

Sistem Pintar Penyiram Tanaman Menggunakan Teknologi IoT dan *Fuzzy Inference System* dalam Rangka Mewujudkan *Green Campus* di UIN Syarif Hidayatullah Jakarta

Nenny Anggaraini
Program Studi Teknik Informatika,
Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Islam Negeri Syarif
Hidayatullah Jakarta
nenny.anggraini@uinjkt.ac.id

Deny Saputra
Program Studi Teknik Informatika,
Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Islam Negeri Syarif
Hidayatullah Jakarta
Deny.saputra@uinjkt.ac.id

Abstrak— Beberapa tahun terakhir, perubahan iklim mulai dirasakan efeknya oleh manusia dan makhluk hidup di bumi. Perubahan iklim terjadi karena meningkatnya konsentrasi gas karbon dioksida dan gas-gas lainnya di atmosfer. Perubahan iklim yang terjadi saat ini berakibat cukup buruk dan berefek ke berbagai sektor kehidupan. Adanya perubahan iklim secara ekstrem ini banyak menjadi isu yang dibahas, termasuk di tingkat universitas. *Civitas academica* sebagai *agent of change* hendaknya contoh tentang pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) di lingkungan kampus. Salah satu usaha mewujudkan konsep pembangunan berkelanjutan adalah dengan menerapkan konsep *Green Campus*. *Green campus* dapat didefinisikan sebagai program yang mengintegrasikan pembangunan lingkungan dan pembangunan kampus dalam pengelolaannya. Beberapa indikator dalam mewujudkan *green campus* adalah kebijakan pengelolaan kampus yang berorientasi pada pengelolaan lingkungan, termasuk di dalamnya adalah kegiatan untuk penghematan air, kertas, energi listrik, pengadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH), dan pengelolaan sampah dengan menerapkan prinsip 3R (*reduce, reuse, recycle*). UIN Jakarta saat ini fokus kepada *green environment*, yaitu fokus pada kegiatan-kegiatan yang berkaitan dengan konservasi dan pemeliharaan kualitas lingkungan dalam semua aktivitas konsumsi energi dan sumber daya alam. Penghijauan, yang merupakan salah satu kegiatan pada *green campus*, telah mulai dilakukan di lingkungan UIN Jakarta. Kegiatan penanaman pohon dan bunga tidak hanya untuk memperindah lingkungan, tetapi juga untuk meningkatkan keberadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di lingkungan kampus dan memperbaiki kualitas udara. Agar gerakan penghijauan ini berhasil, diperlukan pemeliharaan, seperti penyiraman dan pemupukan secara teratur. Namun, cuaca yang sering berubah, pergeseran musim, dan luasnya lahan yang harus dipelihara menyebabkan penyiraman terhadap tanaman tidak bisa bergantung tenaga manusia saja. Apalagi kondisi pandemi di Indonesia menyebabkan hampir semua pegawai bekerja dari rumah, sehingga pemeliharaan tanaman akan terkendala untuk kegiatan penyiraman tanaman. Berkaitan dengan *green campus* dan *green environment*, teknologi sistem benam, *sensor network* dan *internet of things* dapat digunakan untuk membantu kegiatan penyiraman tanaman secara terotomasi. Hasil pada penelitian ini adalah sistem penyiraman tanaman pintar dapat mendeteksi keperluan penyiraman berdasarkan sensor suhu, kelembaban tanah, dan sensor hujan, hasil penelitian mencatat sistem dapat menjelaskan operasi penyiraman dengan valid dan sesuai kondisi batasan *fuzzy inference*.

Kata Kunci : Penyiram tanaman, *internet of things*, *fuzzy inference system*, *green campus*, *green environment*

I. PENDAHULUAN

Beberapa tahun terakhir, perubahan iklim mulai dirasakan efeknya oleh manusia dan makhluk hidup di bumi. Perubahan iklim terjadi karena meningkatnya konsentrasi gas karbon dioksida dan gas-gas lainnya di atmosfer, atau disebut dengan efek gas rumah kaca. Indonesia merupakan salah satu penghasil gas rumah kaca terbesar di dunia, dan dapat menjadi negara

yang berpotensi menghancurkan iklim dunia [1]. Data tahun 2018 dari World Resource Institute menyebutkan Indonesia menempati posisi ke 7 dari 10 negara penyumbang emisi gas rumah kaca terbesar di dunia. Indonesia menghasilkan 965,3 MtCO_{2e} atau setara 2% emisi dunia [2]. Meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca menyebabkan atmosfer semakin tebal. Penebalan lapisan atmosfer tersebut menyebabkan jumlah panas bumi yang terperangkap di atmosfer bumi semakin banyak, sehingga mengakibatkan peningkatan suhu bumi, yang disebut dengan pemanasan global.

Perubahan iklim yang terjadi saat ini berakibat cukup buruk dan berefek ke berbagai sektor kehidupan. Di beberapa tempat di Indonesia, perubahan iklim menyebabkan petani kopi di Kepahiang Bengkulu dan Manggarai Nusa Tenggara Timur gagal panen dan hanya dapat memanen 20% dari tanaman kopinya. Musim kemarau panjang di Indonesia juga mengakibatkan berubahnya pola tanam, yang mengakibatkan gagal panen. Contoh lain dari perubahan iklim adalah pemanasan suhu bumi, yang menyebabkan mencairnya es di bumi, kenaikan batas air laut, dan banjir [3].

