SKRIPSI

# IMPLEMENTASI IOT DALAM SISTEM PENGAIRAN SAWAH OTOMATIS BERBASIS SENSOR KELEMBAPAN TANAH DAN SENSOR JARAK

ANDIKA SETYA KURNIAWAN
NPM. 21.0504.0014

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA S1
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAGELANG
AGUSTUS, 2025

# BAB 4
# HASIL DAN PEMBAHASAN

## 4.1 Hasil

Hasil dari proses perancangan dan pembangunan alat sesuai dengan judul penelitian, yaitu "Implementasi IoT dalam Sistem Pengairan Sawah Otomatis Berbasis Sensor Kelembapan Tanah dan Sensor Jarak". Hasil yang ditampilkan berupa miniatur alat yang telah berhasil dan selesai dirakit sesuai dengan desain. Desain menggunakan 6 petak sawah dan ada irigasinya di tengahnya, 3 sawah di sebelah kiri irigasi dan 3 sawah di sebelah kanan irigasi. Alat ini merupakan implementasi dari sistem yang dirancang untuk mendeteksi tingkat kelembapan tanah dan ketinggian air untuk mengatur distribusi air secara otomatis, otomatisasi ini diatur dari masukan hasil sensor jarak dan sensor kelembapan tanah.

Sensor jarak mendeteksi ketinggian air, jika air berada di bawah nilai tertentu relay akan hidup(pompa air juga hidup) dan semua miniatur sawah teraliri dengan mengabaikan nilai kelembapan tanah. Jika sensor jarak mendeteksi air berada di atas nilai tertentu, relay mati atau hidup dipengaruhi oleh nilai dari sensor kelembapan tanah. Data kelembapan tanah dan volume air ini akan dikirim ke dalam *thingspeak*.

Dalam implementasinya, media tanah pada miniatur diganti dengan pasir untuk menjaga kebersihan sistem dan mencegah endapan lumpur. Meskipun karakteristik pasir berbeda dengan tanah, hal tersebut tidak mempengaruhi kinerja sensor kelembapan tanah karena sensor kelembapan tanah hanya bekerja untuk menilai kelembapan media. Hal ini juga memudahkan proses pengujian yang berulang karena mudah untuk dibersihkan.

Miniatur sistem pengairan sawah berbasis sensor kelembapan tanah dan sensor jarak ini memiliki banyak komponen. Komponen ini berupa enam sensor kelembapan tanah, satu sensor jarak, enam relay, enam pompa air, satu ESP32, satu akuarium sebagai irigasi dan enam miniatur petak sawah. Komponen – komponen ini dirakit menjadi satu kesatuan sistem yang merepresentasikan implementasi IoT dalam sistem pengairan sawah berbasis sensor kelembapan tanah dan sensor jarak. Irigasi menggunakan akuarium dengan dimensi panjang 43 cm dan lebar 40 cm, gambar 4.1.

Gambar 4.1 Miniatur Sistem

## 4.2 Pengujian

### 4.2.1 Kalibrasi Sensor kelembapan Tanah

Dalam sistem implementasi IoT dalam sistem pengairan sawah otomatis berbasis sensor kelembapan tanah dan sensor jarak, hal pertama yang perlu dilakukan adalah dengan mengkalibrasi sensor kelembapan tanah. Fungsi kalibrasi sensor kelembapan tanah ini adalah untuk mengetahui nilai digital saat kondisi tanah lembap maksimal dan kering maksimal. Proses kalibrasi ini penting dilakukan agar sistem dapat membaca kondisi tanah secara akurat.

Hasil dari pembacaan ke 6 sensor kelembapan tanah dalam kondisi basah (lembap) di tunjukan pada Tabel 4.1 dan kondisi kering di tunjukan pada Tabel 4.2. Pada gambar 4.2 Kondisi Lembap dan gambar 4.3 Kondisi Kering, diperlihatkan ada 6 grafik dari pin a sampai pin f. Setiap grafik memiliki posisi horizontal dan vertikal, posisi horizontal menunjukkan

urutan percobaan ke berapa dan posisi vertikal menunjukkan nilai perubahan setiap percobaan.

A. Data ADC Sensor Kelembapan Tanah (Kondisi Lembap)

Tabel 4.1 menampilkan data pembacaan nilai ADC dari sensor kelembapan tanah pada kondisi lembap. Data ini diambil sebanyak 9 kali percobaan pada pin 33 sampai pin 36 yang diberi nama pin a sampai pin f. setiap nilai yang tercatat menunjukkan nilai hasil konversi sinyal analog dari sensor kelembapan tanah menjadi nilai digital oleh ESP32.

Nilai yang ada pada masing-masing kolom setiap pin adalah nilai ADC. Nilai ADC adalah angka digital hasil konverter dari sinyal analog. Nilai ini yang nantinya digunakan untuk menentukan nilai ambang batas kelembapan tanah.

Selain itu, data pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa pembacaan pada setiap pin cenderung baik selama sembilan kali percobaan. Perbedaan nilai yang muncul masih berada dalam rentang kecil sehingga tidak memengaruhi interpretasi kondisi tanah. Hal ini menandakan bahwa sensor dan sistem pembacaan ADC pada ESP32 berfungsi dengan baik.

Tabel 4.1 Data ADC Sensor Kelembapan Tanah (Kondisi Lembap)

