

## BAB III METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan pada penelitian kali ini adalah metode *Design and Development* (D&D), D&D merupakan metode dibuat untuk studi yang sistematis terhadap sebuah proses desain, pengembangan, dan evaluasi. Seperti pendapat Richey dan Klein “*the systematic study of design, development and evaluation processes with the aim of establishing an empirical basis for the creation of instructional and non-instructional products and tools and new or enhanced models that govern their development.*” (Richey & Klein, 2007, hlm. 17). D&D dipilih karena pendekatan ini menyediakan kerangka kerja yang terstruktur untuk merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi solusi atau produk yang dibuat seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 3.1**.



Gambar 3. 1 Alur Metode Penelitian *Design and Development* (Ellis & Levy, 2010)

### 3.1. Analisis

Penggunaan yang masih menggunakan cara konvensional dalam menyiram tanaman, mengidentifikasi kebutuhan akan sistem penyiram otomatis yang mudah digunakan dan fleksibel. Sistem yang dibuat memanfaatkan teknologi IoT untuk integrasi perangkat, *database server* untuk analisis dan penyimpanan data, serta tiga sensor (kelembaban tanah, suhu, dan banyaknya air pada penampungan) untuk mendeteksi kondisi secara langsung. Alasan peneliti memilih teknologi tersebut adalah untuk memastikan sistem yang fleksibel, efisien dalam menggunakan air untuk menyiram tanaman, serta memungkinkan pemantauan jarak jauh melalui aplikasi android, sehingga solusi penyiraman yang optimal dan praktis.

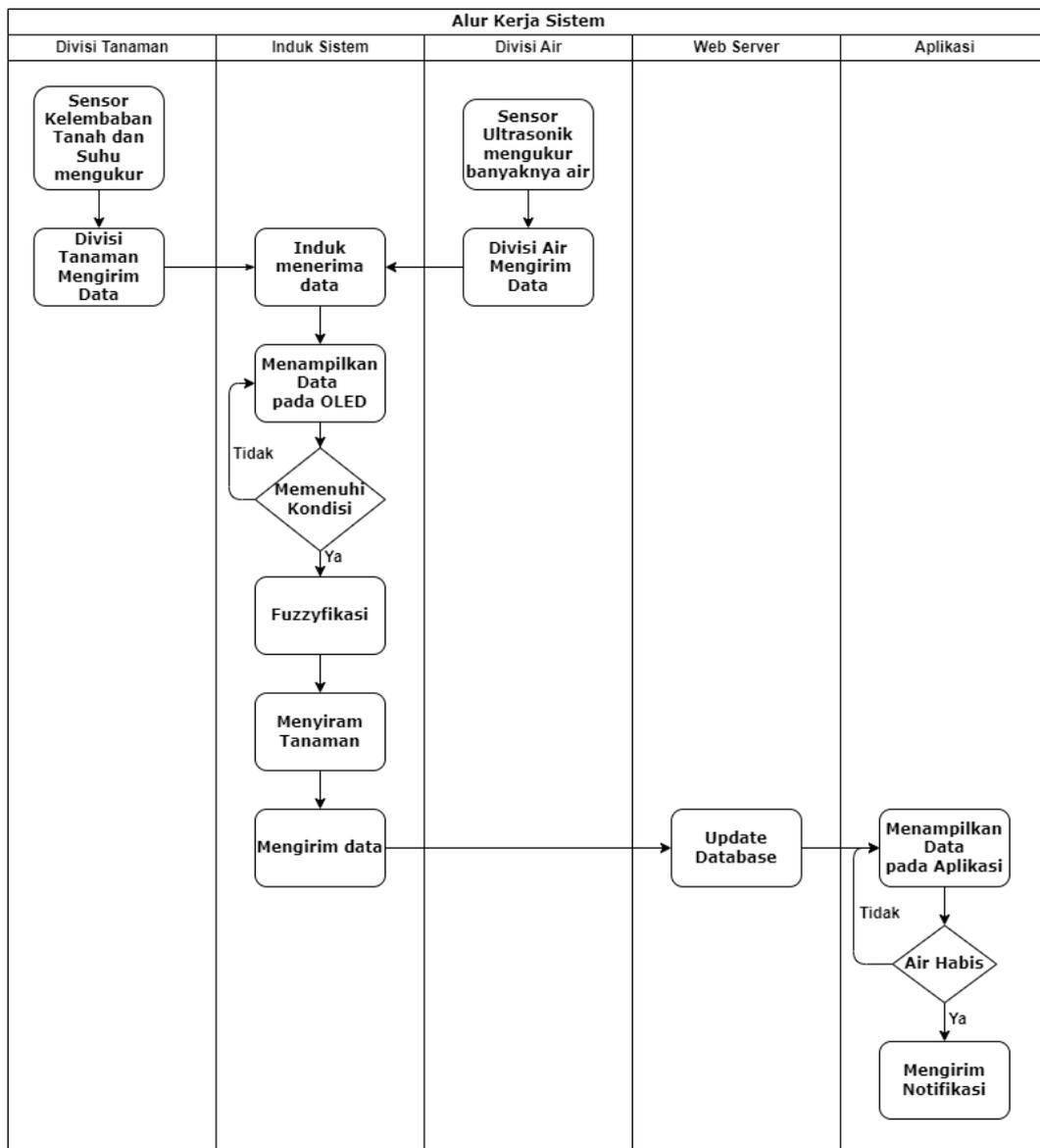
### 3.2 Desain

Dalam upaya perancangan sistem, tentunya sebuah desain atau perancangan diperlukan. Desain ini mencakup berbagai komponen yang digunakan, seperti sensor, teknologi, dan kendali yang digunakan. Untuk memberikan gambaran yang

lebih komprehensif, peneliti menyertakan berbagai diagram yang mendukung, seperti *flowchart*, arsitektur diagram, Diagram Blok, *wiring diagram*. Berikut ini adalah rancangan sistem yang telah disusun.

### 3.2.1 Flowchart Sistem Penyiraman Tanaman

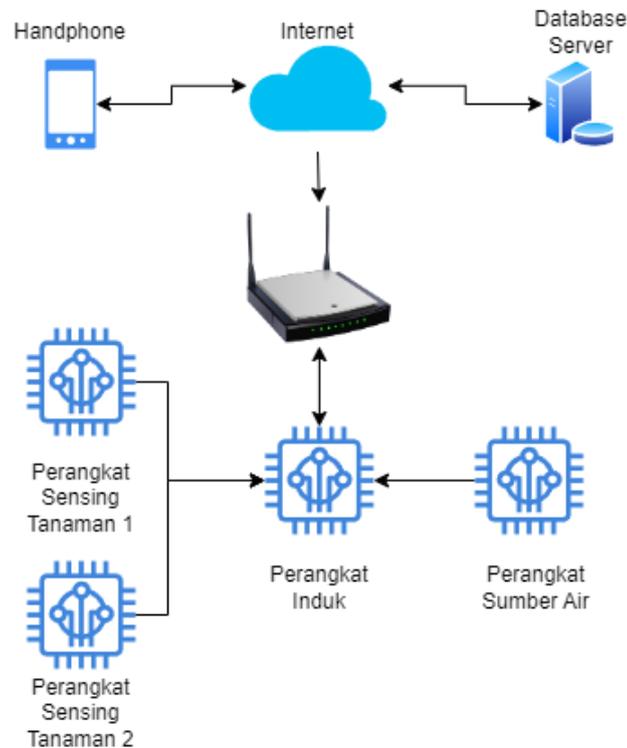
Untuk memudahkan pemahaman alur kerja sistem, peneliti membuat diagram alir atau *flowchart* yang menjelaskan tahapan sistem bekerja, seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 3.2**.



Gambar 3. 2 Flowchart Sistem Penyiraman Tanaman

### 3.2.2 Diagram Arsitektur

Untuk memudahkan pemahaman struktur keseluruhan dari sistem yang dibuat, peneliti membuat diagram arsitektur yang menggambarkan komponen utama dan hubungan antar komponen. Dengan diagram yang ditunjukkan oleh **Gambar 3.3**, dapat dilihat secara singkat bagaimana setiap bagian dari sistem berkontribusi pada fungsionalitas keseluruhan.