Adanya perubahan iklim secara ekstrem ini banyak menjadi isu yang dibahas, termasuk di tingkat universitas. Universitas hendaknya tidak menjadi menara gading, tetapi menjadi lembaga yang dapat memberikan solusi kepada banyak pihak. *Civitas academica* sebagai *agent of change* hendaknya dapat memberi manfaat kepada lingkungan sekitarnya dan memberikan contoh tentang pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) di lingkungan kampus. Salah satu usaha mewujudkan konsep pembangunan berkelanjutan adalah dengan menerapkan konsep *Green Campus*.

Penghijauan, yang merupakan salah satu kegiatan pada *green campus*, telah mulai dilakukan di lingkungan UIN Jakarta. Kegiatan penanaman pohon dan bunga tidak hanya untuk memperindah lingkungan, tetapi juga untuk meningkatkan keberadaan Ruang Terbuka Hijau (RTH) di lingkungan kampus dan memperbaiki kualitas udara. Agar gerakan penghijauan ini berhasil, diperlukan pemeliharaan, seperti penyiraman dan pemupukan secara teratur. Tanaman-tanaman mempunyai karakter yang berbeda, sehingga perlakuan terhadap masing-masing tanaman juga berbeda. Cuaca yang sering berubah, pergeseran musim, dan luasnya lahan yang harus dipelihara menyebabkan pengairan terhadap tanaman tidak bisa bergantung tenaga manusia saja. Apalagi kondisi pandemi di Indonesia menyebabkan hampir semua pegawai bekerja dari rumah, yang mengakibatkan pemeliharaan tanaman akan terkendala untuk kegiatan penyiraman tanaman. Jika kegiatan pemeliharaan ini tidak dilakukan sebagaimana

mestinya, gerakan penghijauan akan terputus pada kegiatan menanam saja, sehingga tujuan untuk menerapkan *green campus* dan *green environment* tidak akan tercapai.

Perkembangan teknologi saat ini sudah sangat canggih dan dapat diimplementasikan ke berbagai aspek kehidupan manusia. Adanya kecerdasan buatan, teknologi sensor, teknologi sistem benam dan robotik, mengubah pekerjaan konvensional manusia menjadi kegiatan yang terotomasi. Berkaitan dengan *green campus* dan *green environment*, teknologi sistem benam, *sensor network* dan *internet of things* dapat digunakan untuk membantu kegiatan penyiraman tanaman secara terotomasi. Manusia, dalam hal ini pengawas tanaman, akan bertindak sebagai pengawas dari kegiatan penyiraman yang dilakukan oleh peralatan yang dirangkai khusus.

Sistem penyiram tanaman secara otomatis telah banyak diteliti karena manfaatnya yang sangat besar bagi manusia. Salah satunya adalah tentang sistem penyiraman otomatis dan monitoring tanaman cabai menggunakan water sprinkle [8]. Pada penelitian ini dirancang peralatan yang terhubung dengan IoT untuk menggantikan sistem penyiram tanaman cabai yang konvensional. Hasil pemrosesan akan dikirim ke web dan sistem dapat dimonitor melalui smartphone. Penelitian [9] menggunakan *drip irrigation* dalam penyiraman tanaman pada *tomato greenhouse* di Beijing. *Drip irrigation* yang digunakan dilengkapi dengan teknologi IoT yang akan mengalirkan air sesuai kebutuhan tanaman tomat. Model sistem penyiraman lainnya adalah menggunakan IoT, kemudian data diolah menggunakan metode Fuzzy untuk menghasilkan waktu penyiraman yang akurat [10]. Fuzzy merupakan metode kecerdasan buatan yang banyak digunakan pada berbagai penelitian. Logika Fuzzy sangat fleksibel dan mempunyai kemampuan generalisasi data yang tidak tepat. Hal ini membuat logika fuzzy sangat banyak digunakan dalam pertanian, pengambilan keputusan, teori pengendalian, pengenalan pola, kesehatan dan lain-lain [11].

Berkaitan dengan *green campus* dan *green environment* dengan tujuan untuk penghijauan dan agar tanaman di lingkungan kampus UIN Jakarta selalu terawat, maka pada proposal ini diusulkan sebuah sistem otomasi penyiram tanaman menggunakan teknologi IoT dan *fuzzy inference system*. Sistem yang dibangun dapat dimonitor menggunakan *smartphone* sehingga pegawai yang bertanggung jawab untuk mengawasi tanaman mendapatkan informasi detail tentang penyiraman tanaman tersebut. Sensor diletakkan di beberapa titik pada lahan untuk menangkap kondisi lingkungan yang menjadi komponen syarat tumbuh, seperti suhu lingkungan, kelembaban tanah, dan cahaya. Kondisi lingkungan tersebut kemudian akan dihitung sedemikian rupa oleh mikrokontroler menggunakan metode Fuzzy, sehingga sistem dapat memberikan keputusan berapa lama waktu penyiraman yang diperlukan untuk tanaman. Dengan adanya sistem ini, diharapkan tanaman di lingkungan UIN syarif Hidayatullah Jakarta terpelihara dengan baik, sehingga tujuan penghijauan dan *green campus* dapat terwujud.

