

BAB IV

PEMBUATAN ALAT

4.1 Pembuatan Prototype

Dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini, dibutuhkan metode perancangan yang sistematis dan terstruktur guna menghasilkan suatu sistem yang berfungsi secara optimal dan sesuai dengan tujuan penelitian. Bab ini akan membahas tahapan pembuatan alat secara menyeluruh, mulai dari proses perencanaan, pemilihan komponen, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, hingga integrasi sistem secara keseluruhan. Setiap tahapan yang dilalui memiliki keterkaitan erat dalam Pengembangan Smart Farming Hidroponik dengan Kontrol Otomatis Suhu, Kelembaban, dan Nutrisi. Secara umum, proses pembuatan alat dibagi menjadi dua tahapan utama, yaitu:

a. **Pembuatan Perangkat Keras (Hardware)**

Tahap pembuatan perangkat keras diawali dengan menyiapkan komponen yang digunakan, yaitu mikrokontroler ESP32, sensor DHT22, sensor TDS, modul relay, pompa air, kipas, catu daya, serta komponen pendukung lainnya. Selanjutnya, seluruh komponen dirangkai sesuai dengan desain sistem yang telah dibuat.

Sensor DHT22 berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban udara, sedangkan sensor TDS digunakan untuk mengukur kadar nutrisi pada larutan hidroponik. Data dari kedua sensor diproses oleh ESP32 untuk mengendalikan pompa air dan kipas melalui modul relay secara otomatis sesuai kondisi yang telah ditentukan. Seluruh komponen diintegrasikan menjadi satu sistem yang mampu melakukan monitoring dan kontrol kondisi hidroponik secara real-time berbasis Internet of Things (IoT)

b. **Pembuatan Perangkat Lunak (Software)**

Tahapan ahapan ini mencakup proses pengembangan program yang diimplementasikan pada mikrokontroler ESP32. Program dirancang untuk membaca data dari sensor DHT22 dan sensor TDS, kemudian mengolah data tersebut sebagai dasar dalam mengendalikan aktuator seperti pompa air dan kipas secara otomatis sesuai dengan nilai ambang yang telah ditentukan.

Pengembangan perangkat lunak dilakukan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++. Sistem juga dilengkapi dengan konektivitas WiFi sehingga data hasil monitoring dapat dikirim ke platform Internet of Things (IoT) untuk dipantau secara real-time. Selain itu, informasi suhu, kelembaban, dan kadar nutrisi ditampilkan pada LCD I2C sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem secara langsung. Dengan integrasi perangkat lunak tersebut, sistem smart farming hidroponik mampu melakukan monitoring dan pengendalian secara otomatis, real-time, serta dapat diakses dari jarak jauh

4.2 Alat dan Bahan

Dalam menjalankan proyek tugas akhir, ada berbagai kebutuhan utama dan pendukung yang harus dipenuhi agar pengembangan berjalan optimal. Identifikasi kebutuhan ini menjadi langkah krusial karena akan menghasilkan daftar komprehensif mengenai komponen dan sumber daya yang diperlukan. Tabel 4.1 memperlihatkan daftar kebutuhan tersebut, berperan sebagai landasan dalam perancangan dan pembuatan perangkat, memastikan sistem yang dikembangkan sesuai dengan spesifikasi teknis serta tujuan penelitian. Dengan identifikasi yang jelas, risiko kesalahan dalam pemilihan komponen atau pengalokasian sumber daya dapat diminimalkan, sehingga proyek dapat berjalan lebih efisien dan sesuai dengan rencana.

Tabel 4-1 Bahan Pembuatan Tugas Akhir

No	Komponen	Jumlah
1	Mikrokontroler	1
2	Sensor DHT22	1
2	Sensor TDS Meter	1
3	Sensor pH Meter	1
4	LCD 16 X 2	1
5	Buck Converter MP1584	1
6	Pompa Air DC 12 V	1
7	Kipas DC 12 V	1

No	Komponen	Jumlah
8	MOSFET IRF540N	4
9	Optocoupler PC817A	4
10	Adaptor 12 V	1
11	Connector	1
12	Terminal Block	3
13	PCB	1

Berdasarkan Tabel 4.1 sistem Smart Farming Hidroponik Berbasis Internet of Things (IoT) terdiri atas beberapa komponen utama yang saling terintegrasi untuk melakukan monitoring dan pengendalian suhu, kelembaban, serta kadar nutrisi larutan hidroponik secara otomatis dan real-time. Sistem ini dirancang untuk membantu menjaga kondisi lingkungan tanaman tetap berada pada rentang yang optimal sehingga dapat mendukung pertumbuhan tanaman hidroponik.

ESP32 Type-C digunakan sebagai pusat kendali sistem yang bertugas membaca data dari sensor, mengolah hasil pengukuran, serta mengendalikan aktuator berdasarkan kondisi yang terdeteksi. Selain itu, ESP32 memanfaatkan konektivitas WiFi untuk mengirimkan data hasil monitoring ke platform Internet of Things (IoT) sehingga kondisi sistem dapat dipantau secara real-time dari jarak jauh.

