leq x \leq 100\%$                            | [0 0 55]        |
|                | Lembab         |  | [45 65 83]      |
|                | Basah          |  | [80 90 100]     |



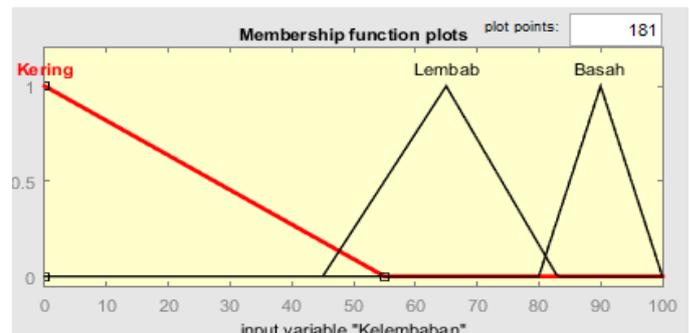
Gambar 10 *Membership Function* Suhu

Pada gambar 10 menunjukkan grafik variabel suhu yang mempunyai *range* nilai dari 0 – 50. Setiap himpunan fuzzy dari variabel suhu yaitu Dingin, Normal, Panas mempunyai *parameter range* yang berbeda. Himpunan fuzzy Dingin menggunakan tipe variabelnya trimf dengan parameter range nya [0 0 23], Normal menggunakan tipe variabel nya trimf dengan parameter range nya [20 25 28], dan Panas menggunakan tipe variabel trimf dengan parameter range nya [27 50 50]. Perhitungan nilai fuzzyfikasi di dapatkan dari beberapa fungsi. Fungsi yang digunakan pada variabel suhu yaitu fungsi segitiga. Berikut perhitungan manual dari fungsi tersebut:

$$\mu_{Dingin}[x] = \begin{cases} 0; & 0 \geq 23 \text{ atau } x \leq 0 \\ \frac{x-0}{0-0}; & 0 < x \leq 0 \\ \frac{23-x}{23-0}; & 0 < x < 23 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 28 \text{ atau } x \geq 20 \\ \frac{x-20}{25-28}; & 20 < x \leq 25 \\ \frac{28-x}{28-20}; & 25 < x < 28 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{Panas}[x] = \begin{cases} 0; & x \geq 50 \text{ atau } x \leq 27 \\ \frac{x-27}{50-27}; & 27 < x \leq 50 \\ \frac{50-x}{50-50}; & 50 < x < 50 \end{cases}$$



Gambar 11. *Membership Function* Kelembaban

Pada Gambar 11 adalah tahap pembentukan himpunan fuzzy pada *input* kelembaban dengan *range* nilai 0 – 100. Himpunan fuzzy dari variabel Kelembaban yaitu **Kering**, **Lembab** dan **Basah** mempunyai nilai parameter yang berbeda. Himpunan fuzzy Kering menggunakan tipe variabel trimf dengan *parameter range* nya [0 0 55], Lembab menggunakan tipe variabel trimf dengan *parameter range* nya [45 65 83], dan Basah menggunakan tipe variabel trimf dengan *parameter range* nya [80 90 100]. Perhitungan nilai fuzzyfikasi didapatkan dari beberapa fungsi. Fungsi yang digunakan pada variabel Kelembaban ada 1 yaitu fungsi segitiga. Berikut perhitungan manual nya.

$$\mu_{Kering}[x] = \begin{cases} 0; & x \geq 55 \text{ atau } x \leq 0 \\ \frac{x-0}{0-0}; & 0 < x \leq 0 \\ \frac{55-x}{55-0}; & 0 < x < 55 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{Lembab}[x] = \begin{cases} 0; & x \geq 83 \text{ atau } x \leq 45 \\ \frac{x-45}{65-45}; & 45 < x \leq 65 \\ \frac{83-x}{83-65}; & 65 < x < 83 \end{cases}$$

$$\mu_{Basah}[x] = \begin{cases} 0; & x \geq 100 \text{ atau } x \leq 80 \\ \frac{x-80}{90-80}; & 80 < x \leq 90 \\ \frac{100-x}{100-90}; & 90 < x < 100 \end{cases}$$