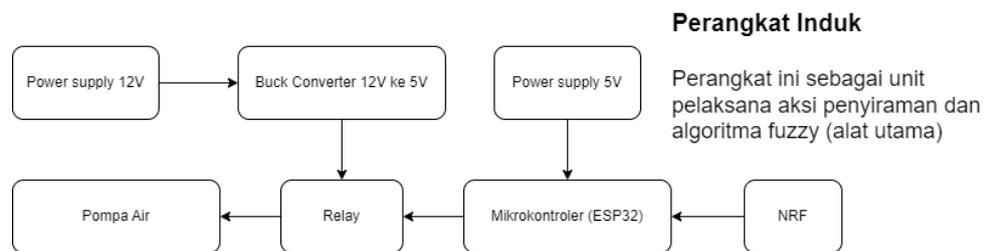


Gambar 3. 3 Diagram Arsitektur

### 3.2.3 Diagram Blok

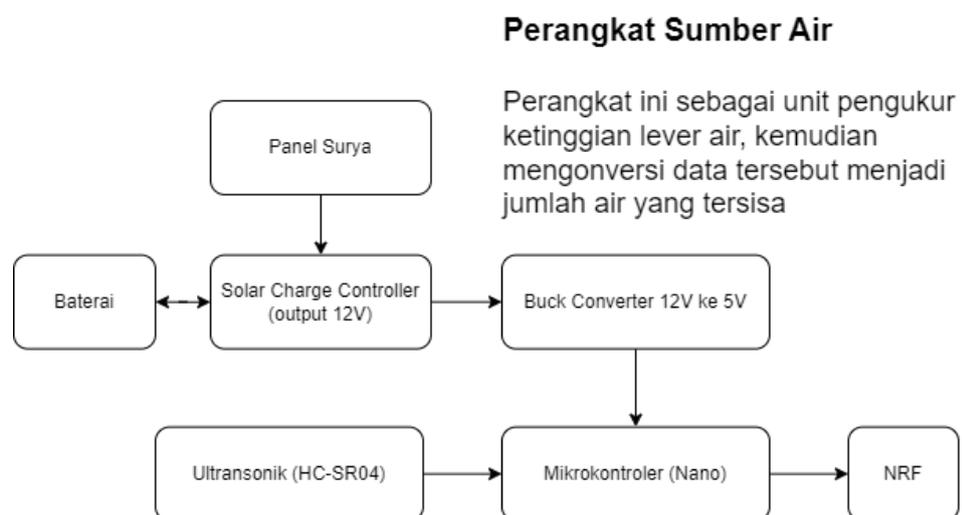
Diagram blok ini menggambarkan detail sistem dari berbagai perangkat. Sistem dibuat dengan 3 perangkat, yaitu perangkat *sensing* tanaman, perangkat sumber air, dan perangkat induk. Perangkat *sensing* tanaman dibuat untuk mengambil data menggunakan sensor dan ditempatkan di tanaman yang akan dipakaikan sistem, sedangkan perangkat sumber air untuk melihat berapa banyak air yang ada pada penampungan. Setelah itu semua data yang telah didapatkan akan dikirim dan dikumpulkan di perangkat induk. Perangkat induk akan memproses data untuk dibuat menjadi logika *fuzzy* yang akan memutuskan berapa banyak air yang akan disiram. Diagram blok ditunjukkan oleh **Gambar 3.4** untuk perangkat

induk, **Gambar 3.5** untuk perangkat sumber air, dan **Gambar 3.6** untuk perangkat *sensing* tanaman.



Gambar 3. 4 Diagram Blok Perangkat Induk

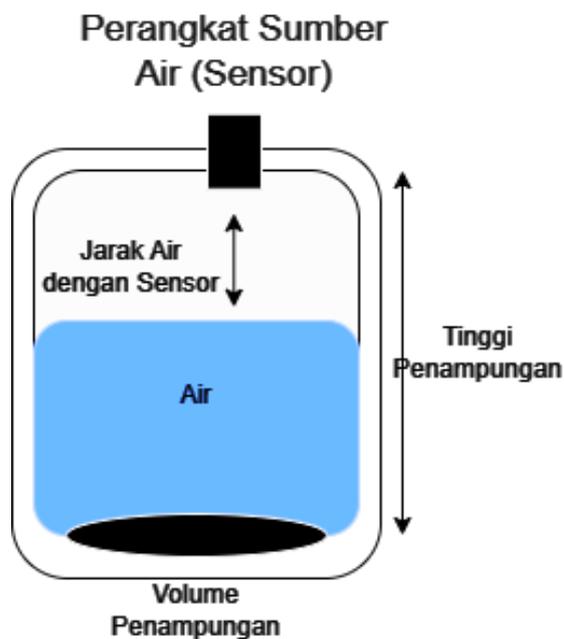
ESP32 yang digunakan untuk penelitian kali ini adalah ESP-WROOM-32 DOIT DEVKIT V1 dengan jumlah *pinout* sebanyak 38 *pin*. Terdapat beberapa alasan mengapa ESP32 ini dipilih pada perangkat induk, yaitu memiliki konektivitas *wireless* melalui WiFi dan Bluetooth, serta memiliki performa yang cocok untuk memproses data dan algoritma *fuzzy*. Fitur WiFi dibutuhkan perangkat induk untuk mengirim data menuju *cloud*. Selanjutnya NRF dengan tipe NRF24L01 PA LNA digunakan agar jangkauan penerimaan data lebih luas.



Gambar 3. 5 Diagram Blok Perangkat Sumber Air

Berbeda dengan perangkat induk, perangkat sumber air menggunakan Mikrokontroler Arduino Nano. Terdapat beberapa alasan dalam pemilihan mikrokontroler ini, yaitu bentuknya yang kecil dan menawarkan jumlah *pin*

yang cukup untuk menunjang penggunaan komponen pada perangkat sumber air. Sedangkan untuk tipe NRF berbeda dengan yang digunakan pada perangkat induk. Tipe yang dipakai oleh perangkat sumber air adalah NRF24L01+, perbedaannya hanya tidak adanya penggunaan *extended* antena pada modul NRF tersebut. Selanjutnya penggunaan HC-SR04 dipilih karena dapat digunakan sebagai pengukur level air, jarak yang didapat antara sensor dengan permukaan air akan dikonversi menjadi banyaknya air dalam liter seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 3.6** dan perhitungan berikut.



Gambar 3. 6 Sketsa Proses Perhitungan Pada Perangkat Sumber Air

$$Sisa\ Air = \left( \frac{Jarak\ Air\ Terdekat * Volume\ Penampungan}{Tinggi\ Penampungan} \right) \quad (1)$$

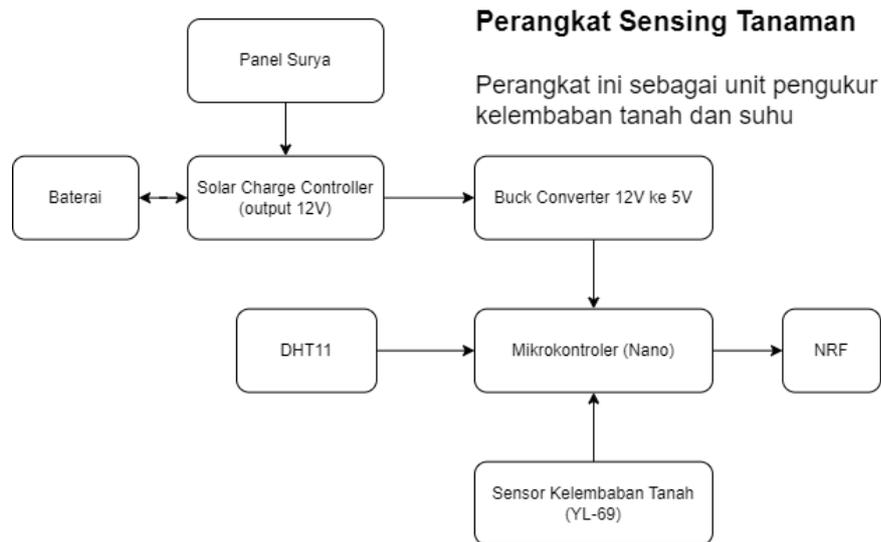
Keterangan:

Sisa Air : Kondisi atau jumlah air saat itu (L).