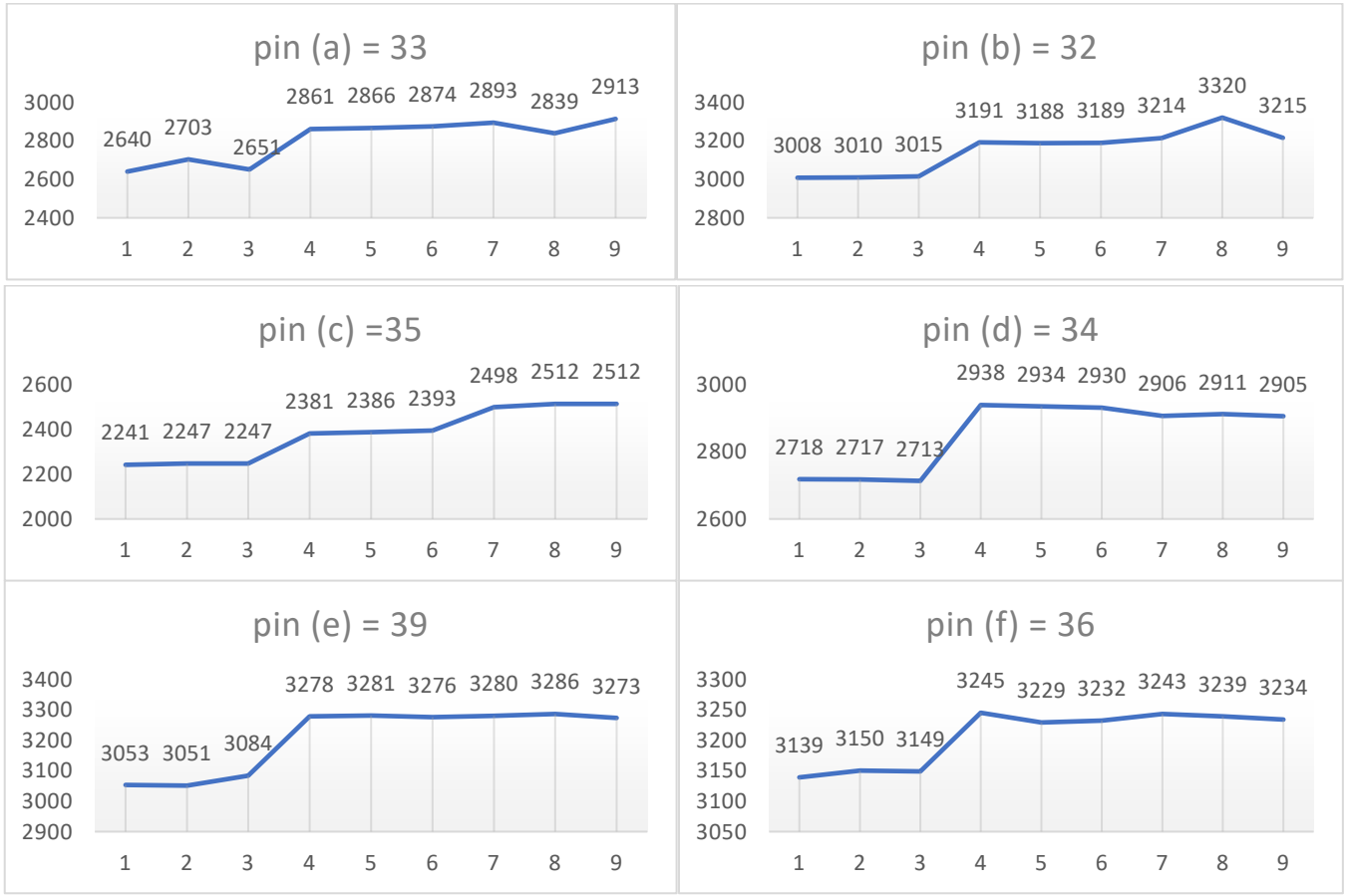
| No Percobaan | pin (a) = 33 | pin (b) = 32 | pin (c) =35 | pin (d) = 34 | pin (e) = 39 | pin (f) = 36 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2640 | 3008 | 2241 | 2718 | 3053 | 3139 |
| 2 | 2703 | 3010 | 2247 | 2717 | 3051 | 3150 |
| 3 | 2651 | 3015 | 2247 | 2713 | 3084 | 3149 |
| 4 | 2861 | 3191 | 2381 | 2938 | 3278 | 3245 |
| 5 | 2866 | 3188 | 2386 | 2934 | 3281 | 3229 |
| 6 | 2874 | 3189 | 2393 | 2930 | 3276 | 3232 |
| 7 | 2893 | 3214 | 2498 | 2906 | 3280 | 3243 |
| 8 | 2839 | 3320 | 2512 | 2911 | 3286 | 3239 |
| 9 | 2913 | 3215 | 2512 | 2905 | 3273 | 3234 |

Gambar 4.2 Kalibrasi sensor kelembapan tanah (Lembab)

Gambar 4.2 menunjukkan proses kalibrasi sensor kelembapan tanah, di mana sensor kelembapan tanah dimasukkan ke dalam air hingga mencapai garis hitam sebagai acuan kondisi 100% lembab. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan nilai referensi pembacaan sensor ketika tanah berada pada kondisi sangat basah, sehingga hasil pengukuran kelembapan pada kondisi sebenarnya dapat lebih akurat. Tahapan ini dilakukan secara berurutan pada semua sensor kelembapan tanah yang digunakan, yaitu sebanyak enam buah sensor kelembapan tanah, agar setiap sensor memiliki standar pengukuran yang sama. Dengan kalibrasi yang konsisten, sistem pengairan otomatis dapat bekerja secara optimal dalam mengatur suplai air sesuai kebutuhan masing-masing area tanam.

Gambar 4.3, menunjukkan grafik pin a sampai dengan pin f dalam kondisi lembap. Setiap grafik pada masing-masing pin menunjukkan kecenderungan yang kurang stabil. Meskipun demikian, secara umum nilai ADC masih berada pada nilai yang rendah, hal ini mengindikasikan bahwa tanah berada dalam keadaan lembap. Ketidakstabilan ini dapat terjadi oleh perbedaan sensitivitas sensor. Selain itu, kemungkinan gangguan dari kualitas koneksi kabel juga memungkinkan untuk mempengaruhi pembacaan sensor.

Grafik ADC Kondisi Lembap




Gambar 4.3 Grafik ADC Kondisi Lembap

B. Data ADC Sensor Kelembapan Tanah (Kondisi Kering)

Tabel 4.2 menunjukkan hasil pembacaan nilai ADC dari sensor kelembapan tanah pada kondisi lembap. Pengambilan data dilakukan sebanyak 9 kali percobaan pada pin 33 sampai pin 36 yang diberi nama pin a sampai pin f. setiap nilai yang tercatat menunjukkan nilai hasil konversi sinyal analog dari sensor kelembapan tanah menjadi nilai digital oleh ESP32. Nilai inilah yang nantinya dijadikan acuan untuk menentukan nilai ketika tanah dalam kondisi kering.

Setiap kolom pada masing-masing pin menunjukkan hasil pembacaan nilai ADC. Nilai ADC adalah data digital hasil dari proses konversi sinyal analog. Nilai ini yang nantinya digunakan sebagai dasar dalam menentukan ambang batas kelembapan tanah.

Selain itu, data pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa pembacaan pada setiap pin sangat baik selama sembilan kali percobaan. Nilai yang muncul sangat konsisten di 4095 sehingga dapat diindikasikan sensor dalam kondisi sangat kering. Hal ini menandakan bahwa sensor dan sistem pembacaan ADC pada ESP32 berfungsi dengan baik.