**Rulebase**

Setelah pembentukan himpunan fuzzy (*fuzzifikasi*), selanjutnya pembentukan aturan fuzzy (*fuzzy rule*). *Rules* dibuat untuk menyatakan hubungan antara *input-output*. Operator yang digunakan untuk menghubungkan *input-output* adalah operator *AND*. Sedangkan untuk memetakan antara *input-output* adalah *IF-THEN*. Berdasarkan fungsi keanggotaan *input* yaitu Suhu dan Kelembaban yang telah dibuat sebelumnya, maka berikut adalah 9 *rule base* yang dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. *Rulebase*

| Rule | Kondisi  |
|------|--|
| R1   | If (Suhu is Dingin) and (Kelembaban is Kering) Then (Kondisi is Kurang Baik) |
| R2   | If (Suhu is Dingin) and (Kelembaban is Lembab) Then (Kondisi is Baik)        |
| R3   | If (Suhu is Dingin) and (Kelembaban is Basah) Then (Kondisi is Baik)         |
| R4   | If (Suhu is Normal) and (Kelembaban is Kering) Then (Kondisi is Buruk)       |
| R5   | If (Suhu is Normal) and (Kelembaban is Lembab) Then (Kondisi is Baik)        |
| R6   | If (Suhu is Normal) and (Kelembaban is Basah) Then (Kondisi is Baik)         |
| R7   | If (Suhu is Panas) and (Kelembaban is Kering) Then (Kondisi is Buruk)        |
| R8   | If (Suhu is Panas) and (Kelembaban is Lembab) Then (Kondisi is Kurang Baik)  |
| R9   | If (Suhu is Panas) and (Kelembaban is Basah) Then (Kondisi is Kurang Baik)   |

**Defuzzifikasi**

Defuzzifikasi merupakan proses pemetaan besaran dari himpunan fuzzy set yang dihasilkan ke dalam bentuk nilai crisp. Variabel output pada sistem penyiraman otomatis berbasis IoT ini adalah kondisi tanah pada tanaman, setiap kondisi mempunyai durasi penyiraman tanaman atau waktu pompa mengeluarkan air. Informasi terkait himpunan fuzzy serta parameter range dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pemetaan Variabel *Output*

| Variabel Fuzzy | Himpunan Fuzzy | Range            | Parameter Range |
|----------------|----------------|------------------|-----------------|
| Kondisi        | Baik           | 30 s ≤ x ≤ 100 s | 30 s            |
|                | Kurang Baik    |                  | 60 s            |
|                | Buruk          |                  | 100 s           |

Pada gambar 12 menunjukkan *output* dengan fungsi keanggotaannya **Buruk**, **Kurang Baik**, dan **Baik** dengan range

[0 1] menggunakan tipe variabel *constant* dan *parameter range* nya [30], [60], [100].



Gambar 12. *Membership Function* Kondisi

**Pemrograman Logika Fuzzy**

Setelah menentukan himpunan fuzzy dari setiap variabel fuzzy, menentukan *parameter range*, membuat *rulebase* sebanyak 9 *rule*, dan melakukan simulasi menggunakan Matlab, Maka dibuatlah pemrogramannya dengan menggunakan Arduino IDE. Berikut ini gambar 13 yang menunjukkan contoh program yang telah dibuat.

```

//MegaCC252 Kelembaban
200 Rule[1] = baik;
201 // If suhu panas and kering then kurang
202 minr[1] = Min(fupanas(), Fukering());
203 Rule[1] = kurang;
204 // If suhu panas and lembap then kurang
205 minr[1] = Min(fupanas(), Fulembap());
206 Rule[1] = kurang;
207 // If suhu panas and basah then kurang
208 minr[1] = Min(fupanas(), Fubasah());
209 Rule[1] = kurang;
210 }
211
212 float defuzzifikasi()
213 {
214   rule();
215   A = 0;
216   B = 0;
217   for (int i = 1; i <= 9; i++)
218   {
219     // printf("Rule ke %d = %f\n", i, Rule[i]);
220     // printf("Min ke %d = %f\n", i, minr[i]);
221     A += Rule[i] * minr[i];
222     B += minr[i];
223   }
224   // printf("hasil A : %f\n", A);
  
```

Gambar 13. Pemrograman Logika Fuzzy Pada Sistem

**IV. HASIL DAN ANALISA**

**A. Prototype Sistem**

*Prototype* dari sistem penyiraman otomatis ini terbuat dari box casing plastik dengan ukuran 180 x 110 x 60 mm. Membutuhkan daya sebesar 12VDC/5-10A untuk menjalankannya. Pada Gambar 14 menunjukkan tampak atas dari *prototype* dan pada Gambar 15 merupakan rangkaian elektrik dari *prototype* yang telah dibuat.