Pengukuran suhu dan kelembaban udara dilakukan menggunakan sensor DHT22. Sensor ini membaca kondisi lingkungan di sekitar tanaman secara real-time, kemudian data tersebut digunakan sebagai acuan untuk mengendalikan kipas apabila suhu melebihi batas yang telah ditentukan. Sementara itu, sensor TDS digunakan untuk mengukur kadar nutrisi pada larutan hidroponik dalam satuan ppm (parts per million), sedangkan sensor pH digunakan untuk mengukur tingkat keasaman larutan nutrisi agar tetap berada pada rentang yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman.

Sistem juga dilengkapi dengan LCD I2C 16×2 yang berfungsi sebagai media monitoring lokal untuk menampilkan informasi suhu, kelembaban, nilai TDS, dan pH secara langsung. Dengan adanya LCD, pengguna dapat mengetahui kondisi sistem tanpa harus mengakses platform IoT.

Untuk proses pengendalian, sistem menggunakan pompa air sebagai aktuator yang berfungsi untuk menyalurkan atau mensirkulasikan larutan nutrisi, serta kipas DC yang berfungsi menjaga suhu lingkungan tetap stabil. Kedua aktuator dikendalikan oleh ESP32 melalui rangkaian driver MOSFET IRF540N dan optocoupler PC817A sehingga proses kontrol dapat dilakukan secara otomatis sesuai dengan hasil pembacaan sensor.

Agar seluruh rangkaian dapat bekerja dengan baik, sistem menggunakan catu daya 12 V sebagai sumber tegangan utama dan modul step-down MP1584 untuk menurunkan tegangan menjadi 3,3 V sesuai kebutuhan ESP32 dan sensor. Dengan integrasi seluruh komponen tersebut, sistem smart farming hidroponik mampu melakukan monitoring dan pengendalian kondisi lingkungan tanaman secara otomatis, real-time, serta mendukung pengelolaan budidaya hidroponik yang lebih efisien.

Tabel 4-2 Alat yang digunakan

No	Nama Alat	Jumlah
1	Multimeter	1
2	Solder	1
3	Penyedot Timah	1
4	Tang Potong	1
5	Bor tangan	1
6	Obeng (-)	1
7	Obeng (+)	1
8	Cairan Pelarut	1
9	Gunting	1
10	Lux Meter	1

Pada Tabel 4.2, proses pembuatan dan pengujian Sistem Smart Farming Hidroponik Berbasis Internet of Things (IoT) memerlukan beberapa alat pendukung, yaitu multimeter, solder, penyedot timah, tang potong, bor tangan, dan obeng (-). Alat-alat tersebut digunakan dalam proses perakitan rangkaian elektronik, pemasangan

komponen seperti ESP32, sensor DHT22, sensor TDS, sensor pH, LCD I2C,

serta aktuator berupa pompa air dan kipas. Selain itu, alat-alat tersebut juga digunakan pada proses pembuatan prototype dan pengujian sistem untuk memastikan seluruh komponen dapat bekerja dengan baik sesuai dengan rancangan yang telah dibuat.

4.3 Pembuatan Perangkat Keras

Proses pengembangan perangkat keras diawali dengan melakukan studi literatur dan pengumpulan referensi dari berbagai sumber terpercaya, seperti buku, jurnal ilmiah, serta penelitian terdahulu yang berkaitan dengan sistem yang serupa. Tahap ini kemudian dilanjutkan dengan melakukan analisis untuk memahami prinsip kerja sistem, menentukan kebutuhan komponen, serta mengumpulkan informasi yang diperlukan sebagai dasar dalam perancangan dan implementasi perangkat keras agar sistem dapat bekerja secara optimal.

4.3.1 Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik dilakukan untuk menghasilkan prototype sistem Smart Farming Hidroponik Berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu menempatkan seluruh komponen secara terintegrasi sehingga mudah dioperasikan dan dilakukan proses monitoring. Pada tahap ini, perancangan difokuskan pada penempatan bak hidroponik, project box, sensor DHT22, sensor TDS, sensor pH, LCD I2C, serta aktuator berupa pompa air dan kipas agar sistem dapat bekerja secara optimal.

Bak hidroponik digunakan sebagai media utama untuk menampung larutan nutrisi dan tempat pertumbuhan tanaman. Project box dipasang di sisi rangka hidroponik sebagai tempat penyimpanan komponen elektronik, seperti ESP32, modul step-down MP1584, rangkaian driver MOSFET, dan komponen pendukung lainnya. Penggunaan project box bertujuan untuk melindungi komponen elektronik dari percikan air, debu, maupun gangguan lingkungan yang dapat memengaruhi kinerja sistem.

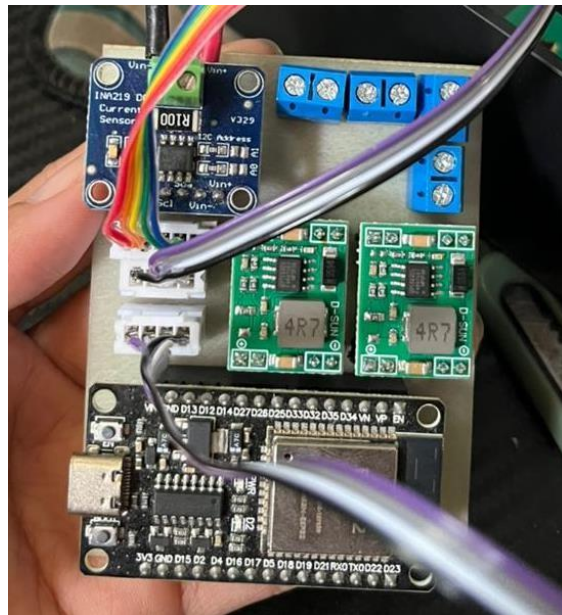
Sensor DHT22 ditempatkan pada area tanam untuk mengukur suhu dan kelembaban udara di sekitar tanaman secara real-time. Sementara itu, sensor TDS dan sensor pH dipasang pada bak nutrisi agar dapat mengukur kadar nutrisi dan