Jarak Air Terdekat : Tinggi atau jarak sensor dengan air terdekat (cm).

Volume Penampungan: Kapasitas maksimal penampungan (L).

Tinggi Penampungan : Tinggi penampungan (cm).

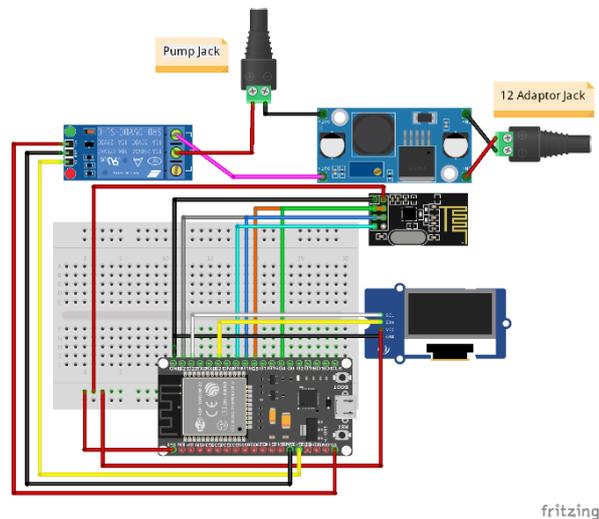


Gambar 3. 7 Diagram Blok Perangkat *Sensing* Tanaman

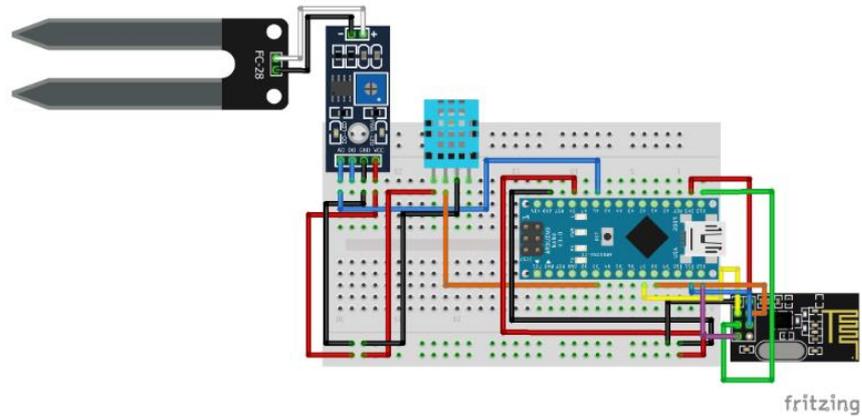
Sama halnya dengan perangkat sumber air, perangkat *sensing* tanaman beroperasi menggunakan Mikrokontroler Arduino Nano dan NRF24L01+. Perbedaannya hanya pada penggunaan sensor, seperti DHT11 dan kelembaban tanah (YL-69). DHT11 dipilih karena bentuknya yang kecil cocok untuk ditempatkan di *casing* perangkat. Begitu pula dengan YL-69 yang mampu mengukur kelembaban tanah saat itu pada tanaman.

### 3.2.4 Wiring Diagram

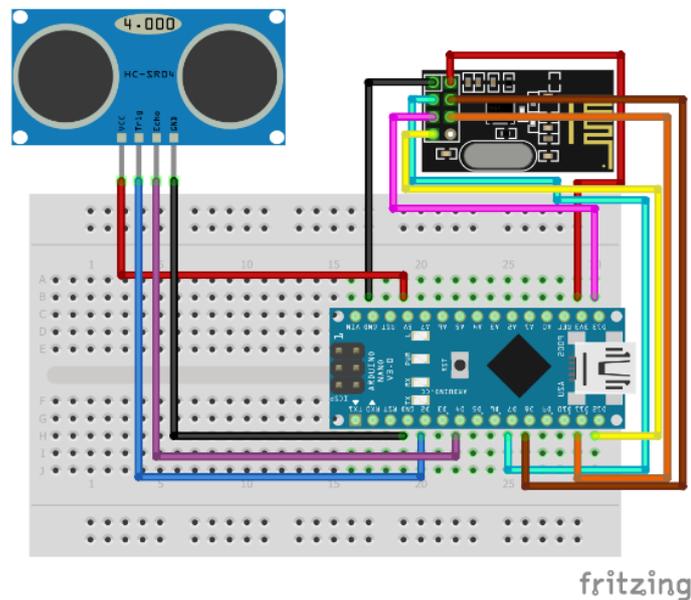
Diagram yang ditunjukkan oleh **Gambar 3.8** untuk perangkat induk, **Gambar 3.9** untuk perangkat *sensing* tanaman, **Gambar 3.10** untuk perangkat sumber air menunjukkan koneksi antara sensor dan komponen.



Gambar 3. 8 *Wiring Diagram* Perangkat Induk



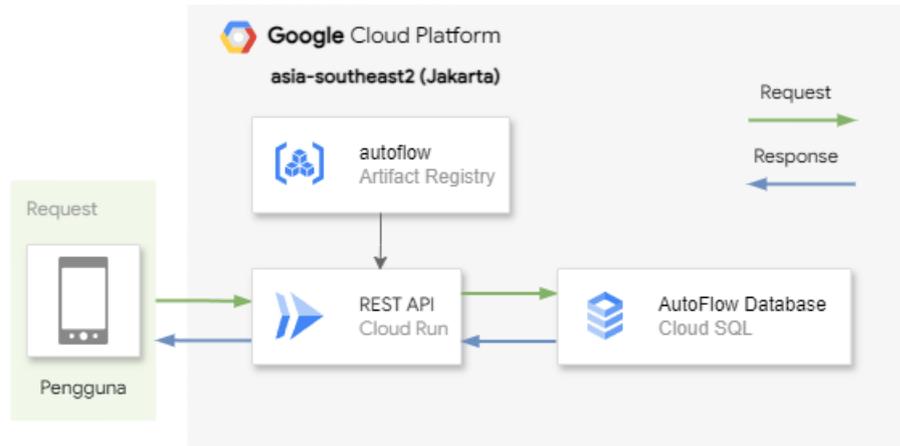
Gambar 3. 9 *Wiring Diagram* Perangkat *Sensing* Tanaman



Gambar 3. 10 *Wiring Diagram* Perangkat Sumber Air

### 3.2.5 Hosting

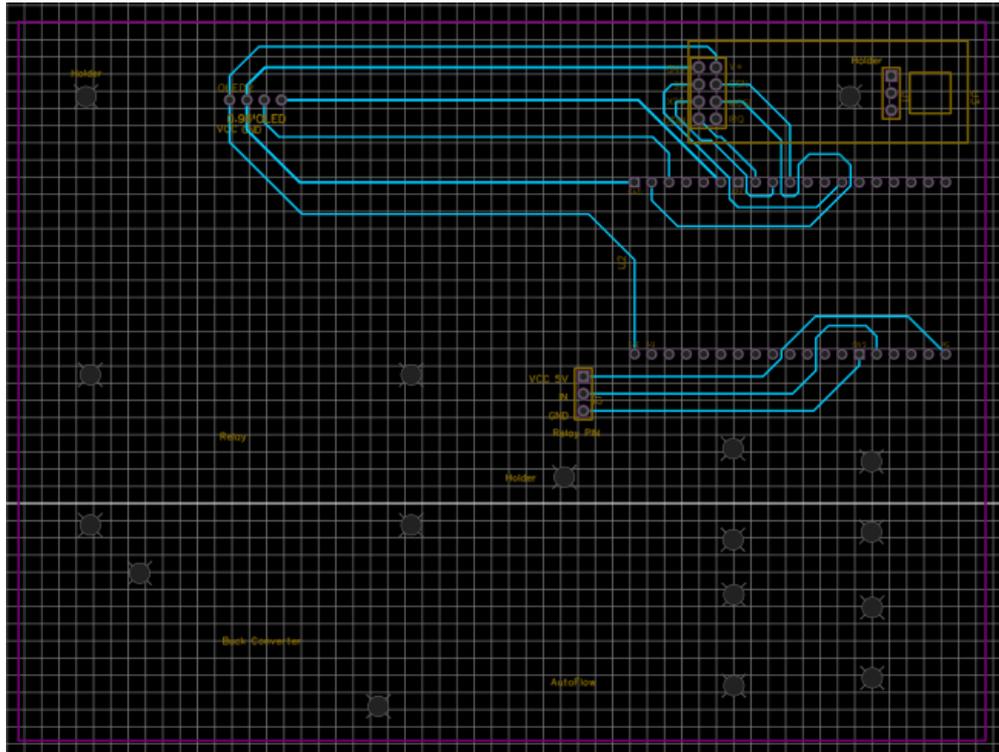
**Gambar 3.11** menunjukkan layanan yang digunakan apabila sistem menggunakan Google Cloud Platform. Layanan yang digunakan berupa Cloud Run dan Cloud SQL. Cloud Run digunakan untuk men-*deploy* *REST-API* yang dibutuhkan, sedangkan Cloud SQL digunakan untuk men-*deploy* *database* yang telah dibuat.