II. KAJIAN TEORI DAN LITERATUR

A. Wireless Sensor Network

Wireless Sensor Network (WSN) adalah sebuah infrastruktur yang terdiri dari proses penginderaan (mengukur), komputasi, dan unsur-unsur komunikasi yang memberikan

administrator kemampuan dalam proses instrumentasi, mengamati, dan bereaksi terhadap peristiwa dan fenomena dalam lingkungan yang telah ditetapkan. Teknologi WSN merupakan suatu sistem terpadu yang terdiri dari sekelompok node/modul sensor terdistribusi dan terhubung pada suatu topologi jaringan dan berfungsi untuk mengekstrak dan berbagi informasi untuk diolah sesuai dengan kebutuhannya [13].

B. Internet of things (IoT)

Internet of Things atau IoT, mengacu pada miliaran perangkat fisik di seluruh dunia yang sekarang terhubung ke internet, dengan konsep mengumpulkan dan berbagi data. Perangkat yang digunakan sehari-hari seperti *smartphone*, smart TV, laptop, *personal computer*, sensor yang terhubung ke internet dapat digunakan oleh manusia melalui sebuah bentuk komunikasi baik antar benda tersebut maupun antara benda dan manusia. Penggunaan internet dan perangkat yang terhubung dengan internet seperti ini semakin meningkat dari tahun ke tahun, bahkan menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari kehidupan manusia saat ini [14].



Gambar 1. Konsep IoT

Konsep *internet of things* mencakup 3 elemen utama yaitu: benda fisik atau nyata yang telah diintegrasikan pada modul sensor, koneksi internet, dan pusat data pada server untuk menyimpan data ataupun informasi dari aplikasi. Penggunaan benda yang terkoneksi ke internet akan menghimpun data yang kemudian terkumpul menjadi *big data* untuk kemudian diolah, dianalisa baik oleh instansi pemerintah, perusahaan terkait, maupun instansi lain kemudian di dimanfaatkan bagi kepentingan masing-masing [15].

C. Raspberry Pi

Raspberry Pi (*Single Board Circuit*) yang merupakan computer papan tunggal, memiliki ukuran sebesar kartu kredit. Menggunakan system operasi Raspbian, dengan *processor* 700MHz ARM11. Terdapat dua tipe Raspberry Pi yakni tipe A dan B. perbedaannya pada kapasitas memori yang digunakan untuk tipe A 256MB dan tipe B 512MB. Penyimpanan data tidak menggunakan *harddisk* tetapi SD Card. Selain itu juga dilengkapi dua *port* USB, konektor HDMI dan *port ethernet*. Raspberry Pi membutuhkan energi sebesar 5v dengan arus minimal 7mA untuk tipe B dan 500mA untuk tipe A [16].

D. Konsep Fuzzy

Konsep Fuzzy Logic diperkenalkan oleh Lotfi A. Zadeh pada tahun 1972 pada papernya yang membahas tentang ketidakpastian. Zadeh memperkenalkan teori tentang objek

direpresentasikan dalam himpunan fuzzy yang memiliki batasan yang tidak pasti dan nilai dari objek tersebut juga bukan logika benar atau salah. Konsep ini kemudian disebut teori Himpunan Fuzzy. Menurut Zadeh, logika fuzzy ditujukan menyediakan model untuk penalaran dimana penalaran tersebut bersifat perkiraan, bukan sesuatu yang pasti. Logika Fuzzy disusun berdasarkan fakta bahwa secara alami penalaran manusia, terutama penalaran akal sehat merupakan hasil perkiraan [17].

Logika Fuzzy didasari pada konsep himpunan Fuzzy yang memetakan domain input ke dalam domain output, dimana himpunan Fuzzy tidak menggunakan nilai tegas. Fuzzy menggunakan nilai Fuzzy (kabur) yang direpresentasikan dalam bentuk linguistic. Logika Fuzzy memiliki nilai derajat keanggotaan, sehingga nilai yang diperoleh tidak hanya 0 dan 1, juga nilai diantara nilai 0 dan 1.

Penalaran logika fuzzy lebih mudah dipahami karena disusun berdasarkan penalaran manusia yang bersifat perkiraan. Logika Fuzzy juga sangat fleksibel dan mempunyai kemampuan generalisasi data yang tidak tepat. Hal ini membuat logika fuzzy sangat banyak digunakan dalam pertanian, pengambilan keputusan, teori pengendalian, pengenalan pola, kesehatan dan lain-lain [11]. Sendai Subway merupakan implementasi logika fuzzy yang terkenal yang beroperasi tahun 1988. Logika fuzzy digunakan untuk mengontrol jalur kereta [18].

Crisp set atau himpunan tegas merupakan konsep himpunan yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari selain *fuzzy set*. Nilai kebenaran pada *crisp set* adalah 0 atau 1 untuk tiap individu pada himpunan semesta. Nilai selain 0 atau 1 tidak digunakan pada konsep *crisp set* [19]. Hal ini dapat menjadi kelemahan pada beberapa kasus karena penilaian terhadap sesuatu hal kadang kala tidak tepat jika menggunakan *crisp set*. Nilai *crisp set* tersebut dapat diubah ke dalam konsep logika fuzzy dengan memetakan nilai *crisp* ke nilai fuzzy dalam interval [0,1] melalui sebuah fungsi keanggotaan (*membership function*).