tingkat keasaman larutan secara langsung. LCD I2C dipasang pada bagian depan project box sehingga informasi suhu, kelembaban, nilai TDS, dan pH dapat ditampilkan dengan jelas kepada pengguna. Pompa air dan kipas dipasang pada posisi yang sesuai agar proses sirkulasi nutrisi dan pengaturan suhu dapat bekerja secara optimal sesuai dengan hasil pembacaan sensor

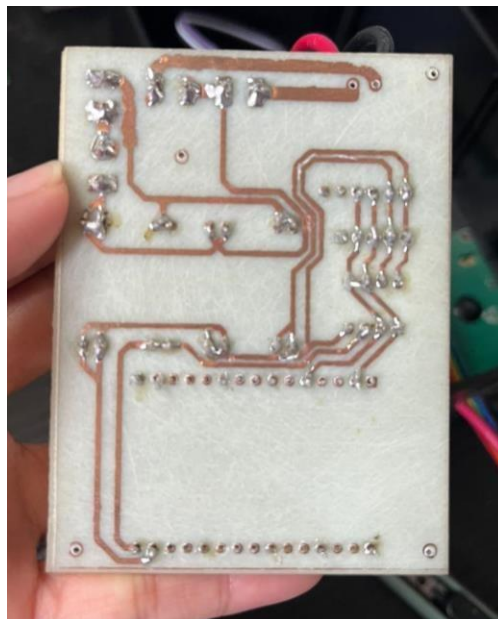
4.3.2 Perancangan Elektrik

Setelah Setelah tahap pembuatan perangkat keras selesai, langkah selanjutnya adalah melakukan perancangan prototype secara menyeluruh yang mencakup integrasi seluruh komponen elektronik pada sistem Smart Farming Hidroponik Berbasis Internet of Things (IoT). Perancangan ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap komponen dapat bekerja secara optimal sesuai dengan fungsinya, sehingga sistem mampu melakukan monitoring suhu, kelembaban, kadar nutrisi (TDS), dan pH larutan hidroponik serta mengendalikan pompa air dan kipas secara otomatis.

Selain itu, perancangan juga mempertimbangkan aspek kemudahan penggunaan, keamanan penempatan komponen, serta keandalan sistem selama proses monitoring dan pengendalian berlangsung. Posisi dan tata letak komponen, seperti ESP32, sensor DHT22, sensor TDS, sensor pH, LCD I2C, modul driver, dan catu daya menjadi acuan dalam proses perancangan serta pencetakan PCB agar seluruh rangkaian dapat terhubung dengan baik dan bekerja sesuai dengan rancangan yang telah dibuat.