Tabel 4.2 Data ADC Sensor Kelembapan Tanah (Kondisi Kering)

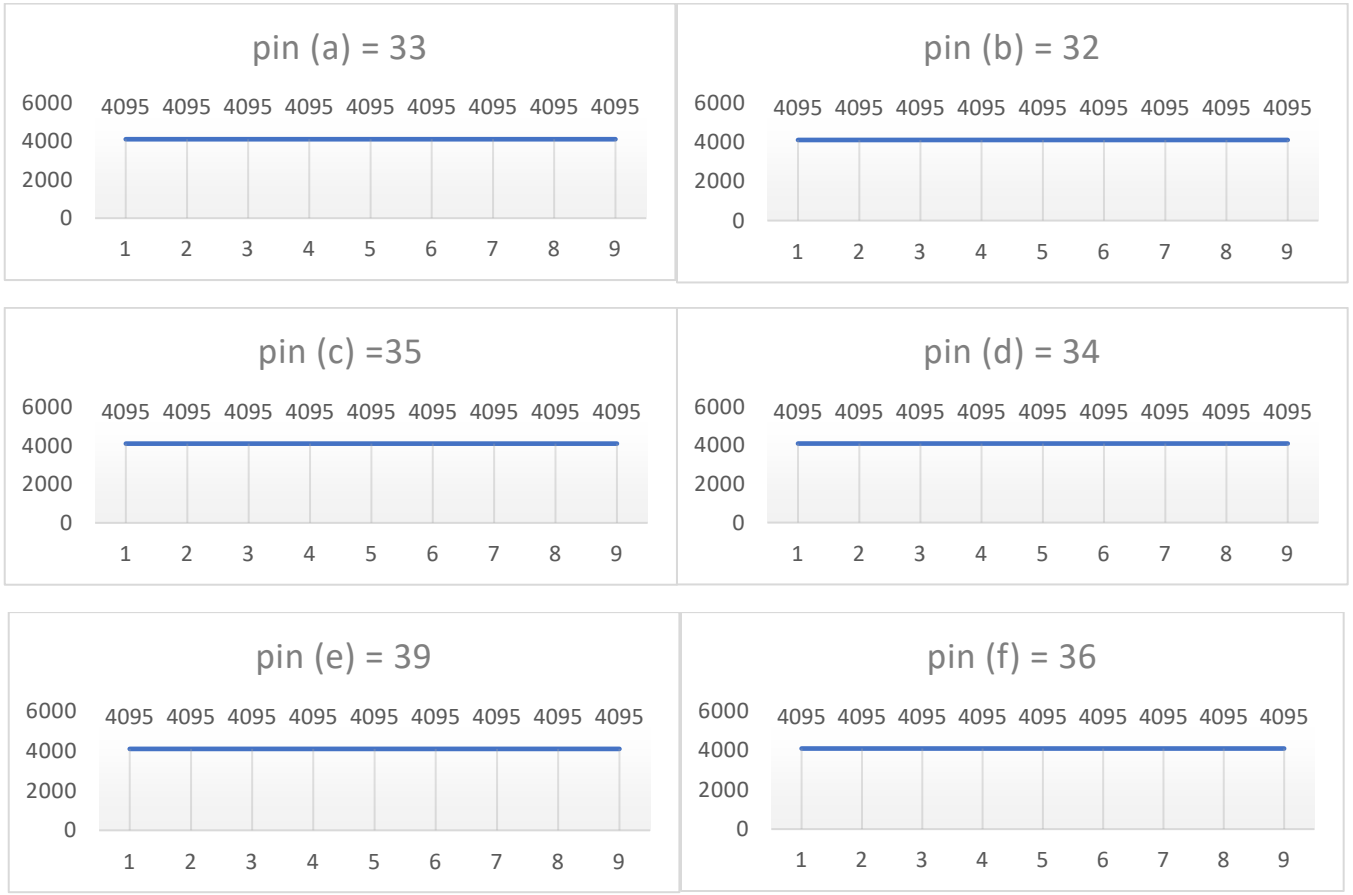
| No percobaan | pin (a) = 33 | pin (b) = 32 | pin (c) =35 | pin (d) = 34 | pin (e) = 39 | pin (f) = 36 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 |
| 2 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 |
| 3 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 |
| 4 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 |
| 5 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 |
| 6 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 |
| 7 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 |
| 8 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 |
| 9 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 | 4095 |

Gambar 4.4 Kalibrasi sensor kelembapan tanah (kering)

Gambar 4.4 menunjukkan proses kalibrasi sensor kelembapan tanah pada kondisi kering, di mana sensor dimasukkan ke dalam media tanam yang sangat kering sebagai acuan kondisi 100% kering. Kalibrasi ini penting dilakukan agar sistem mampu menentukan batas kering pada sensor kelembapan tanah secara tepat, sehingga pompa air dapat diaktifkan pada waktu yang sesuai. Proses ini dilakukan pada semua enam sensor kelembapan tanah analog yang digunakan dalam sistem, sehingga setiap sensor memiliki standar pembacaan yang seragam. Dengan demikian, hasil pengukuran kelembapan menjadi lebih akurat dan sistem pengairan otomatis dapat bekerja secara optimal sesuai kebutuhan tanaman.

Gambar 4.5, menunjukkan grafik nilai ADC dari enam pin sensor kelembapan tanah dalam kondisi kering. Terlihat bahwa semua pin dari a sampai f menghasilkan nilai yang sangat stabil pada setiap pengambilan data. nilai yang konstan pada angka 4095 menunjukkan bahwa sensor tidak mendeteksi kelembapan, atau menandakan bahwa kondisi tanah benar-benar kering.

Grafik ADC Kondisi Kering




Gambar 4.5 Grafik ADC Kondisi Kering

### 4.2.2 Pengujian Volume Air Pada Irigasi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui volume air yang terdapat pada irigasi miniatur dengan menggunakan sensor jarak HC-SR04. Sensor jarak HC-SR04 ini menggunakan prinsip gelombang ultrasonik dan pantulan suara, mirip seperti yang ada pada sonar kapal laut. Konsepnya adalah penghitungan waktu gelombang dipancarkan dari gelombang keluar dan kembali.

Pada saat pengujian volume tinggi permukaan air berada pada ± 2.4 cm, gambar 4.6. Pengujian ini dilakukan sebanyak dua kali agar lebih meyakinkan, Tabel 4.3 test 1 dan Tabel 4.4 test 2. Data volume air ini nantinya akan dikirim ke dalam *thingspeak* untuk aktivitas pemantauan, gambar 4.7 grafik test 1 dan gambar 4.8 grafik test 2.