Jika X adalah kumpulan objek yang dilambangkan dengan x maka sebuah himpunan fuzzy $\tilde{A} = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\}$. $\mu_A(x)$ merupakan fungsi keanggotaan yang memetakan X ke semesta keanggotaan M [18]. Beberapa jenis fungsi keanggotaan (*membership function*) yaitu [20]: Triangular, Trapezoidal, Gaussian dan *Fungsi S*.

E. Sensor Kelembaban Tanah

Sensor kelembaban tanah digunakan untuk mengukur kadar air volumetrik tanah dan hilangnya kelembaban yang terjadi karena penguapan dan serapan tanaman. Untuk kelangsungan hidup semua tanaman, air adalah faktor yang paling penting. Sensor kelembaban tanah ini menentukan jumlah air yang dibutuhkan untuk irigasi tanaman.



Gambar 2. Sensor Kelembaban Tanah

F. Sensor Hujan

Sensor ini digunakan untuk mendeteksi hujan. Sensor ini juga dapat digunakan untuk mengukur intensitas hujan. Modul ini memiliki output digital serta output analog. Modul ini mengukur kelembaban melalui pin output analog dan ketika ambang batas kelembaban melebihi terlalu banyak, modul ini memberikan output digital. Semakin banyak air atau semakin rendah resistansi berarti semakin rendah tegangan output. Sedangkan, semakin sedikit air berarti resistansi yang lebih tinggi, yaitu tegangan output tinggi pada pin analog. Misalnya papan yang benar-benar kering akan menyebabkan modul menghasilkan lima volt.



Gambar 3. Sensor Hujan

G. Sensor Suhu (DHT22)

DHT22 adalah sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara sekitar. DHT22 menggunakan sensor kelembaban kapasitif dan termistor untuk mengukur suhu sekitar yang terhubung ke komputer chip tunggal 8-bit dan diubah menjadi sinyal digital pada pin data.

Untuk mengukur suhu, sensor ini menggunakan NTC atau sensor suhu termistor. Termistor sebenarnya adalah resistor variabel yang resistansinya berubah sesuai dengan perubahan suhu. Sensor ini terbuat dari bahan semikonduktor seperti keramik atau polimer untuk memberikan perubahan nilai hambatan yang besar dari perubahan suhu yang kecil.



Gambar 4. DHT22

H. Blynk

Blynk adalah sebuah layanan server yang digunakan untuk mendukung project Internet of Things. Layanan server ini memiliki lingkungan mobile user 37 baik Android maupun iOS. Blynk Aplikasi sebagai pendukung IoT dapat diunduh melalui Google play. Blynk mendukung berbagai macam hardware yang dapat digunakan untuk project Internet of Things. Blynk adalah dashborad digital dengan fasilitas antarmuka grafis dalam pembuatan projectnya. Penambahan komponen pada Blynk Apps dengan cara Drag and Drop sehingga memudahkan dalam penambahan komponen Input/output tanpa perlu kemampuan pemrograman Android maupun iOS. Blynk diciptakan dengan tujuan untuk control dan monitoring hardware secara jarak jauh menggunakan komunikasi data internet ataupun intranet (jaringan LAN). Kemampuan untuk menyimpan data dan menampilkan data secara visual baik menggunakan angka, warna ataupun grafis semakin memudahkan dalam pembuatan project dibidang Internet of Things. Terdapat 3 komponen utama Blynk:

- Blynk Apps memungkinkan untuk membuat project interface dengan berbagai maca komponen input output yang mendukung untuk pengiriman maupun penerimaan data serta merepresentasikan data sesuai dengan komponen yang dipilih.
- Blynk server merupakan fasilitas Backend Service berbasis cloud yang bertanggung jawab untuk mengatur komunikasi antara aplikasi smart phone dengan lingkungan hardware.
- Blynk Library dapat digunakan untuk membantu pengembangan code. Blynk library tersedia pada banyak platform perangkat keras sehingga semakin memudahkan para pengembang IoT dengan fleksibilitas hardware yang didukung oleh lingkungan Blynk

H. Kajian Terdahulu yang Relevan

Sistem penyiram tanaman secara otomatis telah banyak diteliti karena manfaatnya yang sangat besar bagi manusia. Pada [12] dilakukan riset tentang sistem penyiraman tanaman berbasis mikrokontroler dan panel surya. Panel surya digunakan sebagai sumber energi untuk mengoperasikan peralatan penyiraman. Peralatan dikontrol melalui aplikasi, sehingga dapat digunakan oleh masyarakat umum. Menurut respon pengguna, akurasi sistem mencapai 57% dan aplikasi ini memiliki kinerja yang acukup baik (70%).