Gambar 4. 1 Penempatan Komponen

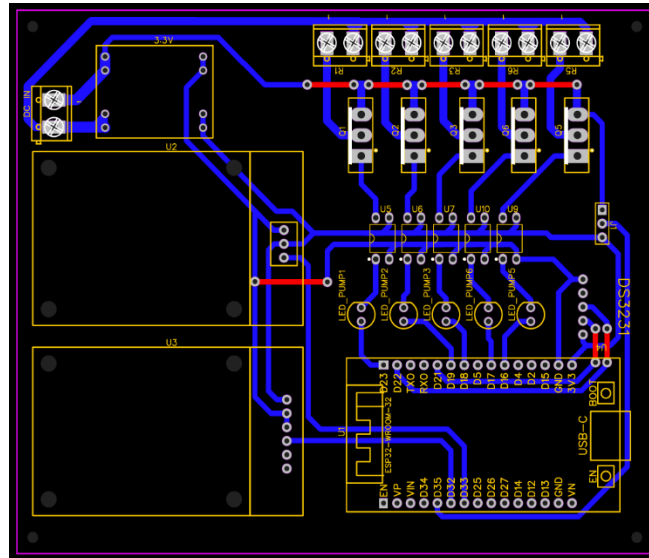


Gambar 4. 2 Jalur PCB

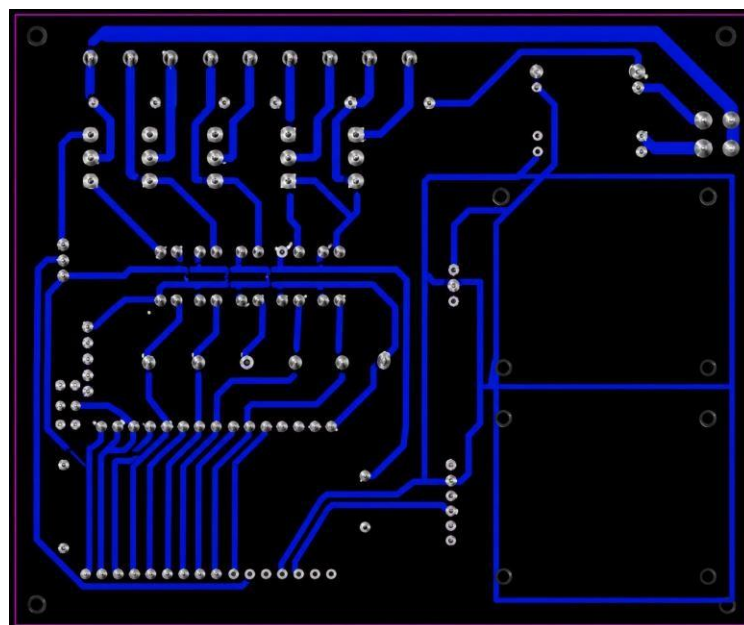
4.3.3 Perancangan PCB

Untuk meningkatkan kerapian, keandalan, dan efisiensi dalam pemasangan komponen elektronik, sistem monitoring kinerja panel surya berbasis Internet of Things (IoT) pada penelitian ini dirancang menggunakan Printed Circuit Board (PCB) khusus. Penggunaan PCB bertujuan untuk mengintegrasikan seluruh komponen utama ke dalam satu papan rangkaian sehingga hubungan antar

komponen menjadi lebih teratur, mempermudah proses perakitan, serta mengurangi kemungkinan kesalahan pemasangan kabel.



Gambar 4. 3 Layout Depan PCB



Gambar 4. 4 Layout Belakang PCB

Pada Pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 ditunjukkan desain PCB yang digunakan pada Sistem Smart Farming Hidroponik Berbasis Internet of Things (IoT). PCB tersebut berfungsi sebagai media penghubung seluruh komponen utama sistem yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32. Melalui PCB ini, jalur

distribusi catu daya, komunikasi data, serta koneksi antar sensor dan aktuator disusun secara terintegrasi sehingga sistem dapat bekerja dengan stabil serta memudahkan proses pemasangan, perawatan, dan pengembangan perangkat.

Pada bagian kiri PCB terdapat terminal masukan catu daya (Power Input) yang menerima tegangan sebesar 12 Volt DC dari adaptor. Tegangan tersebut kemudian didistribusikan ke modul step-down MP1584 yang berfungsi menurunkan tegangan menjadi 3,3 Volt sesuai kebutuhan ESP32, sensor DHT22, sensor TDS, dan sensor pH. Penggunaan modul step-down bertujuan agar setiap komponen memperoleh tegangan kerja yang sesuai sehingga sistem dapat beroperasi dengan aman dan stabil.

Pada bagian tengah PCB terdapatudukan ESP32 Type-C yang berfungsi sebagai pusat kendali sistem. ESP32 menerima data dari sensor DHT22 berupa suhu dan kelembaban udara, sensor TDS yang mengukur kadar nutrisi larutan hidroponik, serta sensor pH yang mengukur tingkat keasaman larutan. Data tersebut kemudian diproses berdasarkan algoritma yang telah diprogram untuk menentukan kondisi sistem dan mengendalikan aktuator secara otomatis sesuai nilai ambang yang telah ditentukan.

Pada bagian kanan PCB terdapat konektor untuk sensor DHT22, sensor TDS, sensor pH, dan LCD I2C. Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara di sekitar tanaman, sensor TDS digunakan untuk mengukur kadar nutrisi dalam larutan hidroponik, sedangkan sensor pH digunakan untuk memantau tingkat keasaman larutan agar tetap berada pada rentang yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman. LCD I2C berfungsi sebagai media monitoring lokal yang menampilkan informasi suhu, kelembaban, nilai TDS, dan pH secara real-time, sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem secara langsung.

Selain itu, PCB juga dilengkapi dengan rangkaian driver MOSFET IRF540N dan optocoupler PC817A yang berfungsi sebagai pengendali aktuator. Rangkaian ini digunakan untuk menghubungkan ESP32 dengan pompa air dan kipas DC, sehingga kedua aktuator dapat bekerja secara otomatis berdasarkan hasil pembacaan sensor. Pompa air berfungsi untuk mensirkulasikan atau menambahkan larutan nutrisi, sedangkan kipas digunakan untuk membantu menjaga suhu

lingkungan agar tetap berada pada kondisi yang optimal bagi pertumbuhan tanaman.

Jalur PCB dirancang dengan mempertimbangkan distribusi catu daya dan komunikasi data antar komponen sehingga menghasilkan tata letak yang lebih ringkas, rapi, dan mudah ditelusuri. Penggunaan PCB pada penelitian ini menjadikan sistem lebih terstruktur, mengurangi penggunaan kabel jumper, serta meningkatkan keandalan rangkaian dibandingkan dengan perakitan konvensional. Dengan rancangan tersebut, sistem mampu melakukan monitoring suhu, kelembaban, kadar nutrisi, dan pH secara real-time, serta mengendalikan pompa air dan kipas secara otomatis untuk mendukung penerapan Smart Farming Hidroponik Berbasis Internet of Things.