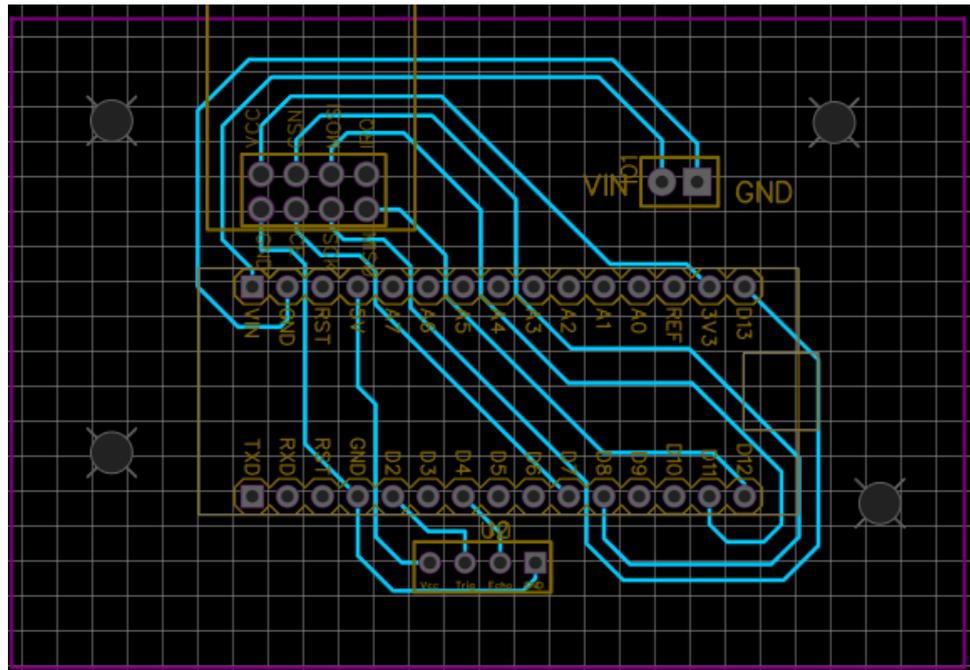
Gambar 3. 11 Arsitektur GCP

### 3.2.6 Desain PCB

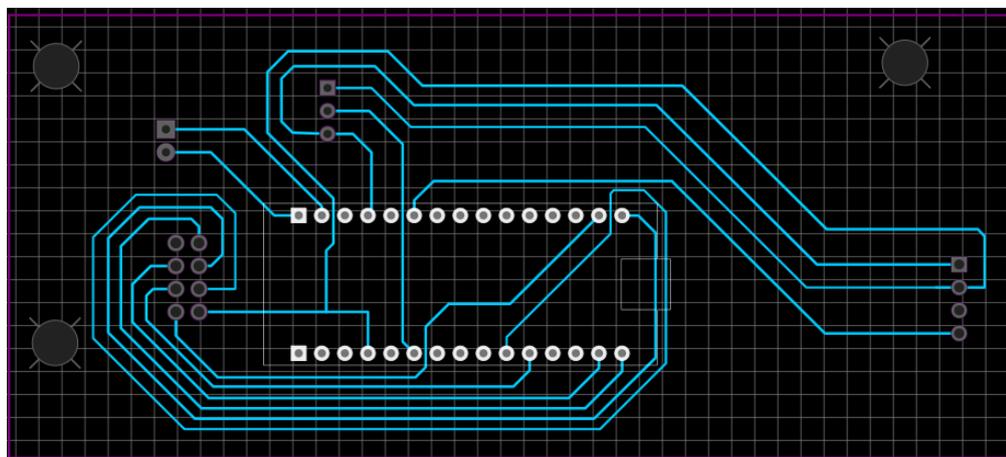
Untuk mempermudah proses pengujian sistem yang telah dikembangkan, peneliti merancang dan mencetak desain PCB yang mencakup keseluruhan perangkat yang digunakan, seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 3.12** untuk perangkat induk, **Gambar 3.13** untuk perangkat sumber air, dan **Gambar 3.14** untuk perangkat *sensing* tanaman.



Gambar 3. 12 Desain PCB Perangkat Induk



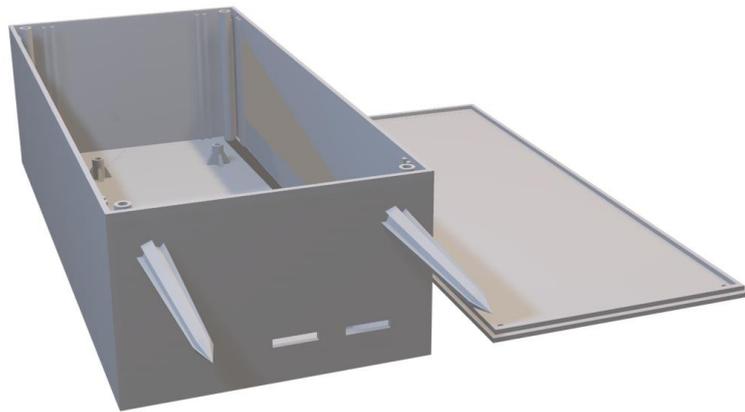
Gambar 3. 13 Desain PCB Perangkat Sumber Air



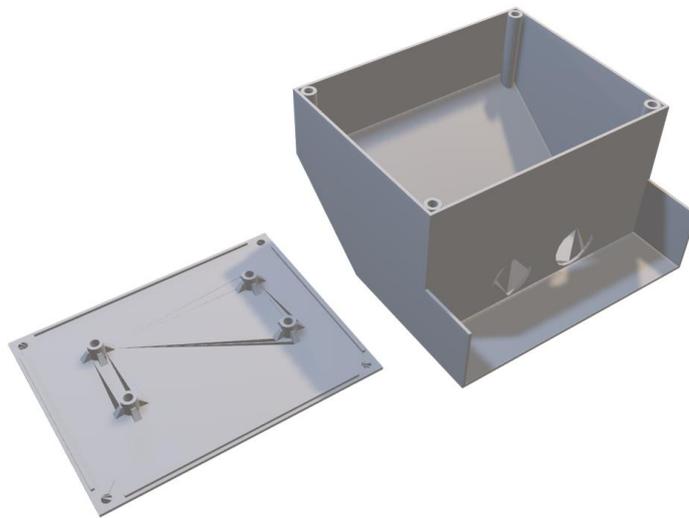
Gambar 3. 14 Desain PCB Perangkat *Sensing* Tanaman

### 3.2.7 Desain *Casing*

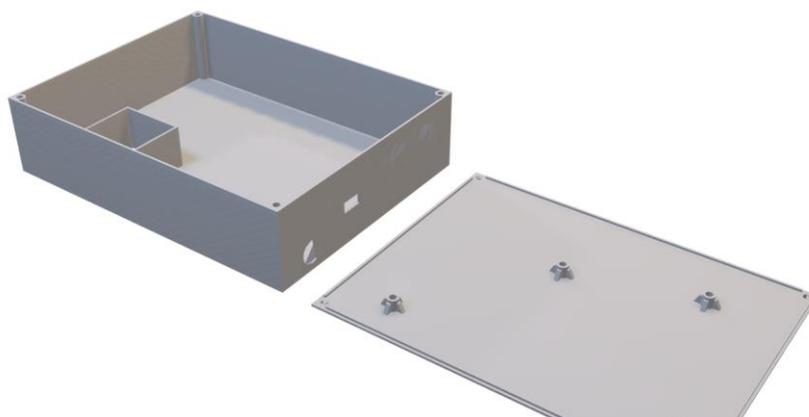
Untuk memudahkan proses pengujian sistem yang dibuat, peneliti juga membuat desain *casing* atau wadah untuk membuat pelindung sistem, *casing* dibuat menggunakan *3D Printer* dengan menggunakan filamen berbahan PLA. Desain ditunjukkan oleh **Gambar 3.15** untuk desain perangkat induk, **Gambar 3.16** untuk desain perangkat sumber air, dan **Gambar 3.17** untuk desain perangkat *sensing* tanaman.