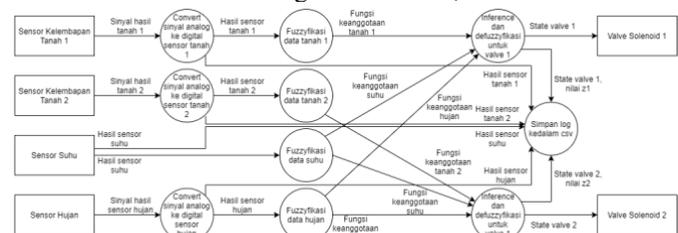
Penelitian lain dilakukan untuk meneliti tentang sistem penyiraman otomatis dan monitoring tanaman cabai menggunakan water sprinkle [8]. Pada penelitian dirancang peralatan yang terhubung dengan IoT untuk menggantikan sistem penyiram tanaman cabai yang konvensional. Hasil pemrosesan akan dikirim ke web dan sistem dapat dimonitor melalui smartphone. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa penyiraman secara otomatis meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai.

Petani juga dapat mengkontrol tanaman melalui smartphone dan mendapatkan informasi detail tentang tanaman cabai yang ditanam. Penelitian [9] menggunakan *drip irrigation* dalam penyiraman tanaman pada *tomato greenhouse* di Beijing. Drip irrigation yang digunakan dilengkapi dengan teknologi IoT yang akan mengalirkan air sesuai kebutuhan tanaman tomat. Model sistem penyiraman lainnya adalah menggunakan IoT, kemudian data diolah menggunakan metode Fuzzy untuk menghasilkan waktu penyiraman yang akurat [10].

Dengan menggunakan metode Fuzzy, air dapat dihemat sebanyak 45% dibanding menggunakan irigasi konvensional. Fuzzy merupakan metode kecerdasan buatan yang banyak digunakan pada berbagai penelitian. Penalaran logika fuzzy lebih mudah dipahami karena disusun berdasarkan penalaran manusia yang bersifat perkiraan. Logika Fuzzy juga sangat fleksibel dan mempunyai kemampuan generalisasi data yang tidak tepat. Hal ini membuat logika fuzzy sangat banyak digunakan dalam pertanian, pengambilan keputusan, teori pengendalian, pengenalan pola, kesehatan dan lain-lain [11].

III. HASIL DAN PERANCANGAN SISTEM

Analisis Kebutuhan Fungsional Sistem Data flow diagram level 1 kemudian dibuat untuk lebih menggambarkan secara detail perpindahan data yang terjadi antar komponen, dan proses-proses apa saja yang akan dilakukan terhadap data-data yang terbentuk, dari data flow diagram level 1 sudah bisa terlihat macam-macam fungsionalitas alat,

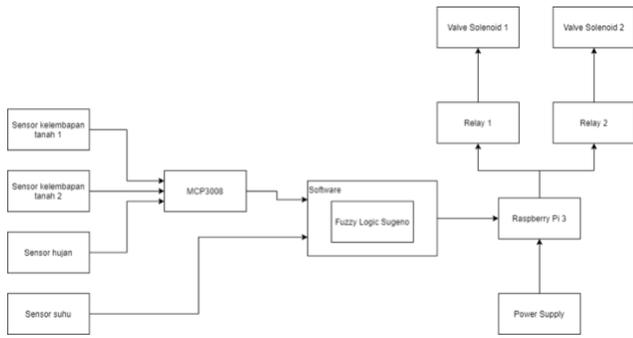


Gambar 55. Data Flow

Untuk menggambarkan sistem saat sedang berjalan maka digunakan *flowchart*. *Flowchart* berikut merupakan flowchart yang menggambarkan cara kerja untuk satu buah jalur. Jalur yang kedua memiliki model flowchart yang sama. Untuk menghitung fuzzy satu buah jalur akan membutuhkan satu buah sensor kelembapan tanah yang terhubung ke salah satu tanaman dijalur tersebut, sensor suhu, dan sensor hujan. Untuk satu buah sensor suhu dan sensor hujan dapat digunakan untuk kedua jalur sehingga tidak membutuhkan dua buah untuk masing-masing sensor.

A. Analisis Pemodelan Cepat

Setelah menentukan perencanaan yang telah dilakukan dengan dasar analisis-analisis yang sudah dilakukan maka selanjutnya adalah membentuk sebuah model sebelum diimplementasi dan pemodelan yang akan dibuat dengan blok diagram seperti berikut :