Gambar 4.6 Tinggi Air Pengujian

Tabel 4.3 Hasil Volume Air 1

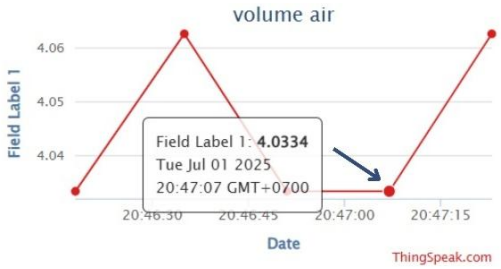
TEST 1

| NO PERCOBAAN | Volume Air(L) | Tinggi Air(CM) |
|---|---|---|
| 1 | 4.03 | 2.35 |
| 2 | 4.06 | 2.36 |
| 3 | 4.03 | 2.35 |
| 4 | 4.03 | 2.35 |
| 5 | 4.06 | 2.36 |

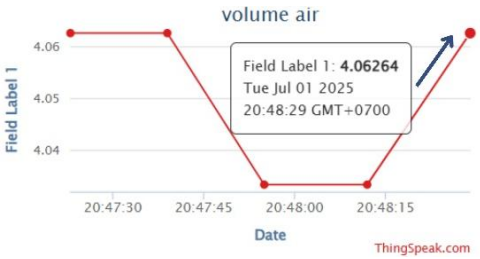
Tabel 4.4 Hasil Volume Air 2

| TEST 2 | | |
|---|---|---|
| NO PERCOBAAN | Volume Air(L) | Tinggi Air(CM) |
| 1 | 4.06 | 2.36 |
| 2 | 4.06 | 2.36 |
| 3 | 4.03 | 2.35 |
| 4 | 4.03 | 2.35 |
| 5 | 4.06 | 2.36 |

Gambar 4.5 dan 4.6, menunjukkan pola fluktuatif, yaitu adanya kenaikan dan penurunan nilai pembacaan volume air selama pengujian berlangsung. Perubahan nilai volume ini mengindikasi adanya pergerakan air dalam sistem yang ditangkap oleh sensor dan divisualisasikan pada *thingspeak*. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu merekam dinamika perubahan volume air secara akurat. Selisih pengukuran ketinggian air selama pengujian hanya berkisar antara 2,35 cm hingga 2,36 cm, menunjukkan stabilitas pengukuran. Petunjuk panah yang ada pada gambar 4.5 dan 4.6 menunjukkan field label pada titik grafik.




Gambar 4.7 Grafik Volume Air Test 1 di Thingspeak




Gambar 4.8 Grafik Volume Air Test 2 di Thingspeak

### 4.2.3 Pengujian Fungsi Sistem

Pengujian fungsi sistem dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak yang dirancang bisa bekerja

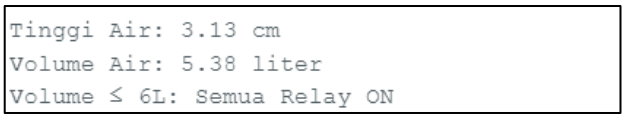
dengan baik sesuai dengan fungsi masing-masing. Pengujian ini dilakukan dalam tiga skenario, yang pertama adalah menguji fungsi volume air jika volume air berada di bawah 6 liter, maka semua relay akan hidup (pompa air juga akan hidup) tanpa mempertimbangkan kelembapan tanah. Pengujian skenario yang kedua ketika volume air di atas nilai tertentu (dalam pengujian ini 6 Liter) maka semua relay akan mati jika sensor kelembapan tanah mendeteksi kelembapan tanah lebih dari 40%. Pengujian skenario yang ketiga ketika volume air di atas nilai tertentu (dalam pengujian ini 6 liter) maka semua relay akan hidup ketika sensor kelembapan tanah mendeteksi kelembapan tanah kurang dari 40%. Dengan ketiga skenario tersebut, pengambilan keputusan oleh sistem juga mendukung otomatisasi yang lebih akurat dan responsif.

A. Skenario 1 : Volume Air ≤ 6 Liter

Pada skenario ini, sistem diuji ketika volume air di irigasi berada pada kondisi kurang atau sama dengan 6 liter. Berdasarkan logika yang telah dirancang, apabila volume air terbatas, maka seluruh pompa air akan tetap diaktifkan secara serentak, pompa air ini ON(hidup) diatur melalui relay. Relay yang ON akan mengaktifkan pompa air juga, Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Volume air ≤ 6 Liter

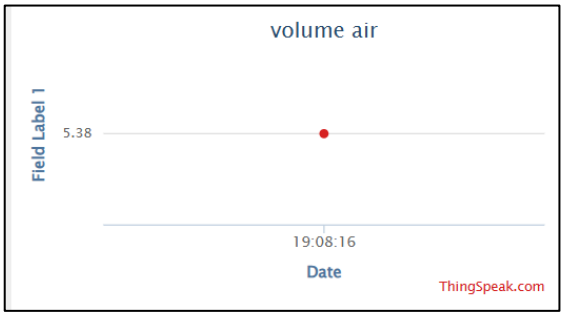
| NO | POSISI SAWAH | RELAY | POMPA AIR | Data Dikirim ke Thingspeak |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Sawah A | ON | ON | 19:08:16 |
| 2 | Sawah B | ON | ON | 19:08:16 |
| 3 | Sawah C | ON | ON | 19:08:16 |
| 4 | Sawah D | ON | ON | 19:08:16 |
| 5 | Sawah E | ON | ON | 19:08:16 |
| 6 | Sawah F | ON | ON | 19:08:16 |




Gambar 4.9 Volume Air ≤ dari 6L (serial monitor)

Gambar 4.9, menunjukkan kondisi irigasi saat tinggi air mencapai 3,13 cm dengan volume sebesar 5,38 liter pada serial

monitor. Karena volume air berada di bawah atau sama dengan 6 liter, maka semua relay diaktifkan (ON). Artinya, seluruh pompa air menyala tanpa memperhatikan kelembapan tanah.




Gambar 4.10 Volume Air ≤ dari 6L (thingpseak)

Gambar 4.10, merupakan grafik pemantauan volume air yang ditampilkan melalui platform *ThingSpeak*. Titik merah menunjukkan bahwa pada pukul 19:08:16, volume air tercatat sebesar 5.38 liter. Data inilah yang dibaca oleh petani secara jarak sebagai bentuk pemanfaatan dari IoT.