Gambar 3. 15 Desain *Casing* Perangkat *Sensing* Tanaman



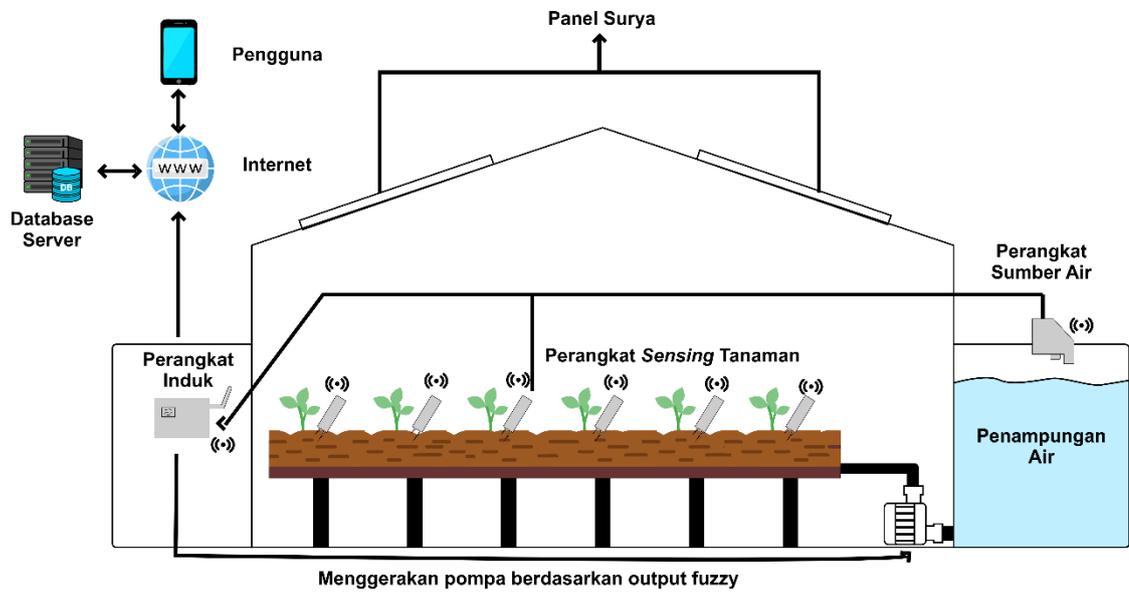
Gambar 3. 16 Desain *Casing* Perangkat Sumber Air



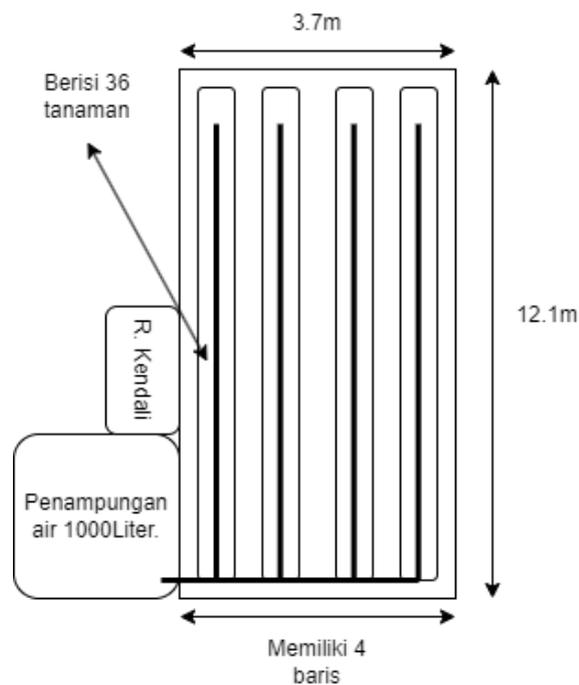
Gambar 3. 17 Desain *Casing* Perangkat Induk

### 3.2.8 Desain Sistem

Sistem didesain agar dapat digunakan pada sebuah *greenhouse* berukuran  $44.77 m^2$  dengan panjang 12.1 m dan lebar 3.7 m seperti pada **Gambar 3.19**.



Gambar 3. 18 Penerapan Sistem pada *Greenhouse*



Gambar 3. 19 Ukuran *Greenhouse*

Untuk ukuran area/tanaman dengan luas 33 cm jarak antar tanaman, lebar (jarak antar baris) 90 cm dan kedalaman 30 cm, dapat dihitung banyak tanaman yang bisa ditanam pada *greenhouse* dengan mengikuti persamaan berikut.

$$\text{Jumlah baris} = \frac{\text{LebarPetak}}{\text{JarakBaris}} \quad (2)$$

$$\text{Jumlah Tanaman tiap baris} = \frac{\text{PanjangPetak}}{\text{JarakTanaman}} \quad (3)$$

Dengan demikian didapatkan

$$\text{Jumlah baris} = \frac{3.7}{0.9} = 4.3$$

$$\text{Jumlah Tanaman tiap baris} = \frac{12.1}{0.33} = 36.6$$

Dengan begitu jumlah tanaman pada *greenhouse* adalah 144 tanaman. Untuk memenuhi proses irigasi, peneliti mendesain penampungan air berkapasitas 1000 liter. Desain dari irigasi pada *greenhouse* yang digunakan adalah irigasi *sprinkler* atau irigasi tetes. Kemudian, frekuensi penyiraman diatur menjadi 3 kali dalam sehari, yaitu pada pukul 08.00, 12.00. dan 15.00. Waktu tersebut dinilai baik dalam melakukan penyiraman pada tanaman, karena sinar matahari sudah terbit dan belum terbenam. Sehingga air tidak akan mengendap pada pot (Wang & Camp, 2000).

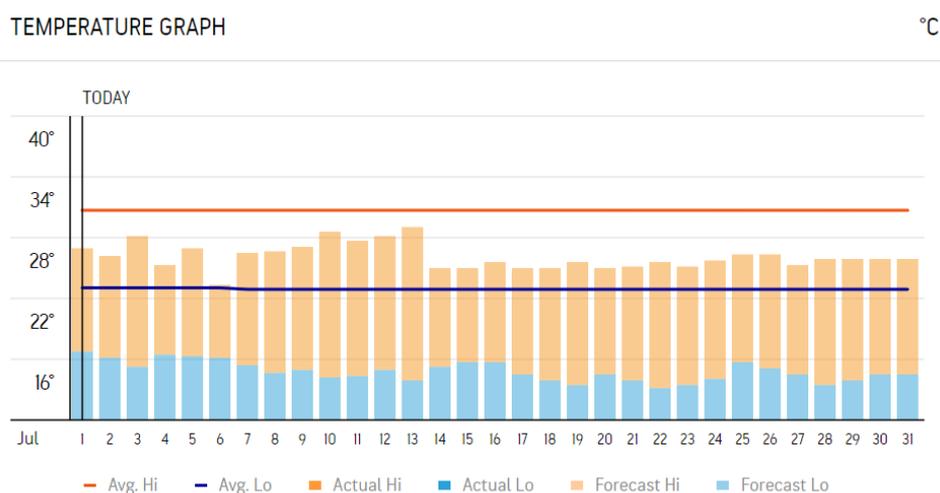
### 3.2.9 Desain Fuzzy

*Fuzzy* memiliki peranan penting pada penelitian kali ini, karena *fuzzy* yang memiliki kendali atas berapa lama air akan disiram. Oleh karena itu peneliti mencoba merancang sebaik mungkin berdasarkan data-data pendukung yang diperlukan dalam penentuan nilai dari setiap fungsi *input output* atau *membership function* yang dipakai. Berikut penjelasan lengkap mengenai desain kendali *fuzzy* dari setiap *membership function*.