Gambar 14. *Prototype* Tampak Atas



Gambar 15. Rangkaian Elektrik

**B. Pengujian tegangan output pada sensor YL-69**

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui besarnya tegangan output sensor YL-69 saat mendeteksi tanah yang kering, lembab, dan basah. Pada pengujian ini diharapkan dapat melihat perbedaan tegangan *output* sensor saat mendeteksi tanah yang kering, lembab dan basah. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Hasil Pengujian Sensor YL-69

| Percobaan Ke- | Nilai Kelembaban (%) | VKelembaban (Volt) |
|---------------|----------------------|--------------------|
| 1             | 22                   | 3,92               |
| 2             | 26                   | 3,54               |
| 3             | 36                   | 3,21               |
| 4             | 39                   | 3,05               |
| 5             | 41                   | 2,93               |
| 6             | 47                   | 2,71               |
| 7             | 48                   | 2,69               |
| 8             | 54                   | 2,43               |
| 9             | 60                   | 2,01               |
| 10            | 63                   | 1,95               |
| 11            | 68                   | 1,52               |
| 12            | 69                   | 1,49               |
| 13            | 70                   | 1,45               |
| 14            | 71                   | 1,43               |
| 15            | 75                   | 1,38               |

Hasil pengukuran tegangan sensor YL-69 terhadap pendeteksian tanah pada kondisi kering, lembab, dan basah. Pengambilan data tegangan sensor YL-69 menggunakan multimeter. Tabel 4 menunjukkan data hasil pengukuran tegangan sensor YL-69. Pengujian dilakukan sebanyak 15 percobaan. Perubahan nilai tegangan semakin basah tanah tegangan *output* semakin kecil, sedangkan semakin kering tanah tegangan *output* semakin besar.

**C. Pengujian Suhu Terhadap Hygrometer**

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan besaran suhu yang terbaca pada *prototype* dengan hygrometer. Pada pengujian ini diharapkan dapat melihat perbandingan suhu yang terdeteksi pada *prototype* dan Hygrometer. Adapun Hasil perbandingan nya dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Perbandingan Sensor Dengan Hygrometer

| Percobaan Ke- | Nilai Suhu pada Prototype | Nilai Suhu pada Hygrometer | Error (%) |
|---------------|---------------------------|----------------------------|-----------|
| 1             | 20                        | 20,9                       | 4,31      |
| 2             | 22                        | 22,8                       | 3,51      |
| 3             | 23                        | 23,5                       | 2,13      |
| 4             | 24                        | 23,9                       | 0,42      |
| 5             | 26                        | 26,1                       | 0,38      |
| 6             | 28                        | 27,8                       | 0,72      |
| 7             | 29                        | 29,4                       | 1,36      |
| 8             | 30                        | 30,8                       | 2,60      |
| 9             | 32                        | 31,8                       | 0,63      |
| 10            | 34                        | 34,2                       | 0,58      |
| 11            | 36                        | 35,6                       | 1,12      |
| 12            | 37                        | 36,9                       | 0,27      |
| 13            | 38                        | 38,1                       | 0,26      |
| 14            | 39                        | 38,9                       | 0,26      |
| 15            | 40                        | 40,4                       | 0,99      |

Hasil perbandingan pembacaan sensor DHT11 pada *prototype* dan hygrometer. Pengambilan data sensor dilakukan pada suhu lingkungan sekitar tanaman. Pengujian dilakukan sebanyak 15 percobaan, pengujian menggunakan *hair dryer* untuk mendapatkan suhu yang panas sedangkan untuk mendapatkan suhu dingin menggunakan kipas angin, es batu yang diletakkan didekat sensor dan pengukuran dilakukan di ruangan ber AC.

**D. Hasil Percobaan Keseluruhan Sistem**

Pada Tabel 6 merupakan hasil percobaan pada keseluruhan sistem yang dilakukan untuk mengetahui kesesuaian alat dengan kondisi dan *output* yang diinginkan.