4.4 Pembuatan Perangkat Lunak (Software)

4.4.1 Inisialisasi Sistem

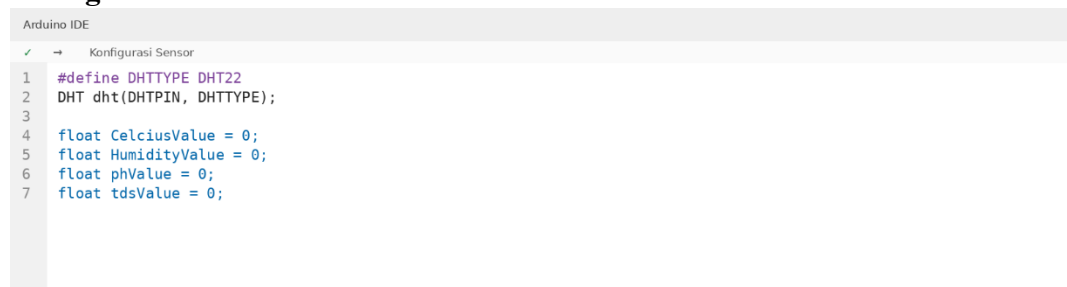


Gambar 4. 5 Inisialisasi Sistem

Gambar 4.5 merupakan kode program yang digunakan untuk melakukan inisialisasi awal sistem *smart farming* hidroponik. Tahap ini diawali dengan pemanggilan beberapa *library* yang diperlukan, yaitu *Arduino.h* untuk fungsi dasar pemrograman ESP32, *EEPROM.h* untuk penyimpanan data, *DHT.h* untuk komunikasi dengan sensor DHT22, *ESP_Google_Sheet_Client.h* untuk komunikasi dengan Google Spreadsheet, serta *WiFiClientSecure.h* untuk mendukung koneksi jaringan secara aman. Selanjutnya, program mendefinisikan pin yang digunakan untuk menghubungkan sensor dan relay dengan ESP32, yaitu GPIO 34 untuk sensor TDS, GPIO 33 untuk sensor DHT22, dan GPIO 32 untuk sensor pH. Beberapa pin

relay juga didefinisikan untuk mengendalikan aktuator sistem. Selain konfigurasi perangkat keras, program mendefinisikan parameter ssid dan password yang digunakan sebagai kredensial koneksi Wi-Fi. Tahap inisialisasi ini bertujuan untuk mempersiapkan seluruh perangkat dan parameter komunikasi sebelum sistem menjalankan proses pembacaan sensor, pengendalian aktuator, serta pengiriman data monitoring.

4.4.2 Konfigurasi Sensor



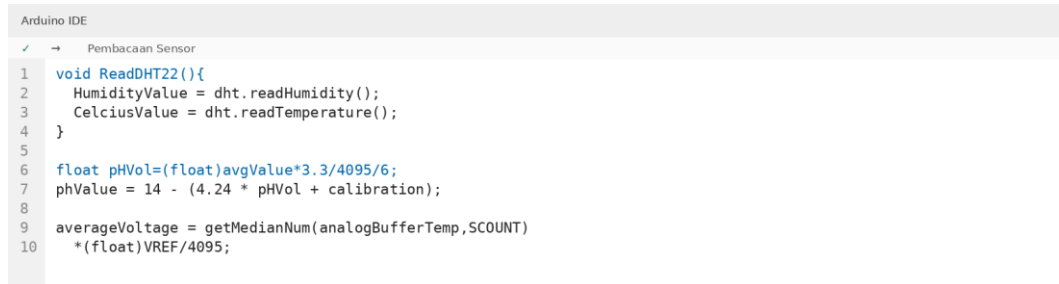
```

Arduino IDE
✓ → Konfigurasi Sensor
1 #define DHTTYPE DHT22
2 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
3
4 float CelciusValue = 0;
5 float HumidityValue = 0;
6 float pHValue = 0;
7 float tdsValue = 0;
  
```

Gambar 4. 6 Konfigurasi Sensor

Gambar 4.6 merupakan kode program yang digunakan untuk melakukan konfigurasi sensor DHT22 serta mendefinisikan variabel penyimpanan hasil pembacaan parameter sistem. Sensor DHT22 dikonfigurasi menggunakan DHTTYPE dengan tipe DHT22, kemudian objek dht dibuat berdasarkan pin sensor dan jenis sensor yang digunakan. Program juga mendefinisikan beberapa variabel bertipe float, yaitu CelciusValue untuk menyimpan nilai suhu, HumidityValue untuk menyimpan nilai kelembaban, pHValue untuk menyimpan nilai pH, dan tdsValue untuk menyimpan nilai konsentrasi nutrisi. Seluruh variabel tersebut diinisialisasi dengan nilai awal nol sebelum proses pembacaan sensor dilakukan. Konfigurasi ini berfungsi menyediakan struktur penyimpanan data sehingga hasil pengukuran dari masing-masing sensor dapat diproses lebih lanjut oleh ESP32 dalam menjalankan sistem monitoring dan kontrol otomatis.