B. Skenario 2 : Volume Air > 6 Liter kelembapan > 40%

Pada skenario kedua ini, sistem diuji ketika volume air di dalam irigasi berada di atas 6 liter. Berdasarkan logika yang telah dirancang, apabila volume air berada di atas 6 liter, maka hidup dan mati pompa air tergantung pada tingkat kelembapan tanah. Ketika sensor kelembapan tanah berada di atas 40%, maka semua relay akan OFF(mati) dan pompa air juga akan mati, Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Volume Air >6 liter dan kelembapan >40%

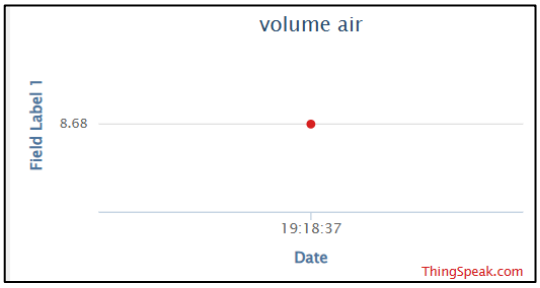
| NO | Sensor Kelembapan | kelembapan% | RELAY | POMPA AIR | Data Dikirim ke Thingspeak |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Sawah A | 117% | OFF | OFF | 14:34:46 |
| 2 | Sawah B | 102% | OFF | OFF | 14:34:46 |
| 3 | Sawah C | 90% | OFF | OFF | 14:34:46 |
| 4 | Sawah D | 74% | OFF | OFF | 14:34:46 |
| 5 | Sawah E | 61% | OFF | OFF | 14:34:46 |
| 6 | Sawah F | 65% | OFF | OFF | 14:34:46 |

```
Tinggi Air: 5.05 cm
Volume Air: 8.68 liter
Volume > 6L: Relay berdasarkan kelembapan
```

```
Volume > 6L: Relay berdasarkan kelembapan
Sensor A: 117% (Lembap) - Relay OFF
Sensor B: 102% (Lembap) - Relay OFF
Sensor C: 90% (Lembap) - Relay OFF
Sensor D: 74% (Lembap) - Relay OFF
Sensor E: 61% (Lembap) - Relay OFF
Sensor F: 65% (Lembap) - Relay OFF
Data berhasil dikirim ke ThingSpeak
```

Gambar 4.11 Volume Air >6 liter dan Kelembapan >40%

Gambar 4.11 menunjukkan tinggi air 5,05 cm dengan volume 8,68 liter. Karena volume melebihi 6 liter, sistem mengatur relay berdasarkan kelembapan tanah. Karena semua kelembapan di atas 40%, maka semua relay dalam kondisi OFF.




Gambar 4.12 Volume Air > dari 6L (thingspeak)

Gambar 4.12, merupakan grafik pemantauan volume air yang ditampilkan melalui platform *ThingSpeak*. Titik merah menunjukkan bahwa pada pukul 19:18:37, volume air tercatat sebesar 8,68 liter. Data ini membantu sistem dalam menentukan mode kerja relay, apakah berdasarkan kelembapan tanah atau langsung menyalakan semua pompa.

Petani dapat memantau kelembapan tanah melalui *ThingSpeak* untuk mengetahui apakah sawah sudah teraliri air. Sensor membaca kondisi tanah secara langsung dan perubahan kelembapan ditampilkan beserta waktunya. Jika nilai kelembapan tinggi, artinya sawah telah teraliri, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.13.

Data Kelembapan Sawah 6 (>40%) pada ThingSpeak

Gambar 4.13 Data Kelembapan Sawah 6 (>40%) pada ThingSpeak

C. Skenario 3 : Volume Air > 6 Liter kelembapan ≤ 40%

Pada skenario ketiga ini, sistem diuji ketika volume air di irigasi berada pada kondisi di atas 6 liter. Berdasarkan aturan logika yang telah dirancang, apabila volume air di atas 6 liter, maka pompa air akan hidup dan mati sesuai dengan kondisi kelembapan tanah. Ketika sensor kelembapan tanah berada kurang dari 40%, maka semua relay akan ON(hidup) dan pompa air juga akan hidup, Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Volume Air >6 liter dan kelembapan ≤ 40%

| NO | Sensor Kelembapan | kelembapan% | RELAY | POMPA AIR | Data Dikirim ke Thingspeak |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Sawah A | 32% | ON | ON | 14:46:49 |
| 2 | Sawah B | 19% | ON | ON | 14:46:49 |
| 3 | Sawah C | 18% | ON | ON | 14:46:49 |
| 4 | Sawah D | 36% | ON | ON | 14:46:49 |
| 5 | Sawah E | 33% | ON | ON | 14:46:49 |
| 6 | Sawah F | 15% | ON | ON | 14:46:49 |

Informasi mengenai kelembapan tanah akan ditampilkan pada serial monitor, Gambar 4.14. Seluruh sensor menunjukkan persentase kelembapan rendah yang dikategorikan sebagai kondisi kering, sehingga semua relay diaktifkan untuk menyalakan pompa air. Untuk mempermudah pemantauan secara jarak jauh, maka data dikirim ke dalam *thingspeak*. Dengan *thingspeak* tingkat kelembapan tanah dapat dipantau di mana pun, Gambar 4.15.

```
Volume > 6L: Relay berdasarkan kelembapan
Sensor A: 32% (Kering) - Relay ON
Sensor B: 19% (Kering) - Relay ON
Sensor C: 18% (Kering) - Relay ON
Sensor D: 36% (Kering) - Relay ON
Sensor E: 33% (Kering) - Relay ON
Sensor F: 15% (Kering) - Relay ON
Data berhasil dikirim ke ThingSpeak
```

Gambar 4.14 Volume Air >6 Liter dan Kelembapan ≤ 40%

Data Kelembapan Sawah 6 (≤ 40%) pada ThingSpeak

Gambar 4.15 Data Kelembapan Sawah 6 (≤ 40%) pada ThingSpeak

## 4.3 Pembahasan

### 4.3.1 Pembahasan Kalibrasi Sensor kelembapan Tanah

Kalibrasi sensor kelembapan tanah dilakukan untuk mengetahui dan menentukan batas nilai dianggap basah dan dianggap kering. Proses ini sangat penting dilakukan untuk menafsirkan pembacaan sensor dengan lebih akurat. Proses kalibrasi sensor ini memunculkan nilai digital. Nilai digital ini di rubah dari sinyal analog (tegangan dalam Volt) yang nantinya akan digunakan sebagai masukan (inputan) titik terlembapnya dan titik terkeringnya.