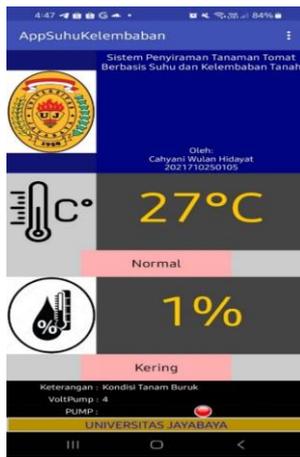
Tabel 6. Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

| Percobaan ke - | Suhu (°C) | Kelembaban (%) | Kondisi pompa | VPump (Volt) |
|----------------|-----------|----------------|---------------|--------------|
| 1              | 22        | 22             | ON            | 12           |
| 2              | 23        | 25             | ON            | 12           |
| 3              | 23        | 27             | ON            | 12           |
| 4              | 24        | 35             | ON            | 12           |
| 5              | 29        | 40             | ON            | 12           |
| 6              | 24        | 46             | ON            | 4            |
| 7              | 25        | 47             | ON            | 4            |
| 8              | 26        | 50             | ON            | 4            |
| 9              | 26        | 55             | ON            | 4            |
| 10             | 26        | 65             | ON            | 4            |
| 11             | 26        | 48             | ON            | 6            |
| 12             | 27        | 50             | ON            | 6            |
| 13             | 28        | 55             | ON            | 6            |
| 14             | 28        | 63             | ON            | 6            |
| 15             | 31        | 66             | ON            | 6            |

Percobaan yang dilakukan dengan pengujian keseluruhan sistem dilakukan sebanyak 15 percobaan. Pada keadaan Buruk, Kurang baik dan Baik kondisi pompa air selalu aktif. Saat kondisi tanah dinyatakan Buruk pompa air akan menyala selama 100 detik dengan tegangan *output* 12V, jika kondisi tanah

dinyatakan Kurang Baik pompa air akan menyala selama 60 detik dengan tegangan *output* 6V, dan saat kondisi tanah Baik pompa air akan tetap menyala selama 30 detik dengan tegangan *output* 4V. Pada sistem ini kondisi tanah yang terdeteksi juga mempengaruhi kecepatan putaran pada motor pompa air.

Pada Tabel 6 dapat dilihat saat suhu lingkungan 23°C (Normal) dan Kelembaban tanah 25% (Kering), kondisi tersebut dinyatakan Buruk sehingga pompa air akan aktif selama 100 detik dengan tegangan *output* nya 12V. Berikut ini tampilan dari aplikasi *smartphone* (Gambar 16) yang sebelumnya telah dirancang menggunakan MIT AppInventor. Pada aplikasi *smartphone* ini menampilkan informasi terkait Suhu dan Kelembaban yang terdeteksi, keterangan hasil dari *defuzzifikasi*, kondisi pompa air dan tegangan *output* dari pompa air.



Gambar 16. Tampilan Aplikasi pada *Smartphone*

**E. Hasil Uji Fuzzy Inference System**

Pengujian ini dilakukan untuk melihat efektivitas *rules* yang telah dibuat dan dibandingkan dengan *output* sistem yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan menu *view rules* yang terdapat pada *software* MATLAB. Berikut ini adalah tampilan menu *view rules* yang terdapat pada *software* MATLAB (Gambar 17).



Gambar 17. Tampilan *View Rules*

Pada bagian *input* di *view rules* dapat dimasukkan nilai suhu dan kelembaban lalu dapat diamati kesesuaian *output* yang didapat. Seperti yang terlihat pada Tabel 7

Tabel 7. Hasil Perbandingan *Output Fuzzy* dengan *Output* Sistem

| Parameter Input |            | Output Fuzzy | Keterangan |
|-----------------|------------|--------------|------------|
| Suhu            | Kelembaban | Kondisi      |            |
| 22              | 22         | 100          | Sesuai     |
| 23              | 25         | 100          | Sesuai     |
| 23              | 27         | 100          | Sesuai     |
| 24              | 36         | 30           | Sesuai     |
| 25              | 47         | 30           | Sesuai     |
| 26              | 48         | 30           | Sesuai     |
| 28              | 55         | 60           | Sesuai     |
| 28              | 63         | 60           | Sesuai     |
| 31              | 66         | 60           | Sesuai     |
| 33              | 70         | 60           | Sesuai     |

Hasil uji coba membandingkan hasil *output* sistem dan *output* fuzzy menggunakan *view rules* yang dilakukan sebanyak 10 percobaan, didapatkan bahwa *output* fuzzy sesuai dengan *output* pada sistem. Data parameter *input* di dapat dari hasil pendeteksian sensor yang ada pada sistem. Pada Tabel 7 dapat terlihat jika suhu 22°C dan kelembaban 22% maka *output* fuzzy 100, dapat dinyatakan bahwa kondisi tanah Buruk dan pompa air akan aktif selama 100 detik dengan tegangan *output* pompanya 12 V.