4.4.3 Pembacaan Sensor



```

Arduino IDE
Pembacaan Sensor
1 void ReadDHT22(){
2   HumidityValue = dht.readHumidity();
3   CelciusValue = dht.readTemperature();
4 }
5
6 float pHVol=(float)avgValue*3.3/4095/6;
7 pHValue = 14 - (4.24 * pHVol + calibration);
8
9 averageVoltage = getMedianNum(analogBufferTemp,SCOUNT)
10  *(float)VREF/4095;

```

Gambar 4. 7 Pembacaan Sensor

Gambar 4.7 merupakan kode program yang digunakan untuk melakukan proses pembacaan data dari sensor DHT22, sensor pH, dan sensor TDS. Fungsi ReadDHT22() digunakan untuk memperoleh nilai kelembaban melalui fungsi readHumidity() dan nilai suhu melalui fungsi readTemperature(), kemudian hasil pengukuran disimpan pada variabel HumidityValue dan CelciusValue. Pada sensor pH, sinyal analog yang diperoleh dari sensor dikonversi menjadi tegangan melalui perhitungan pHVol, kemudian digunakan dalam persamaan kalibrasi untuk memperoleh nilai pH pada variabel pHValue. Sementara itu, pembacaan sensor TDS menggunakan metode *median filtering* melalui fungsi getMedianNum() untuk mengurangi pengaruh *noise* pada sinyal analog sebelum tegangan hasil pembacaan dikonversi menjadi nilai TDS. Dengan mekanisme tersebut, ESP32 dapat memperoleh data suhu, kelembaban, pH, dan konsentrasi nutrisi yang selanjutnya digunakan sebagai parameter dalam proses pengambilan keputusan sistem.

4.4.4 Pengendalian Aktuator



```

Arduino IDE
Pengendalian Aktuator
1 if(HumidityValue >= 60 || CelciusValue >= 30){
2   Kipas = true;
3 }else{
4   Kipas = false;
5 }
6
7 if(pHValue >=8){
8   PenurunPh = true;
9   PeningkatPh = false;
10 }else if(pHValue <= 7){
11   PenurunPh = false;
12   PeningkatPh = true;
13 }
14
15 if(tdsValue <= 1250){
16   NutrisiPump = true;
17 }else{
18   NutrisiPump = false;
19 }

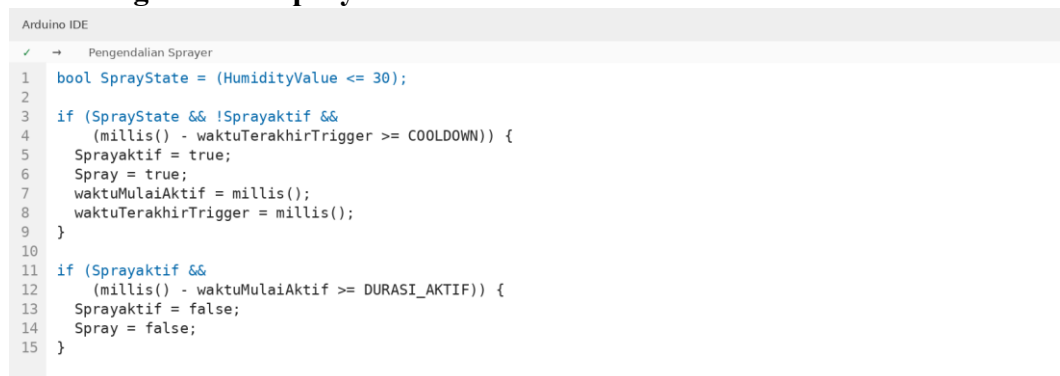
```

Gambar 4. 8 Pengendalian Aktuator

Gambar 4.8 merupakan kode program yang mengimplementasikan proses

pengendalian aktuator berdasarkan hasil pembacaan sensor. Program menggunakan kondisi $\text{HumidityValue} \geq 60 \parallel \text{CelciusValue} \geq 30$ untuk menentukan status kerja kipas, sehingga kipas akan diaktifkan ketika nilai kelembaban mencapai atau melebihi 60% atau suhu mencapai 30°C. Pada parameter pH, program membandingkan nilai phValue dengan batas yang telah ditentukan, yaitu ketika pH mencapai atau melebihi 8 maka pompa penurun pH diaktifkan, sedangkan ketika nilai pH berada pada atau di bawah 7 maka pompa peningkat pH diaktifkan. Selain itu, parameter TDS digunakan untuk mengendalikan pompa nutrisi, di mana pompa nutrisi akan aktif ketika nilai TDS berada pada atau di bawah 1250 ppm dan akan dinonaktifkan ketika nilai tersebut berada di atas batas yang ditentukan. Logika tersebut memungkinkan sistem melakukan pengendalian aktuator secara otomatis berdasarkan kondisi aktual lingkungan dan larutan hidroponik.

4.4.5 Pengendalian Sprayer



```

1  bool SprayState = (HumidityValue <= 30);
2
3  if (SprayState && !Sprayaktif &&
4      (millis() - waktuTerakhirTrigger >= COOLDOWN)) {
5      Sprayaktif = true;
6      Spray = true;
7      waktuMulaiAktif = millis();
8      waktuTerakhirTrigger = millis();
9  }
10
11 if (Sprayaktif &&
12     (millis() - waktuMulaiAktif >= DURASI_AKTIF)) {
13     Sprayaktif = false;
14     Spray = false;
15 }

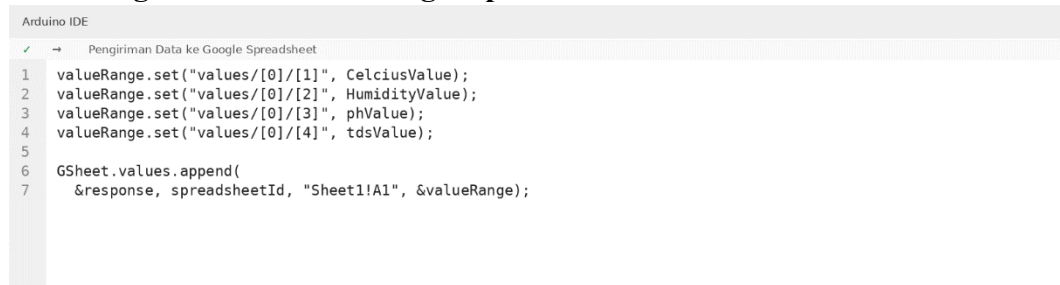
```