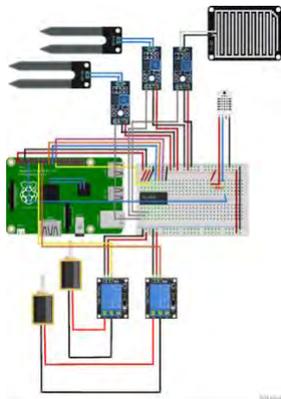


Gambar 6. Blok diagram sensor yang digunakan

Sistem ini memiliki input berupa tiga buah sensor kelembapan tanah, sensor hujan, dan sensor suhu. Sensor kelembapan tanah dan sensor hujan terhubung ke MCP3008 karena output dari sensor tersebut berupa sinyal analog sehingga harus dirubah terlebih dahulu ke digital agar dapat dibaca oleh raspberry pi. Sensor suhu mengeluarkan output berupa sinyal digital sehingga dapat langsung dipasang ke raspberry pi. Hasil dari sensor tersebut kemudian diproses oleh fuzzy logic menggunakan inferensi sugeno. Perhitungan fuzzy dilakukan dua kali dalam satu buah cycle, ini karena masing-masing perhitungan fuzzy akan terhubung ke masing-masing relay. Untuk relay pertama, fuzzy-nya akan menggunakan input dari sensor kelembapan tanah satu, sensor suhu, dan sensor hujan sedangkan untuk relay kedua fuzzy-nya akan menggunakan input dari sensor kelembapan tanah dua, sensor suhu, dan sensor hujan. Ketika hasil fuzzy menentukan bahwa relay akan dibuka, maka valve yang terhubung ke relay tersebut juga akan terbuka dan tanaman akan tersiram. Power supply juga harus terhubung ke raspberry pi agar alat tersebut dapat tetap menyala. Sumber tenaga dari valve akan terhubung ke adaptor dua belas volt dua ampere yang akan diatur nyala matinya oleh relay.

B. Skematik Rangkaian Alat Penyiram Tanaman Otomatis

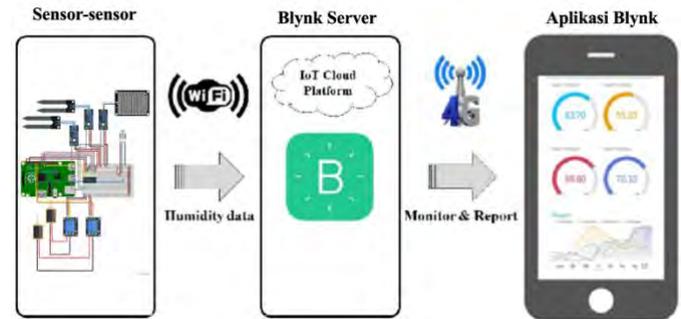
Skematik ini untuk melihat detail dari keseluruhan rangkaian yang digunakan serta semua jalur kabel yang terhubung.



Gambar 7. skematik penyiram tanaman otomatis dengan raspberry pi 3

Setelah seluruh pin dihubungkan, kemudian dilakukan packaging untuk perangkat utama dan perangkat pendukung, perangkat utama dari raspberry pi 3, breadboard, dan relay diletakkan di dalam project box dan dipasang didekat sumber listrik. Dan perangkat pendukung berupa sensor kelembapan tanah, sensor suhu, dan sensor hujan akan diletakkan diluar dari

project box. Sensor kelembapan tanah akan dipasang disalah satu tanaman dan ditancapkan kedalam tanahnya. Sensor suhu akan dipasang didepan box dari alat. Dan sensor hujan akan dipasang ditempat dimana dapat tersiram air hujan atau air yang turun dari atas. Berikut adalah tampilan alat yang telah dirangkai.



Gambar 8. skematik sistem penyiraman degan interface Blynk

C. Pengkodean Raspberry Pi dengan Input Sensor

Berikutnya adalah menulis kode python kedalam raspberry pi menggunakan Thonny Python IDE. Berikut adalah kode untuk deklarasi dan input dari sensor yang digunakan.

```

1 import spidev
2 import os
3 import time
4 import Adafruit_DHT
5 import RPi.GPIO as GPIO
6 from csv import writer
7 from datetime import datetime
8
9 DHT_SENSOR = Adafruit_DHT.DHT22
10 DHT_PIN = 4
11
12 valve1 = 27
13 valve2 = 22
14
15 action1 = "Tidak Disiram"
16 action2 = "Tidak Disiram"
17
18 writel = False
19 write2 = False
20
21 spi = spidev.SpiDev()
22 spi.open(0,0)
23 spi.max_speed_hz=1000000
24
25 GPIO.setmode(GPIO.BCM)
26 GPIO.setwarnings(False)
27
28 GPIO.setup(valve1, GPIO.OUT)
29 GPIO.setup(valve2, GPIO.OUT)
30
31 GPIO.output(valve1, GPIO.LOW)
32 GPIO.output(valve2, GPIO.LOW)
33
34 def readChannel(channel):
35     val = spi.xfer2([1,(8+channel)<<4,0])
36     data = ((val[1]&3) << 8) + val[2]
37     return data
38
39 if __name__ == "__main__":
40     try:
41         while True:
42             #mengambil data dari sensor
43             tanah1 = readChannel(0)
44             tanah2 = readChannel(1)
45             hujan = readChannel(2)
46             if (tanah1 != 0):
47                 print("tanah 1 = ", tanah1)
48             if (tanah2 != 0):
49                 print("tanah 2 = ", tanah2)
50             if (hujan != 0):
51                 print("hujan = ", hujan)
52             humidity, temperature = Adafruit_DHT.read_retry(DHT_SENSOR, DHT_PIN)
53
54             if temperature is not None:
55                 print("suhu = ", temperature)
56             else:
57                 print("Failed to retrieve data from humidity sensor")