#### 1. Suhu

Suhu memiliki peranan penting dalam proses tumbuh sebuah tanaman. Sehingga perlu adanya studi literatur terlebih dahulu untuk memutuskan nilai yang akan ditetapkan di setiap kategori pada *input* suhu. Suhu yang baik untuk tumbuh kembang tanaman antara 25 °C

pada siang hari dan 12 °C pada malam hari (Wang & Camp, 2000). Adapun disebutkan suhu optimal bagi tumbuhan berkisar antara 15-12 °C (Jiang dkk., 2023; Khammayom dkk., 2022; Redondo-Gómez dkk., 2022). Penelitian terdahulu lainnya mengatakan di suhu cukup tinggi dan biasanya terletak pada atau di atas 25 °C (Went, 1952). Untuk tumbuhan pada lingkungan *hydroponics* memerlukan suhu di kisaran 20-25 °C (H. Cao dkk., 2023). **Gambar 3.20** menunjukkan perkiraan cuaca pada Bulan Juli di Lembang.



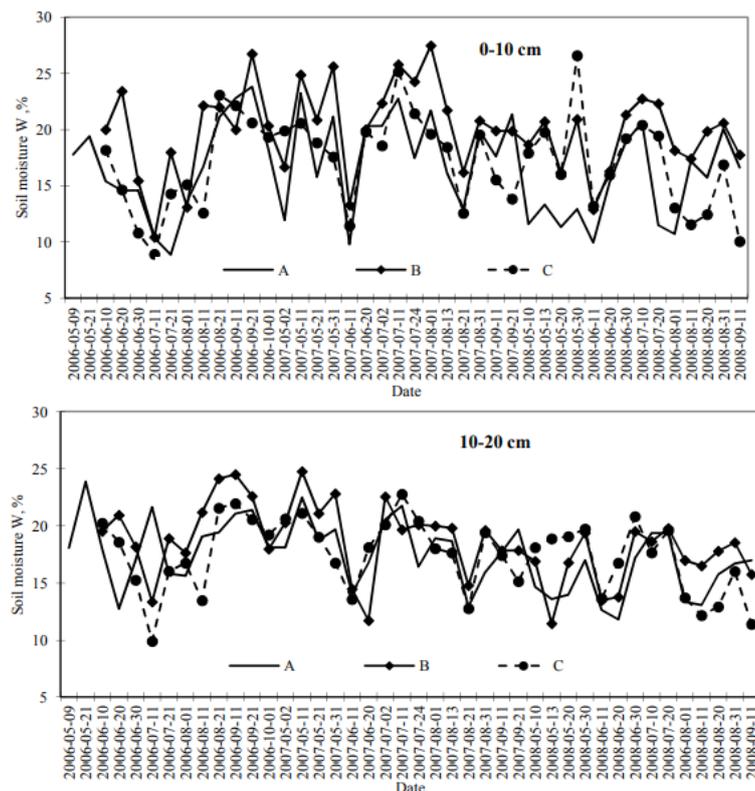
Gambar 3. 20 Grafik Perkiraan Cuaca Bulan Juli di Lembang  
(Sumber: <https://www.accuweather.com/en/id/lembang/202779/july-weather/202779>)

Adapun data pada **Gambar 3.20** digunakan sebagai pendukung dalam menentukan nilai suhu yang akan digunakan sebagai *input*. Karena besaran nilai *input* yang akan digunakan tidak kurang dari 10 °C dan tidak lebih dari 36 °C.

## 2. Kelembaban Tanah

*Input* kedua adalah kelembaban tanah. Seperti yang diketahui, tanah merupakan unsur penting yang dibutuhkan oleh tanaman, oleh karena itu kelembaban tanah perlu diperhitungkan agar tumbuh kembang tanaman dalam berjalan dengan baik. Telah banyak penelitian yang meneliti bagaimana kelembaban tanah menjadi faktor tumbuh tanaman dan implementasi unsur ini terhadap kendali *fuzzy*. Penelitian yang

dilakukan oleh (Truneh dkk., 2021) menggunakan parameter *soil moisture* dengan *range* 0-100%, sedangkan penelitian yang dilakukan oleh (Munir dkk., 2019) menggunakan angka yang belum dikonversi dari sensor yaitu 0-1000+. Peneliti memutuskan untuk melakukan konversi angka pada data yang didapat dari sensor, semula bernilai 0-1000+ menjadi 0-100%. Untuk nilai dari parameter diputuskan menggunakan nilai kandungan air yang terkandung pada tanah saat itu. Manajemen kelembaban tanah yang dilakukan menggunakan tensiometer menunjukkan tingkat kelembaban volumetrik yang optimal antara 20-40% sehingga dapat meningkatkan hasil dan kualitas buah (Hoppula & Salo, 2007). Adapun pertimbangan lainnya adalah seberapa banyak kadar air berkurang pada waktu tertentu. Penelitian ini menggunakan metode pengukuran kedalaman tanah untuk mengumpulkan data pada kedalaman  $\pm$  0-20 cm. Sehingga berdasarkan data yang didapatkan mengenai penurunan kadar air pada tanah yang ditunjukkan oleh **Gambar 3.21**.



Gambar 3. 21 Grafik Dinamika Kelembaban Tanah (Taparauskiënë & Miseckaitë, 2014)

Hingga didapatkan angka kadar penurunan air pada tanah seperti yang ditunjukkan oleh **Tabel 3.1**.

Tabel 3. 1  
Perubahan Kadar Air Pada Tanah

<b>Kedalaman</b>	<b>Perubahan</b>	<b>Jarak</b>
		<b>Perubahan</b>
<b>0-10</b>	24-15	9
<b>10-20</b>	22-18	6

Dapat diambil rata-rata penurunan kadar air adalah 7.5%/10 hari, dengan begitu terjadi penurunan kadar air per hari adalah 0.75%.

### 3. Banyaknya Air pada Penampungan

Selain dari suhu dan kelembaban tanah, air juga memegang peran penting dalam proses tumbuh tanaman. Tanpa air kehidupan tidak akan hidup, begitu pula dengan tanaman. Air merupakan salah satu unsur utama yang dibutuhkan oleh tanaman. Ketika kita memikirkan tentang berkebun, biasanya yang kita pikirkan adalah air, tanah, dan sinar matahari. Tanaman dapat menderita jika salah satu dari hal ini terganggu (Swan Hose, t.t.). Penggunaan air digunakan sebagai *input* pada kendali *fuzzy* dikarenakan untuk memaksimalkan penggunaan sehingga penggunaan air yang tepat dan tidak boros, air merupakan sumber daya terbarukan, namun ketersediaannya bervariasi dan terbatas (Pimentel dkk., 1997) dan pertanian merupakan penyebab dan korban utama dari kelangkaan air. Pertanian menyumbang hampir 70% dari seluruh pengambilan air, dan mencapai 95% di beberapa negara berkembang (FAO, 2019).

### 4. Lama Waktu Penyiraman

Penentuan nilai untuk *output*, dilakukan dengan cara menghitung kadar air pada tanah untuk mendapatkan nilai lama waktu penyiraman yang optimal. Proses pencarian nilai dilakukan dengan menggunakan perbandingan dari jurnal yang ditemukan, jurnal tersebut membahas mengenai *greenhouse* yang di dalamnya ditanam 8500 stroberi.

Stroberi sebanyak itu, perlu disiram air sebanyak 3.8 ton/10 are, dengan kata lain 8500 stroberi perlu air sebanyak 3800 liter untuk area  $1000\text{ m}^2$  (Jo dkk., 2021). Berdasarkan kebutuhan tersebut, peneliti dapat membandingkan berbagai aspek, seperti perbandingan jumlah air yang diperlukan, perbandingan luas area, dan banyaknya tanaman. Untuk area berukuran  $1000\text{ m}^2$  dibutuhkan air sebanyak 3.8 liter/ $\text{m}^2$ . Dengan demikian, area  $44.77\text{ m}^2$  membutuhkan air sebanyak 170.126 liter/hari. Sehingga setiap tanaman memerlukan air  $\pm$  sebanyak 1.182 liter.

Dengan detail yang telah dijelaskan sebelumnya, peneliti dapat menetapkan fungsi *input*, *output* seperti yang ditunjukkan oleh **Tabel 3.2**.