Gambar 4. 9 Pengendalian Sprayer

Gambar 4.9 merupakan kode program yang digunakan untuk mengendalikan sistem *sprayer* berdasarkan kondisi kelembaban lingkungan. Variabel *SprayState* digunakan untuk menentukan kondisi aktivasi *sprayer*, yaitu ketika nilai kelembaban berada pada atau di bawah 30%. Program selanjutnya menggunakan variabel *Sprayaktif*, *waktuTerakhirTrigger*, dan *COOLDOWN* untuk mencegah *sprayer* bekerja secara terus-menerus dalam waktu yang berdekatan. Ketika kondisi kelembaban terpenuhi dan waktu *cooldown* telah terlampaui, sistem mengaktifkan *sprayer* melalui variabel *Spray*, kemudian mencatat waktu mulai pengoperasian menggunakan *waktuMulaiAktif*. Durasi pengoperasian *sprayer* dikendalikan menggunakan parameter *DURASI_AKTIF*, yaitu sebesar 5000 ms atau 5 detik,

sedangkan waktu *cooldown* ditetapkan sebesar 600000 ms atau 10 menit. Setelah durasi aktif terpenuhi, sistem secara otomatis menonaktifkan *sprayer*. Mekanisme tersebut dirancang agar proses penyemprotan berlangsung secara terkontrol dan tidak bekerja secara kontinu sehingga penggunaan air dapat lebih teratur.

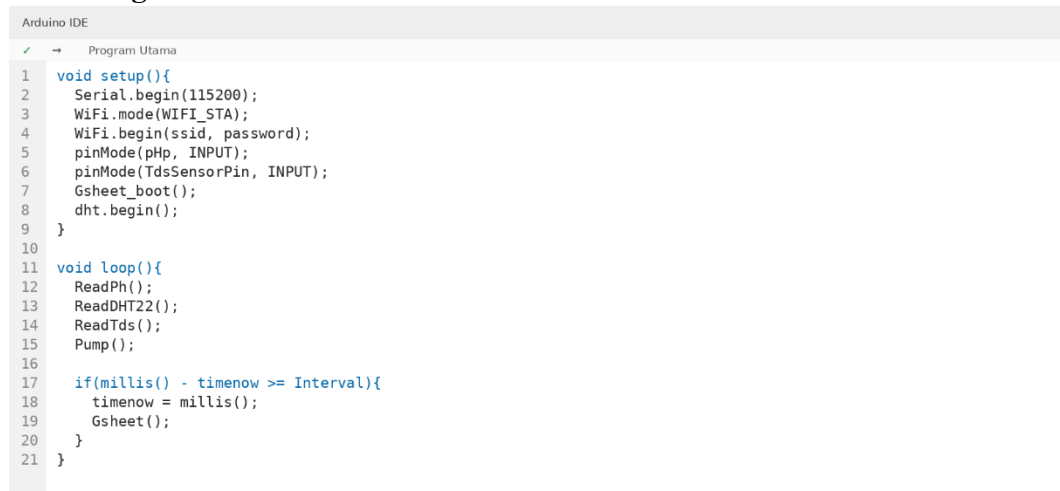
4.4.6 Pengiriman Data ke Google Spreadsheet



Gambar 4. 10 Pengiriman Data ke Google Spreadsheet

Gambar 4.10 merupakan kode program yang digunakan untuk mengirimkan hasil pembacaan sensor menuju Google Spreadsheet sebagai media penyimpanan data monitoring. Program menggunakan objek `valueRange` untuk menyusun data hasil pengukuran ke dalam beberapa kolom, yaitu `CelciusValue` untuk suhu, `HumidityValue` untuk kelembaban, `phValue` untuk pH, dan `tdsValue` untuk konsentrasi nutrisi. Data yang telah disusun kemudian dikirimkan menggunakan fungsi `GSheet.values.append()` menuju `Sheet1` pada Google Spreadsheet. Selain parameter sensor, status aktuator juga dapat dikirimkan melalui fungsi `Gsheet()`. Dengan mekanisme tersebut, hasil monitoring sistem dapat disimpan secara terstruktur pada Google Spreadsheet sehingga data pengukuran dapat digunakan untuk proses pemantauan, dokumentasi, dan analisis kinerja sistem selama pengujian.