```

Import library yang dibutuhkan untuk input dan output
 Import library untuk menyimpan hasil sensor kedalam file csv
 Deklarasi sensor suhu DHT22 ke pin 4
 Deklarasi valve satu dan valve dua ke pin 27 dan 22 dengan GPIO BCM
 Deklarasi variabel yang dibutuhkan untuk pencatatan di-csv nanti
 Deklarasi bahwa kita akan menggunakan SPI untuk input dari MCP3008
 Deklarasi pin GPIO BCM, kemudian buat valve satu dan valve dua sebagai pin output, dan terakhir set agar valve satu dan valve dua dengan tegangan low agar relay yang terhubung ke kedua valve mati
 Fungsi untuk membaca channel yang dipakai di MCP3008. Channel yang dipakai adalah channel dari pin input di MCP3008
 Masuk ke fungsi utama yaitu fungsi __main__. Didalam fungsi utama dilakukan looping dengan while tanpa berhenti. Kemudian dilakukan pengambilan input dari MCP3008 dimana channel 0 yang disambungkan di MCP3008 terhubung ke sensor tanah satu, channel 1 terhubung ke sensor tanah 2, dan channel dua terhubung ke sensor hujan
 Pengambilan hasil sensor suhu menggunakan library DHT22 dari Adafruit

D. Evaluasi

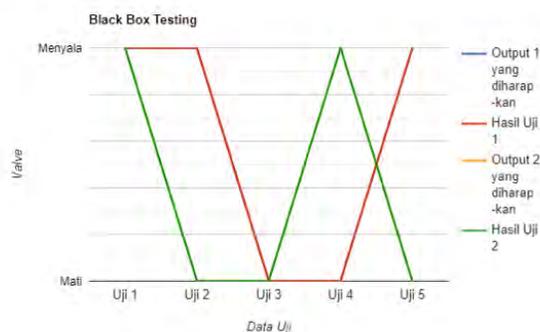
Setelah melakukan tahap pengkodean, peneliti melakukan pengujian terhadap hasil implementasi sistem. pengujian yang akan dilakukan ialah pengujian black box testing. Black box testing dilakukan untuk melihat apakah input dari semua sensor dapat menghasilkan output penyiraman yang sesuai. Input tanah akan dibagi kedalam dua kategori yaitu kering dan basah. Input hujan dibagi kedalam dua kategori yaitu tidak hujan dan hujan. Input suhu dibagi menjadi tiga yaitu dingin, sedang, panas. Batasan-batasan pada kategori input ini dapat dilihat pada tabel 4.3 pada pembahasan implementasi logika fuzzy. Input ini akan dicocokkan kedalam tabel aturan fuzzy untuk menentukan nilai dari output yang diharapkan. Output hasil uji didapatkan saat uji coba alat dijalankan.

Tabel 1. Hasil Evaluasi

Data Uji				Expected 1	Output 1 Result	Expected 2	Output 2 Result	Hasil
Tanah 1	Tanah 2	Suhu	Hujan					
4.3% Kering	2.6% Kering	28.3°C Sedang	2.6% Tidak Hujan	Menyala	Menyala	Menyala	Menyala	Valid
24.7% Kering	54.4% Basah	29.1°C Sedang	49.6% Tidak Hujan	Menyala	Menyala	Mati	Mati	Valid
24.0% Kering	52.6% Basah	28.3°C Sedang	52.9% Hujan	Mati	Mati	Mati	Mati	Valid
54.9% Basah	3.4% Kering	29.7°C Sedang	2.3% Tidak Hujan	Mati	Mati	Menyala	Menyala	Valid
41.7% Kering	54.8% Basah	28.4°C Sedang	7.4% Tidak Hujan	Menyala	Menyala	Mati	Mati	Valid

Dapat disimpulkan bahwa sistem penyiram tanaman otomatis ini berhasil mengimplementasikan logika fuzzy untuk menentukan penyiraman tanaman. Sistem ini mampu menentukan penyiraman berdasarkan kondisi kelembapan tanah, suhu disekitar alat, dan kondisi cuaca apakah sedang hujan atau tidak. Dari ketiga jenis sensor tersebut kemudian dihitung untuk menentukan apakah valve akan menyala atau mati.

Hasil pengujian sistem berupa black box testing untuk memastikan bahwa input pada alat sudah sesuai dengan keluaran valve yang diinginkan. Berdasarkan hasil pengujian pada sistem penyiram tanaman otomatis, maka diperoleh hasil sebagai berikut :



Gambar 9. Hasil uji black box

Gambar di atas menampilkan grafik dari data hasil output valve solenoid. Terlihat pada hasil pengujian bahwasannya garis warna merah menutupi garis berwarna biru dan garis berwarna hijau menutupi garis berwarna kuning yang berarti bahwa output yang diharapkan dan hasil uji bernilai sama. Output yang

di harapkan diperoleh dengan cara mencocokkan input dengan aturan fuzzy yang telah dibuat, sedangkan hasil uji di dapat dari hasil pengujian sistem. berdasarkan hasil pembahasan tersebut maka diketahui bahwa alat penyiram tanaman otomatis yang telah dibuat sudah berjalan dengan benar.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa sistem penyiram tanaman otomatis berhasil dibuat dengan mengimplementasikan algoritma fuzzy, metode Sugeno, dengan menggunakan dua buah sensor kelembapan tanah, sensor suhu, dan sensor hujan untuk mengatasi masalah penyiraman yang dapat dilakukan secara otomatis dengan menyalakan dan mematikan keran air ketika beberapa kondisi terpenuhi. Berdasarkan hasil pengujian black box testing, yaitu pengujian output algoritma fuzzy sugeno dan pengujian output keluaran valve. Seluruh pengujian yang dilakukan berhasil tervalidasi secara baris kode dan telah sesuai dengan output dari valve.