Tabel 3. 2  
Fungsi *Input Output*

<b>Fungsi</b>	<b>Parameter</b>	<b>Anggota</b>
<b><i>Input</i></b>	Suhu	Rendah
		Optimal
		Tinggi
	Kelembaban Tanah	Kering
		Optimal
		Basah
	Jumlah Air Pada Penampungan	Sedikit
		Sedang
		Banyak
<b><i>Output</i></b>	Lama Waktu Penyiraman	Diam
		Sebentar
		Sedang
		Lama

Adapun untuk detail masukan nilai linguistik di setiap *input* dan *output* seperti yang ditunjukkan oleh **Tabel 3.3** untuk suhu, **Tabel 3.4** untuk kelembaban tanah, **Tabel 3.5** untuk sisa air dalam penampungan, dan **Tabel 3.6** untuk *output* berapa lama air akan disiram.

Tabel 3. 3  
 Nilai Linguistik *Input* Suhu

<b>Kategori</b>	<b>Nilai</b>
<b>Rendah</b>	[10 10 13 17]
<b>Optimal</b>	[15 18 21 26]
<b>Tinggi</b>	[24 27 36 36]

Tabel 3. 4  
 Nilai Linguistik *Input* Kelembaban Tanah

<b>Kategori</b>	<b>Nilai</b>
<b>Kering</b>	[0 0 10 25]
<b>Optimal</b>	[20 30 40 45]
<b>Basah</b>	[40 55 100 100]

Tabel 3. 5  
 Nilai Linguistik *Input* Jumlah Air Pada Penampungan

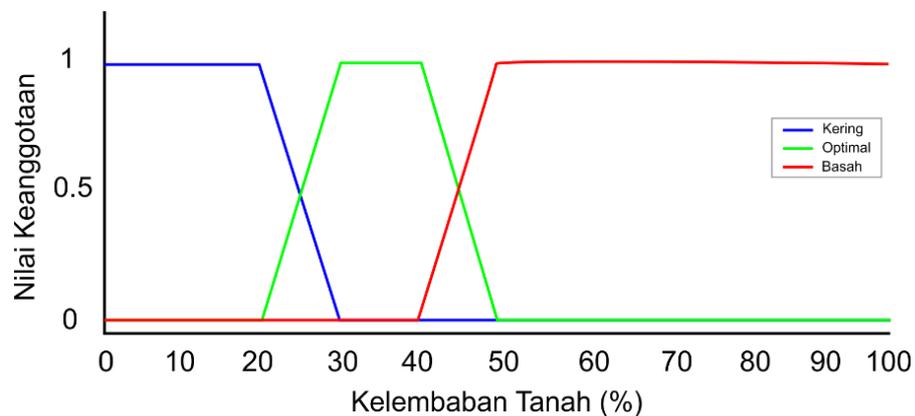
<b>Kategori</b>	<b>Nilai</b>
<b>Sedikit</b>	[0 0 0.4 0.6]
<b>Sedang</b>	[0.4 0.6 1.4 1.6]
<b>Banyak</b>	[1.4 1.6 2 2]

Tabel 3. 6  
 Nilai Linguistik *Output* Lama Waktu Penyiraman

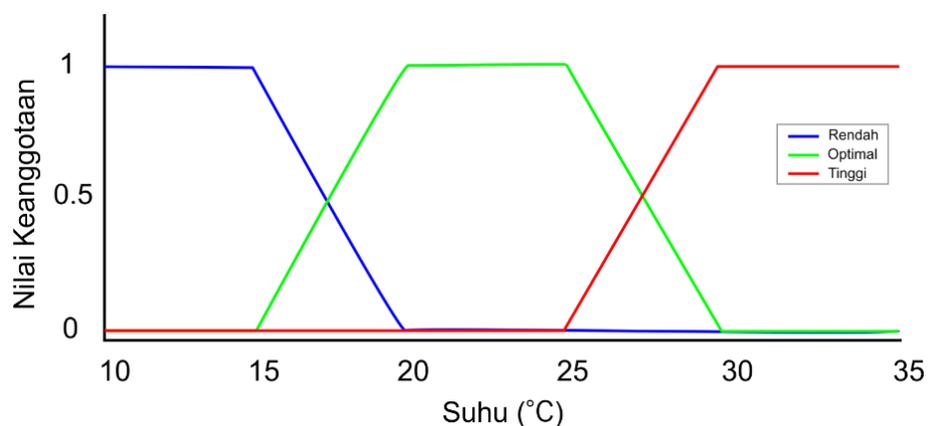
<b>Kategori</b>	<b>Nilai</b>
<b>Diam</b>	[0, 0, 0, 0]
<b>Sebentar</b>	[25, 25, 35, 45]
<b>Sedang</b>	[35, 45, 55, 65]
<b>Lama</b>	[55, 65, 80, 80]

Nilai yang tertera pada **Tabel 3.3** didapatkan berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan oleh peneliti. Begitu pula dengan nilai pada *input* kelembaban tanah seperti yang ditunjukkan oleh **Tabel 3.4** ditentukan berdasarkan kandungan nilai air pada tanah yang optimal untuk pertumbuhan tanaman, sehingga peneliti dapat menentukan berapa banyak

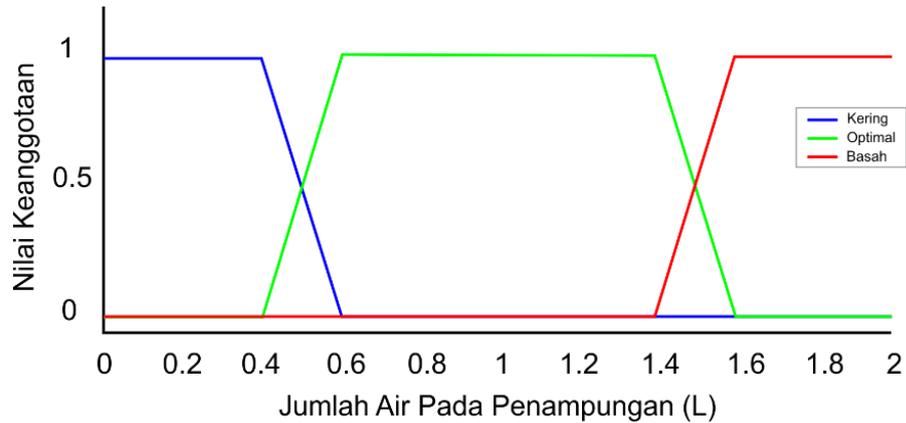
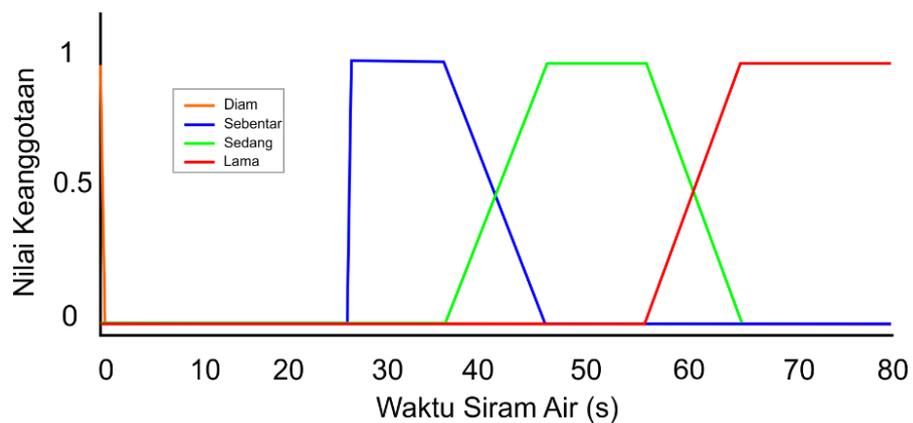
air yang harus ditambahkan untuk mencapai kata optimal. Kemudian untuk *input* jumlah air, didapatkan berdasarkan jumlah maksimal penampungan air yang tersedia. Sedangkan untuk *output* lama waktu penyiraman ditentukan berdasarkan nilai optimal kelembaban tanah, yang ditemukan berkisar antara 20-40%. Berdasarkan kisaran tersebut, langkah selanjutnya adalah mencari nilai atau angka jumlah air yang perlu ditambahkan untuk mencapai nilai tersebut. Sehingga seperti yang ditunjukkan oleh **Gambar 3.22** untuk grafik fungsi *input* kelembaban tanah, **Gambar 3.23** untuk grafik fungsi *input* suhu, **Gambar 3.24** grafik fungsi *input* jumlah air pada penampungan, dan **Gambar 3.25** untuk grafik *output* waktu siram air.