4.4.7 Program Utama



```

1 void setup(){
2   Serial.begin(115200);
3   WiFi.mode(WIFI_STA);
4   WiFi.begin(ssid, password);
5   pinMode(pHp, INPUT);
6   pinMode(TdsSensorPin, INPUT);
7   Gsheet_boot();
8   dht.begin();
9 }
10
11 void loop(){
12   ReadPh();
13   ReadDHT22();
14   ReadTds();
15   Pump();
16
17   if(millis() - timenow >= Interval){
18     timenow = millis();
19     Gsheet();
20   }
21 }

```

Gambar 4. 11 Program Utama

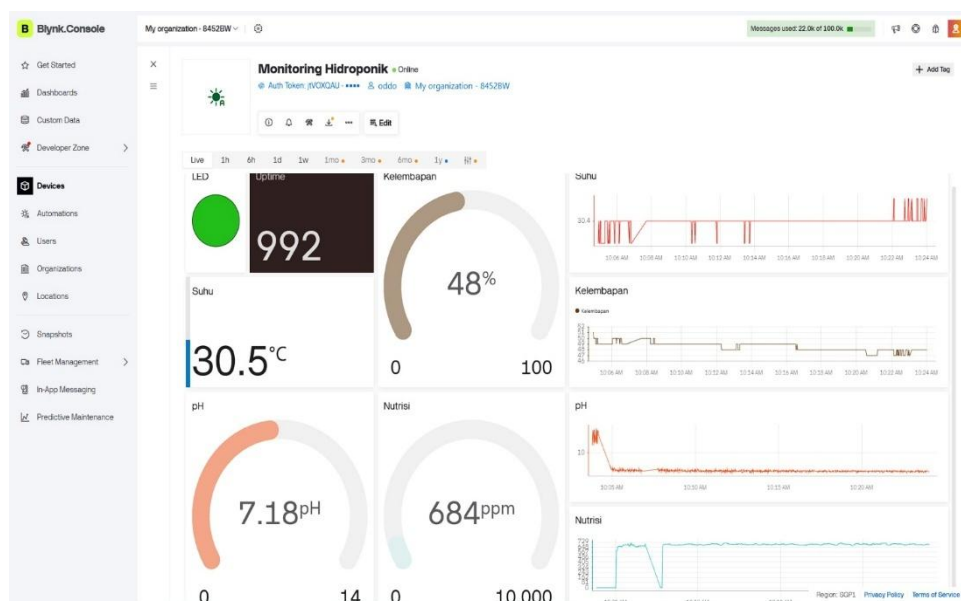
Gambar 4.11 merupakan kode program utama yang mengatur urutan kerja sistem smart farming hidroponik. Program terdiri atas fungsi `setup()` dan `loop()`, di mana fungsi `setup()` hanya dijalankan satu kali ketika ESP32 mulai bekerja, sedangkan fungsi `loop()` dijalankan secara berulang selama sistem beroperasi. Pada fungsi `setup()`, komunikasi serial diaktifkan menggunakan `Serial.begin(115200)`, kemudian ESP32 dikonfigurasi sebagai perangkat Wi-Fi menggunakan mode `WIFI_STA` dan dihubungkan ke jaringan melalui `WiFi.begin()`. Pin sensor pH dan TDS dikonfigurasi sebagai input, kemudian sistem melakukan inisialisasi Google Spreadsheet melalui `Gsheet_boot()` serta mengaktifkan sensor DHT22 melalui `dht.begin()`. Pada fungsi `loop()`, sistem secara berurutan menjalankan fungsi `ReadPh()`, `ReadDHT22()`, dan `ReadTds()` untuk memperoleh data sensor, kemudian menjalankan fungsi `Pump()` untuk mengendalikan aktuator. Pengiriman data ke Google Spreadsheet dilakukan berdasarkan interval waktu yang ditentukan melalui fungsi `millis()`, dengan interval pengiriman sebesar 60000 ms atau 60 detik. Dengan struktur tersebut, program utama mengintegrasikan proses pembacaan sensor, pengendalian aktuator, dan pencatatan data monitoring dalam satu siklus kerja sistem.

4.4.8 Konfigurasi dan Tampilan Monitoring pada Blynk

Selain dikirimkan ke Google Spreadsheet, data hasil pembacaan sensor juga dikirimkan ke platform Blynk sebagai media monitoring secara real-time. Data

yang ditampilkan meliputi nilai suhu, kelembapan, pH, dan nutrisi (TDS) larutan hidroponik, sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem tanpa harus membuka Google Spreadsheet secara langsung.

Tampilan dashboard monitoring pada Blynk Console (versi web) ditunjukkan pada Gambar 4.12. Dashboard menampilkan status perangkat "Monitoring Hidroponik" dalam kondisi online, beserta nilai suhu sebesar 30,5°C, kelembapan 48%, pH 7,18, dan nutrisi 684 ppm dalam bentuk widget gauge, serta grafik historis dari masing-masing parameter terhadap waktu.



Gambar 4. 12 Tampilan Dashboard Blynk Console

Selain dapat diakses melalui web, dashboard yang sama juga tersedia dalam bentuk aplikasi mobile sehingga pengguna dapat memantau kondisi lingkungan hidroponik kapan saja dan di mana saja melalui smartphone, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.13. Tampilan pada aplikasi mobile menyajikan informasi yang sama dengan versi web, meliputi nilai suhu, kelembapan, pH, dan nutrisi, beserta grafik runtime (waktu operasional perangkat) dan tren data historis untuk masing-masing parameter.



Gambar 4. 13 Tampilan Dashboard Blynk pada Aplikasi Mobile