Berdasarkan hasil pengujian dapat dikatakan bahwa alat ini telah sesuai dengan yang dibutuhkan. Saran untuk pengembangan selanjutnya Dalam pengembangan selanjutnya dapat ditambahkan koneksi internet agar hasil penyiraman dapat dipantau dari jarak jauh melalui website atau aplikasi dan saling berintegrasi dengan lokasi lokasi lainnya, sehingga dapat mewujudkan system yang andal untuk penyiraman di lingkungan Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Coca, "The Other Country Crucial to Global Climate Goals: Indonesia," 2018. [Online]. Available: <https://thediplomat.com/2018/03/the-other-country-crucial-to-global-climate-goals-indonesia/>.
- [2] Y. Pusparisa and D. J. Bayu, "10 Negara Penyumbang Emisi Gas Rumah Kaca Terbesar," 2020.
- [3] Tim Knowledge center, "Dampak & Fenomena Perubahan Iklim." [Online]. Available: <http://ditjenppi.menlhk.go.id/kcpi/index.php/info-iklim/dampak-fenomena-perubahan-iklim>. [Accessed: 28-Jul-2021].
- [4] I. Gandasari, O. Hotimah, and M. Miyarsah, "Green Campus As a Concept in Creating Sustainable Campuses," *KnE Soc. Sci.*, vol. 2020, pp. 1–9, 2020.
- [5] Tempo co., "5 Perguruan Tinggi Jadi Percontohan Kampus Hijau," 2013. [Online]. Available: <https://nasional.tempo.co/read/465478/5-perguruan-tinggi-jadi-percontohan-kampus-hijau/full&view=ok>. [Accessed: 28-Jul-2021].
- [6] A. G. Hendra, "Green Start from Campus for Happier Earth," *DNK TV UIN Jakarta*, 2021. [Online]. Available: <https://dnktv.uinjkt.ac.id/index.php/tag/miladuinjakarta64th/>.
- [7] UIN Syarif Hidayatullah Jakarta, "Pengelolaan Green Campus: Nilai dan Ajaran Islam vs Pengalaman Praktis," 2021.
- [8] J. H. Gultom, M. Harsono, T. D. Khameswara, and H. Santoso, "Smart IoT Water Sprinkle and Monitoring

System for chili plant,” *ICECOS 2017 - Proceeding 2017 Int. Conf. Electr. Eng. Comput. Sci. Sustain. Cult. Herit. Towar. Smart Environ. Better Futur.*, pp. 212–216, 2017.

- [9] R. Liao, S. Zhang, X. Zhang, M. Wang, H. Wu, and L. Zhangzhong, “Development of smart irrigation systems based on real-time soil moisture data in a greenhouse: Proof of concept,” *Agric. Water Manag.*, p. 106632, Nov. 2020.
- [10] S. Jaiswal and M. S. Ballal, “Fuzzy inference based irrigation controller for agricultural demand side management,” *Comput. Electron. Agric.*, vol. 175, p. 105537, 2020.
- [11] S. Kusumadewi and H. Purnomo, *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*, 2nd ed. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [12] W. Jatmiko, P. W. Ciptadi, and H. Hardyanto, “Sistem Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Mikrokontroler dan Panel Surya,” *Seri Pros. Semin. Nas. Din. Inform.*, vol. Vol. 5, pp. 199–203, 2021.
- [13] M. Sabiran, “Implementasi Wireless Sensor Network Pada Sistem Pemantauan Dan Pengontrolan Budidaya Tanaman,” *Coding J. Komput. dan Apl.*, vol. 6, no. 1, 2018.
- [14] S. Jain, P. Choudhari, and A. Shrivastava, *The fundamentals of Internet of Things: architectures, enabling technologies, and applications*. Elsevier Inc., 2021.
- [15] D. Setiadi and Muhaemin, “Penerapan Internet Of Things IoT Pada Sistem Monitoring Irigasi (Smart Irigasi,” *Infotronik J. Teknol. Inf. Dan Elektron.*, vol. 3, no. 2, 2018.
- [16] K. Fani, “Perancangan Sistem Kamera Pengawas Berbasis Perangkat Bergerak Menggunakan Raspberry Pi,” *J. Ilm. Teknol. Inf. Terap.*, vol. 3, no. 2, 2017.
- [17] L. A. Zadeh, “The Birth and Evolution of Fuzzy Logic *,” *Int. J. Gen. Syst.*, vol. 17, pp. 95–105, 1990.
- [18] C. Kahraman, B. Öztayşi, and S. Ç. Onar, “A Comprehensive Literature Review of 50 Years of Fuzzy Set Theory,” vol. 6891, no. April, 2016.
- [19] G. J. Klir and B. O. Yuan, *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications*. New Jersey: Prentice Hall, 1995.
- [20] A. Jain, A. Sharma, E. Engineering, and E. Studies, “Membership Function Formulation Methods For Fuzzy Logic Systems : A,” *J. Crit. Rev.*, vol. 7, no. 19, pp. 8717–8733, 2020.