Nilai digital ini berasal dari ADC (*Analog to Digital Converter*) yang ada di ESP32. ADC ini mengubah sinyal analog menjadi digital. ESP32 menggunakan ADC 12-bit dengan nilai terendah di 0 dan nilai tertingginya di 4095 (sensor kelembapan tanah mendeteksi kering). 12-bit berarti memiliki 12 digit biner (1 atau 0), dalam hal ini karena nilai digital berbentuk desimal dan memiliki nilai tertinggi 4095, itu berarti memiliki nilai biner 111111111111.

ESP32 membaca sinyal analog dengan tegangan maksimal di 3.3v. Tegangan yang keluar ketika sensor kelembapan tanah membaca lembap dan kering dapat diketahui melalui pembacaan nilai ADC. Nilai ADC ini dikonversi menjadi tegangan menggunakan rumus (2.1).

Dout = nilai digital hasil ADC (misalnya: 2640 nilai ketika basah/lembap)

Dmax = nilai maksimum ADC (untuk ESP32 12-bit: 4095)

Vmax = referensi tegangan maksimal (ESP32 di 3.3 Volt)

Vout = sinyal analog (tegangan dalam Volt)

perhitungan :

$$Vout = \frac{Dout}{Dmax} \times Vmax$$

$$Vout = \frac{2640}{4095} \times 3.3$$

$$Vout = 2.13\text{Volt}$$

Dengan nilai Vout = 2.13 Volt, menunjukkan ketika sensor kelembapan tanah membaca lembap, sensor mengeluarkan tegangan volt yang lebih rendah. Tegangan inilah yang dibaca ESP32 dan di rubah dalam

bentuk biner. Dan biner ini di rubah menjadi angka desimal, angka desimal inilah yang menjadi nilai digital. Dari rumus tersebut bisa juga untuk mencari nilai digitalnya dengan mengubah rumus (2.1), dengan syarat Vout sudah diketahui. Berikut adalah rumus :

$$Dout = \frac{Vout}{Vmax} \times Dmax$$

Nilai Dout dapat diketahui dengan menggunakan pemrograman. Pemrograman tersebut mempermudah kita dalam mengetahui nilai sinyal analog yang sudah diubah menjadi nilai digital. Pemrograman ini menggunakan platform Arduino IDE(*Integrated Development Environment*), gambar 4.16.

```
const int sensorPins[6] = {33, 32, 35, 34, 39, 36};
const char* sensorNames[6] = {"A", "B", "C", "D", "E", "F"};

void setup() {
  Serial.begin(115200);
}

void loop() {
  for (int i = 0; i < 6; i++) {
    int nilai = analogRead(sensorPins[i]);
    Serial.print("Sensor ");
    Serial.print(sensorNames[i]);
    Serial.print(" (Pin ");
    Serial.print(sensorPins[i]);
    Serial.print(") : ");
    Serial.println(nilai);
  }

  Serial.println("====================");
  delay(1000);
}
```

Gambar 4.16 Program Kalibrasi Sensor Kelembapan Tanah

Gambar 4.16, diperlihatkan bahwa ada 6 sensor kelembapan tanah sekaligus yang diberi nama A sampai F. Kemudian kecepatan komunikasi transfer data yang akan dikirimkan ke serial monitor dibuat menjadi 115200. Pada bagian loop(), keenam sensor dibaca satu persatu menggunakan perulangan, dan ditampilkan ke serial monitor secara berurutan, saking cepatnya pembacaan sensor sampai terlihat seperti dibaca secara bersamaan. Delay(1000) berfungsi untuk memberikan jeda selama satu detik untuk satu siklus perulangan pembacaan enam sensor.

Pada tabel 4.1 dan 4.2 diketahui bahwa semakin lembap maka nilai digitalnya semakin rendah. Sebaliknya, semakin tinggi nilai digital yang dihasilkan maka semakin kering kondisi media tanam. Pola ini menunjukkan bahwa sensor kelembapan tanah memberi respons perubahan kadar kelembapan dengan menghasilkan nilai digital yang sebanding dengan tingkat kekeringan. Akan tetapi dilihat pada tabel 4.1, nilai digital pada sensor mengalami perubahan yang tidak konsisten, ini menunjukkan sensor kelembapan tanah YL-69 kurang bagus dalam membaca akurasi kelembapan.

### 4.3.2 Pembahasan Volume Air Pada Irigasi

Pada sistem ini, sensor jarak digunakan untuk mengukur ketinggian air pada irigasi. Sensor bekerja dengan memancarkan gelombang ultrasonik dan mengukur waktu pantulan gelombang ultrasonik pada air seperti pada rumus (2.2). Berikut rumus setelah di masukan ke program, gambar 4.17.

```
float getWaterHeight() {
  digitalWrite(trigPin, LOW);
  delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(trigPin, HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigPin, LOW);

  long duration = pulseIn(echoPin, HIGH, 30000);
  float distance = duration * 0.034 / 2;
  float tinggiAir = tinggiSensorDariDasar - distance;
  return (tinggiAir > 0) ? tinggiAir : 0;
}
```

Gambar 4.17 Program Menghitung Tinggi Air

Gambar 4.17 diperlihatkan program untuk menghitung ketinggian air. Pada baris pertama terdapat fungsi getWaterHeight(), fungsi inilah yang digunakan untuk menghitung tinggi permukaan air dari jarak pantulan gelombang ultrasonik. Trigpin low dengan delay 2 mikrodetik berfungsi untuk membersihkan sinyal sebelumnya dengan mematikan trigpin. Trigpin High(mengaktifkan pin trigger) selama 10 mikro detik dan dilanjutkan dengan trigpin Low(mematikan lagi) berfungsi untuk memicu HC-SR04 untuk mengirimkan sinyal gelombang ultrasonik (frekuensi 40 kHz) ke arah depan, karena jika lebih rendah dari itu maka sensor HC-SR04 tidak akan

membaca gelombang ultrasonik 40kHz. PulseIn() digunakan untuk mengukur durasi(waktu tempuh) pin echopin dalam keadaan HIGH, pin ini akan membaca high selama ada gelombang ultrasonik yang masuk kedalam sensor. 30.000 digunakan untuk timeout, jika dalam waktu 30.000 mikrodetik tidak ada sinyal, maka program akan dilanjutkan ke baris berikutnya. Kemudian setelah waktu tempuh masuk, di masukan ke dalam rumus perhitungan dan ketemulah nilai jaraknya dari permukaan air ke sensor. Jarak peletakan sensor dari dasar air dikurangi dengan jarak permukaan air ke sensor untuk mengetahui ketinggian air dari dasar air.