**V. KESIMPULAN**

Sistem penyiraman otomatis untuk tanaman tomat menghasilkan kesimpulan bahwa hasil perbandingan deteksi suhu dan kelembaban melalui sensor DHT11 dengan hygrometer memiliki rata-rata error = 1,302667%. Pengujian sensor kelembaban terhadap tegangan *output* berbanding terbalik dengan hasil pendeteksian, semakin besar kelembaban tanah yang terdeteksi tegangan *output* yang dihasilkan akan semakin kecil. Perancangan logika fuzzy pada sistem ini menggunakan metode sugeno dengan 9 *rules* dan memiliki dua *input* yaitu Suhu dan Kelembaban dengan satu *output* yaitu Kondisi. Desain ini kedepannya dapat dikembangkan dengan penambahan parameter dan sensor lainnya seperti PH tanah dan intensitas cahaya supaya hasil yang didapatkan lebih spesifik.

**UCAPAN TERIMA KASIH**

Terima kasih terhadap Universitas Jayabaya melalui UP2P FTI yang membantu terselesaikannya penelitian ini serta kepada tim editorial Jurnal Teknologi Elektro atas dipublikasikannya penelitian ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] A. Jupri, A. Muid and Muliadi, "Rancang Bangun Alat Ulur Suhu, Kelembaban, dan pH pada Tanah Berbasis Mikrokontroler ATmega328P," *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)*, vol. 3, no. 2, pp. 76-81, 2017.
- [2] S. Wulantika, H. Dedy and Risdianto, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kelembaban Tanah dan Suhu Udara Berbasis GSM SIM900A dan Arduino Uno," *Jurnal Kumparan Fisika*, vol. 1, no. 2, pp. 60-65, 2018.
- [3] I. G. E. Darmawan, E. Yadie and H. Subagyo, "Rancang Bangun Alat Ukur Kelembaban Tanah Berbasis Arduino Uno," *PoliGrid*, vol. 1, no. 1,

- pp. 31-38, 2020.
- [4] A. E. Widodo, S. Suleman and M. Safudin, "Pemanfaatan Arduino Untuk Mendeteksi Kelembaban Tanah," *Evolusi: Jurnal Sains dan Manajemen*, vol. 7, no. 2, pp. 1-5, 2019.
- [5] N. N. Afifah, P. Pangaribuan and R. A. Priramadhi, "Sistem Pengontrolan Pengairan Budidaya Tanaman Tomat Berdasarkan Kelembaban dan Suhu Tanah Berbasis Artificial Intelligence," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 7, no. 3, pp. 8791-8801, 2020.
- [6] A. Jaelani, "Kontrol Kestabilan Suhu dan Kelembaban Menggunakan Fuzzy Pada Area Tanaman Tomat Dan Cabai Dengan Sistem Tanam Tumpang Sari," *Jurnal JREEC (Jurnal Renewable Energy, Electronics and Control)*, vol. 1, no. 1, pp. 36-42, 2021.
- [7] H. Nadzif, T. Andrasto and A. Selamat, "Sistem Monitoring Kelembaban Tanah dan Kendali Pompa Air Menggunakan Arduino dan Internet," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 26-30, 2019.
- [8] F. Nazareta, Fauziah and G. Soepriyono, "Smart Agriculture: Pengendalian Kelembaban dan Suhu Pada Penyiraman Otomatis Tanaman Berbasis IoT," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 9, no. 2, pp. 839-854, 2022.
- [9] S. B. Mursalin, H. Sunardi and Zulkifli, "Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Sensor Kelembaban Tanah Menggunakan Logika Fuzzy," *Jurnal Ilmiah Informatika Global*, vol. 11, no. 1, pp. 47-54, 2020.