Gambar 3. 22 Grafik *Input* Kelembaban Tanah



Gambar 3. 23 Grafik *Input* Suhu

Gambar 3. 24 Grafik *Input* Jumlah Air Pada PenampunganGambar 3. 25 Grafik *Output* Waktu Siram Air

Terdapat 27 aturan yang dibuat berdasarkan fungsi *input*, *output* yang tersedia dan ditunjukkan oleh **Tabel 3.7**.

Tabel 3. 7  
Daftar Aturan *Fuzzy*

<b>R</b>	<b>Kelembaban Tanah</b>	<b>Suhu</b>	<b>Jumlah Air</b>	<b>Waktu Siram</b>
<b>R1</b>	Kering	Rendah	Sedikit	Lama
<b>R2</b>	Kering	Rendah	Sedang	Lama
<b>R3</b>	Kering	Rendah	Banyak	Lama
<b>R4</b>	Kering	Optimal	Sedikit	Sedang
<b>R5</b>	Kering	Optimal	Sedang	Sedang
<b>R6</b>	Kering	Optimal	Banyak	Lama

<b>R7</b>	Kering	Tinggi	Sedikit	Sedang
<b>R8</b>	Kering	Tinggi	Sedang	Lama
<b>R9</b>	Kering	Tinggi	Banyak	Lama
<b>R10</b>	Optimal	Rendah	Sedikit	Diam
<b>R11</b>	Optimal	Rendah	Sedang	Diam
<b>R12</b>	Optimal	Rendah	Banyak	Diam
<b>R13</b>	Optimal	Optimal	Sedikit	Diam
<b>R14</b>	Optimal	Optimal	Sedang	Diam
<b>R15</b>	Optimal	Optimal	Banyak	Sebentar
<b>R16</b>	Optimal	Tinggi	Sedikit	Diam
<b>R17</b>	Optimal	Tinggi	Sedang	Sebentar
<b>R18</b>	Optimal	Tinggi	Banyak	Sebentar
<b>R19</b>	Basah	Rendah	Sedikit	Diam
<b>R20</b>	Basah	Rendah	Sedang	Diam
<b>R21</b>	Basah	Rendah	Banyak	Diam
<b>R22</b>	Basah	Optimal	Sedikit	Diam
<b>R23</b>	Basah	Optimal	Sedang	Diam
<b>R24</b>	Basah	Optimal	Banyak	Sebentar
<b>R25</b>	Basah	Tinggi	Sedikit	Diam
<b>R26</b>	Basah	Tinggi	Sedang	Diam
<b>R27</b>	Basah	Tinggi	Banyak	Sebentar

Tabel aturan *fuzzy* yang ditunjukkan oleh **Tabel 3.7** dirancang untuk mencakup berbagai kombinasi antara *input* suhu, kelembaban tanah, dan jumlah air pada penampungan, sehingga dapat menghasilkan durasi penyiraman yang tepat sesuai dengan kondisi tanaman.

### 3.3 Pengembangan

Tahapan pengembangan ini melibatkan beberapa tahapan dengan tujuan untuk memastikan sistem yang dibuat dapat berfungsi secara optimal. Berikut adalah tahapan-tahapan yang tercakup pada fase pengembangan (*Development*). Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah metode *agile*, metode ini dipilih peneliti dikarenakan dapat memberikan kemudahan dan merupakan metode

yang fleksibel dalam pengembangan sistem. Metode ini dianggap cocok dengan produk atau sistem berskala kecil-menengah (L. Cao dkk., 2009).

1. Persiapan, persiapan dimulai dengan meneliti terlebih dahulu mengenai kebutuhan sistem, penelitian terdahulu, komponen yang akan digunakan, gambaran arsitektur, teknologi yang digunakan, dan lain sebagainya.
2. Pemilihan alat dan bahan selama penelitian, dalam penelitian ini alat terdiri dari perangkat keras yang digunakan untuk pengembangan sistem. Perangkat keras yang digunakan adalah laptop dengan spesifikasi sebagai berikut:
  - a. Prosesor AMD Ryzen 5 5600U
  - b. RAM 16 GB
  - c. SSD 512 GB

Dengan detail perangkat lunak atau *software* yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Visual Studio Code
  - b. Android Studio
  - c. Postman
  - d. Fritzing
  - e. Easyeda
  - f. MATLAB
3. Merangkai Komponen atau *Prototyping*, pada tahap ini peneliti mulai merangkai sejumlah komponen yang nantinya akan selaras dengan desain yang telah dibuat sebelumnya, seperti komponen pada perangkat *sensing* tanaman, air, dan induk. Tidak lupa untuk melakukan pengujian fungsional dari setiap perangkat yang telah dibuat. Pengujian ini berbeda dengan pengujian keseluruhan akhir nantinya, pengujian ini hanya melihat apakah perangkat yang telah dibuat dapat berfungsi dengan baik atau tidaknya.
  4. Desain metode kendali *fuzzy*, setelah rangkaian perangkat telah rampung dibuat, peneliti mendesain logika *fuzzy* yang akan digunakan. *Fuzzy* didesain dengan cara mengumpulkan data atau pernyataan dari berbagai jurnal, *paper*, atau sumber terpercaya lainnya. Misalnya, untuk berapa *range* suhu optimum yang diterapkan, berapa kelembaban tanah yang paling baik untuk tanaman, dan berapa banyak air yang harus disiram. Hal-hal tersebut peneliti desain

berdasarkan data yang terdapat pada sumber terpercaya, sehingga sistem yang dibuat dapat bekerja dengan optimal. Tidak lupa peneliti menguji logika kendali *fuzzy* yang telah dibuat, apakah hasil yang diberikan memiliki nilai yang sama dengan desain yang dibuat melalui aplikasi MATLAB.

5. Perakitan menjadi versi awal dari produk yang memiliki fitur-fitur dasar yang cukup untuk digunakan dan dapat digunakan sebagai landasan awal bagi penelitian selanjutnya apabila terdapat pengembangan produk selanjutnya. Perakitan mencakup proses desain *Printed Circuit Board* (PCB), desain *casing*, cetak PCB, cetak *casing*, dan proses perakitan keseluruhan sistem hingga siap diuji.

### 3.4 Pengujian dan Evaluasi

Metode pengujian yang dipilih peneliti adalah metode *Functional Testing*. *Functional Testing* merupakan sebuah tes yang menguji fungsionalitas komponen dan perangkat keras apakah telah beroperasi sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan. Lalu pengujian fungsi dilakukan dengan menggunakan teknik *black-box* (Nidhra & Dondeti, 2012). Pengujian dilakukan dengan menggunakan tanaman buah stroberi di daerah Lembang dengan rentang periode pengujian selama  $\pm 105$  jam. Tanaman buah ini dipilih karena memiliki sifat sensitif terhadap kondisi air yang diterima. Batas toleransi eror pada *output fuzzy* ditetapkan maksimal 5% dari nilai *output* yang didapat melalui aplikasi MATLAB. Meskipun desain sistem dibuat untuk *greenhouse*, pengujian diwakilkan terhadap 1 tanaman. Mengingat keterbatasan waktu dan sumber daya, pengujian ini dilakukan sebagai validasi awal terhadap sistem, dan peneliti dapat fokus pada parameter kunci yang diuji. Evaluasi dilakukan setelah tahapan pengujian selesai. Evaluasi bertujuan untuk mengidentifikasi area yang perlu perbaikan dan memastikan sistem dapat bekerja dengan semestinya.

### 3.5 Pelaporan

Pelaporan hasil penelitian ini disusun dalam bentuk skripsi yang mencakup semua temuan yang diperoleh selama periode penelitian dan dijabarkan secara rinci dalam dokumen tersebut, sehingga dapat dijadikan sebagai referensi ilmiah yang berguna bagi pembaca atau pengembang dengan konsentrasi serupa di masa depan.