Sensor jarak digunakan untuk mengukur tinggi permukaan air dari dasar air, hasil nilai tinggi permukaan air dikalikan dengan panjang dan lebar irigasi. Hasil pengukuran ini menjadi nilai volume air yang ada di miniatur irigasi. Data ketinggian air ini berfungsi sebagai pengambilan keputusan sistem dalam penentuan distribusi air ke sawah. Berikut adalah rumus dasar (2.3), yang digunakan untuk menentukan volume air di irigasi dan setelah di masukan ke dalam program, Gambar 4.18 :

```
float tinggiAir = getWaterHeight();
float volumeAirML = panjang * lebar * tinggiAir;
float volumeAirL = volumeAirML / 1000.0;
```

Gambar 4.18 Program Menghitung Volume Air

Diketahui bahwa tinggi air saat pengujian berada di kisaran ± 2.4cm, Gambar 4.6. Nilai ini diukur secara manual menggunakan penggaris. Pengujian dilakukan sebanyak 2 kali, masing-masing pengujian diambil datanya sebanyak 5 nilai, sebagaimana yang terlihat dari Tabel 4.3 dan Tabel 4.4. Dari kedua tabel tersebut tercatat volume air berkisar antara 4.03 dan 4.06 liter, dengan ketinggian air stabil di antara 2.35 hingga 2.36 cm.

Seluruh data hasil pengukuran tersebut di kirim ke platform *thingspeak,* seperti pada gambar 4.7 dan gambar 4.8. Miniatur irigasi berukuran Panjang 43 cm dan lebar 40 cm, dengan menggunakan rumus (4.3), volume air dapat dihitung secara logis sesuai dengan pembacaan tinggi air. Hal ini menunjukkan sistem dapat membaca dan mengirimkan volume air dengan konsisten dan cukup akurat.

### 4.3.3 Pembahasan Pengujian Fungsi Sistem

Nilai kelembapan tanah pada sensor kelembapan tanah dipengaruhi oleh nilai ADC yang ada pada ESP32. Nilai ini masih berbentuk digital dengan resolusi 12-bit, menghasilkan rentang nilai 0-4095. Untuk mempermudah pembacaan tingkat kelembapan, maka diperlukan konversi ke dalam bentuk persen(%). Untuk mengubah nilai digital tersebut ke dalam persen, dibutuhkan rumus (2.4) :

Rumus (2.4) dapat disederhanakan dengan menggunakan fungsi map() pemrograman arduino. Fungsi map() secara otomatis dapat mengubah nilai digital dalam satu rentang ke rentang lainnya, sesuai dengan rumus (2.4) sebelumnya. Berikut adalah fungsi map() pada pemrograman arduino:

```
int kelembapanPercent = map(sensorValues[i], nilaiKering, nilaiBasah, 0, 100);
```

Gambar 4.19 Fungsi Map()

Gambar 4.19, fungsi map() memiliki lima parameter. Parameter pertama adalah sensorValues[i], parameter ini adalah nilai ADC nilai yang dibaca dari sensor kelembapan tanah. Parameter kedua dan ketiga, nilaiKering dan nilaiBasah, merupakan variabel untuk mewakili kondisi masing-masing ketika tanah paling basah dan paling kering. Nilai paling basahnya diambil pada nilai rata-rata di tabel 4.1 dan nilai paling keringnya diambil pada nilai rata-rata di tabel 4.2. Parameter keempat dan kelima, 0 dan 100, adalah rentang nilai keluaran dalam bentuk int. keluaran ini sudah mewakili 0-100 tapi masih belum dalam outputan persen (%). Agar ketika output dalam kondisi persen (%), maka ditambahkan simbol “%” pada fungsi print, gambar 4.20. Nilai keluaran fungsi map() adalah integer, jadi ketika ada hasil koma makan akan langsung dibulatkan.

```
Serial.print(kelembapanPercent);
Serial.print("% ");
```

Gambar 4.20 Menambahkan "%" Dalam Fungsi Print

Diperlihatkan dalam tabel 4.5 ketika volume air ≤ 6 liter semua relay yang mengarah pada masing-masing sawah akan hidup(ON). Ketika relay hidup maka pompa air juga akan hidup(ON) secara otomatis. Hal ini

menunjukkan logika pemrograman berjalan dengan baik. Data volume air yang kurang dari 6 Liter ini dikirim ke *thingspeak,* bisa dilihat pada gambar 4.10.

Dalam tabel 4.6 diperlihatkan volume air kurang dari 6 liter dan kelembapan tanah berada di atas 40%. Dalam kondisi tersebut semua relay akan mati(OFF) dan pompa air juga akan mati(OFF) secara otomatis. Hal ini menunjukkan logika pemrograman berjalan dengan baik. Data kelembapan ini dikirim ke *thingspeak* seperti yang ditunjukkan dalam gambar 4.12.

Pada tabel 4.7 diperlihatkan volume air kurang dari 6 liter dan kelembapan tanah berada di bawah 40%. dalam kondisi tersebut semua relay akan hidup(ON) dan pompa air juga akan hidup(ON) secara otomatis. Hal ini menunjukkan logika pemrograman berjalan dengan baik. Data kelembapan ini dikirim ke *thingspeak* seperti yang ditunjukkan dalam gambar 4.15.

Dalam tabel 4.1, data nilai ADC kondisi lembap, nilai digital menunjukkan ke tidak konsistenan. Hal ini yang akan mempengaruhi nilai persentase (%) pada kondisi lembap bisa menjadi lebih tinggi dari 100% batas nilai maksimal kelembapan, Tabel 4.6. Berbeda dengan Data nilai ADC kondisi kering yang konsisten di 4095, Tabel 4.2.

Untuk membatasi nilai persentase agar tidak melebihi 100%, maka perlu digunakan fungsi constrain() setelah proses konversi dengan map(), Gambar 4.21. Fungsi ini memastikan ketika nilainya kurang dari 0 atau lebih dari 100 akan di bulatkan pada batas maksimal rentang tersebut. Misal nilainya di angka 120, makan akan di bulatkan menjadi 100, Tabel 4.8.

```
int kelembapanPercent = map(sensorValues[i], nilaiKering, nilaiBasah, 0, 100);
kelembapanPercent = constrain(kelembapanPercent, 0, 100);
```

Gambar 4.21 Fungsi Constrain()

Tabel 4.8 Kelembapan Setelah Diberi fungsi Constrain()

| NO | Sensor Kelembapan | kelembapan% | RELAY | POMPA AIR | Data Dikirim ke Thingspeak |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Sawah A | 100% | OFF | OFF | 19:49:40 |
| 2 | Sawah B | 79% | OFF | OFF | 19:49:40 |
| 3 | Sawah C | 73% | OFF | OFF | 19:49:40 |

| NO | Sensor Kelembapan | kelembapan% | RELAY | POMPA AIR | Data Dikirim ke Thingspeak |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 | Sawah D | 100% | OFF | OFF | 19:49:40 |
| 5 | Sawah E | 82% | OFF | OFF | 19:49:40 |
| 6 | Sawah F | 100% | OFF | OFF | 19:49:40 |

### 4.3.4 Pembahasan Peran IoT

Gambar 4.22 Batasan Delay Pada Thingspeak

Internet of Things (IoT) merupakan komponen penting dalam pengairan sawah otomatis pada penelitian ini. IoT memungkinkan perangkat keras seperti sensor kelembapan tanah, sensor jarak dan mikrokontroler saling terhubung untuk mengirimkan data secara real-time ke platform *ThingSpeak.* Dalam penelitian ini, *ThingSpeak* menggunakan kategori gratis (*free*), Dimana kategori gratis ini pembaharuan pesan memiliki batasan selang waktu setiap 15 detik, gambar 4.22. *ThingSpeak* berfungsi sebagai platform IoT untuk pembacaan sensor dalam bentuk grafik,.

Penerapan IoT memberikan kemudahan bagi petani dalam Melakukan pemantauan tanpa harus datang ke lokasi. Informasi seperti kelembapan tanah dan volume air di irigasi dapat dipantau secara jarak jauh melalui internet. Hal ini sangat berguna untuk para petani saat tidak berada di lokasi sawah.

Pada subbab 4.2.3, data *ThingSpeak* diperlihatkan mampu menampilkan data secara baik. Grafik perubahan kelembapan dan volume air ditampilkan dengan baik. Hal ini menunjukkan bahwa sistem berbasis

IoT yang dikembangkan sesuai dengan fungsinya dapat memberikan informasi aktual secara jarak jauh.

### 4.3.5 Pembahasan Skala Miniatur Jika Dihitung Sebenarnya

Untuk memahami perbandingan antara miniatur dan kondisi sebenarnya, diperlukan perhitungan untuk menentukan dimensi fisik yang digunakan dalam prototipe. Perhitungan ini dilakukan dengan menghitung bagaimana kondisi fisik sebenarnya. Setelah ditemukan ukuran dimensi fisik sebenarnya, baru kita konversi menggunakan rumus (2.5).

Tetapi dalam penelitian ini, miniaturnya dibuat terlebih dahulu. Oleh karena itu, diperlukan cara untuk mengetahui ukuran sebenarnya dengan pendekatan yang terbalik dari rumus di atas. Salah satu langkah yang bisa dilakukan adalah menghitung volume miniatur seperti pada rumus (2.6), kemudian mengalikannya dengan skala tertentu (misalnya 1:10). Skala 1:10 ini dipilih karena mempermudah dalam contoh perhitungan dan visualisasi.

Atau jika ingin mengetahui nilai panjang, lebar dan tingginya masing-masing dalam skala sebenarnya, Tinggal kalikan ukuran masing-masing pada miniatur dengan faktor skalanya terlebih dahulu. Setelah itu, baru di hitung volumenya menggunakan rumus dasar mencari volume. Rumus dasar volume telah dijelaskan dalam subbab 4.3.2. Berikut adalah perhitungan skala miniatur dalam penelitian ini :

A. Skala Irigasi

Pada miniatur sistem irigasi yang digunakan memiliki dimensi panjang 43 cm, lebar 40 cm dan tinggi maksimum air 6 cm. Berdasarkan perhitungan volume menggunakan rumus (2.3), kapasitas air maksimum sebesar 10.320 $cm^3$ atau setara dengan 10.32 liter. Volume inilah yang dijadikan sebagai acuan kapasitas maksimum air dalam miniatur irigasi. Volume ini selanjutnya dikonversi ke ukuran sebenarnya untuk mengetahui simulasi ukuran sebenarnya. Jika kita menggunakan skala 1:10 dengan volume air 10.32 $cm^3$, maka hasilnya dapat dihitung menggunakan rumus (2.6):

Volume sebenarnya = Volume miniatur × $(\text{Skala})^3$

Volume sebenarnya = $10.320 \times (10)^3$

Volume sebenarnya = 10.320 × 1000

Volume sebenarnya = 10.320.000 $cm^3$

Volume sebenarnya = 10.320.000/1000 = 10.320 liter

Dengan perhitungan tersebut, dapat diketahui bahwa kapasitas miniatur sebesar 10.32 liter mewakili 10.320 liter dalam skala sebenarnya. Hasil ini dapat membantu dalam merepresentasikan miniatur jika dalam kondisi sebenarnya.

B. Skala Sawah

Setiap kotak sawah pada miniatur yang digunakan dalam penelitian ini memiliki volume sebesar 500 ml. Informasi mengenai kapasitas ini tertulis secara langsung pada bagian bawah wadah. Dengan volume yang sudah tercantum ini memastikan bahwa setiap unit sawah pada miniatur memiliki ukuran yang seragam. Volume 500 ml tersebut kemudian menjadi acuan dalam proses penghitungan skala miniatur. Jika pada penelitian ini menggunakan skala 1:10 dengan ukuran sawah 500ml, berikut adalah perhitungannya menggunakan rumus (2.6):

Volume sebenarnya = Volume miniatur × $(Skala)^3$

Volume sebenarnya = 500 × $(10)^3$

Volume sebenarnya = 500 × 1000

Volume sebenarnya = 500.000 ml = 500 liter

Dengan demikian, dapat diketahui bahwa setiap kotak sawah miniatur yang memiliki kapasitas 500 ml mewakili sebuah petak sawah sebenarnya dengan volume air sebesar 500 liter. Perhitungan skala menunjukkan bahwa setiap 1 satuan pada miniatur sama dengan 10 satuan kondisi sebenarnya. Hal ini menunjukkan bahwa miniatur dapat mensimulasikan kondisi lapangan.