

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Dalam tahapan mengembangkan sistem otomasi nutrisi hidroponik berbasis IoT untuk meningkatkan efisiensi nutrisi dan produktivitas tanaman, diperlukan perencanaan yang terstruktur dan terencana. Penelitian ini menggunakan metode pengembangan D&D (*Design and Development*), yaitu sebuah metode yang menurut Richey & Klein (2007) “memfokuskan pada pengembangan dan evaluasi instruksi alat intervensi yang bertujuan untuk mendukung pembelajaran dan kinerja”. Pendekatan ini dipilih karena kemampuannya untuk sistematis menciptakan dan menguji solusi teknologi dal konteks nyata, dan memungkinkan adanya peningkatan interaktif berdasarkan umpan balik pengguna dan evaluasi formal. Tujuan dari desain penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem yang tidak hanya teknis efisien tetapi juga mudah dioperasikan oleh pengguna, dengan kemampuan untuk menyesuaikan pengaturan nutrisi secara otomatis berdasarkan data sensor yang terkumpul. Sistem yang dikembangkan bertujuan untuk menyediakan solusi yang dapat diadaptasi untuk berbagai jenis tanaman hidroponik, meningkatkan keakuratan, dan efisiensi dalam penggunaan nutrisi. Penelitian ini menggunakan langkah untuk membuat sistem penelitian ini yang dimana terlihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Langkah Metode Penelitian

3.2 Analisis Kebutuhan Sistem

Dalam tahap ini, kebutuhan sistem akan diidentifikasi melalui kombinasi metode studi literatur, survei kebutuhan pengguna, dan observasi langsung pada sistem hidroponik yang sedang beroperasi. Sistem otomasi nutrisi hidroponik berbasis IoT membutuhkan beberapa komponen kunci untuk mengoptimalkan proses otomasi nutrisi tersebut. Hal ini termasuk sebuah aplikasi android yang dapat bertindak sebagai perantara untuk proses monitoring dan kontrol manual oleh pengguna. Aplikasi ini harus dapat terhubung ke internet agar dapat mengakses dan mengelola data yang tersimpan di *cloud*, yang dimana dapat memungkinkan interaksi *real-time* antara pengguna dan sistem. Kemudian terdapat komponen Database *Cloud* yang digunakan untuk menyimpan data transaksional antara sistem dan aplikasi. Fitur penting yang terdapat pada *firebase* ini adalah kemampuannya untuk memisahkan data pengguna yang terdaftar, sehingga mencegah penipaan data dan memastikan keamanan informasi. Komponen penting yang menjadikan sistem otomasi nutrisi hidroponik nyata ini adalah perangkat kerasnya yang dimana dilengkapi dengan sensor dan aktuator untuk mendeteksi jumlah kandungan nutrisi dalam air, mengukur ketinggian air dalam wadah, dan mengotomasi proses pencampuran nutrisi. Perangkat keras ini harus dilengkapi dengan mikrokontroler ESP32, yang dimana terkenal dengan efisiensinya dalam mengonsumsi daya, karena adanya mode tidur yang memungkinkan penghematan energi selama periode tidak aktif.

Aplikasi android yang dirancang akan memiliki beberapa fungsi penting yang dapat memberikan kemudahan pengguna untuk melakukan monitoring dan kendali manual sistem otomasi hidroponik. Pada Aplikasi android juga akan diintegrasikan pada internet agar dapat melakukan *login* dan registrasi dengan tujuan membedakan data dari masing-masing profil pengguna yang sedang menggunakan sistem. Didalam aplikasi akan menampilkan beberapa halaman yang menjadi faktor utama dalam fungsionalitas aplikasinya antara lain adalah halaman *login* dan registrasi dimana menggabungkan fungsi *login* dan pembuatan akun baru dalam satu antarmuka yang intuitif. Kemudian terdapat halaman utama yang menampilkan monitoring PPM (*Parts Per Million*) nutrisi tanaman dan tinggi air,

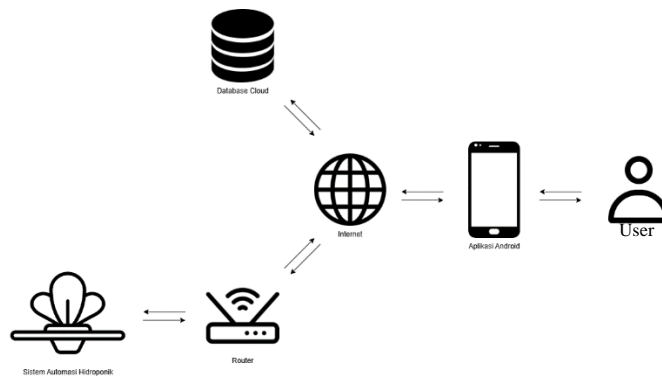
serta log aktivitas sistem yang mencatat semua operasi selama periode otomasi dan monitoring berlangsung. Berikutnya terdapat halaman pemilihan jenis tanaman yang dimana memungkinkan pengguna untuk memilih jenis tanaman yang akan dibudidayakan, yang akan menyesuaikan parameter nutrisi sesuai kebutuhan spesifik tanaman tersebut. Berikutnya terdapat halaman kontrol manual yang dimana halaman ini hanya dapat diakses oleh pengguna apabila terdapat kerusakan pada sensor, dan memungkinkan pengguna untuk mengambil alih tindakan korektif secara manual seperti penyesuaian ppm saat ini dan tinggi air saat ini.

Database cloud tidak hanya akan menyimpan data pengguna dan log aktivitas, tetapi juga database kebutuhan nutrisi untuk berbagai jenis tanaman akan tersimpan pada database ini. Hal tersebut memungkinkan adanya pembaruan berkala terhadap database nutrisi yang dapat diakses oleh sistem untuk menyesuaikan dosis nutrisi secara dinamis berdasarkan jenis tanaman yang dipilih. Pengelolaan data yang efektif ini akan memastikan bahwa sistem dapat menawarkan solusi yang adaptif dan berkelanjutan.

Pada perancangan perangkat keras, sebagai pusat dari sistem otomasi dan monitoring, harus dirancang untuk efisiensi operasional maksimal. Penggunaan mikrokontroler ESP32 adalah pilihan ideal karena kemampuannya dalam *multitasking* dan manajemen daya yang efisien. Desain sistem juga harus memastikan bahwa semua komponen bekerja secara harmonis untuk menyediakan data yang akurat dan responsif terhadap perintah dari aplikasi.

3.3 Desain atau Perancangan Sistem

Didasari dengan analisis kebutuhan, sistem akan didirikan menjadi tiga bagian utama yaitu database, aplikasi, dan perangkat keras yang dapat dibuat menjadi sebuah arsitektur keseluruhan sistem yang dapat dilihat pada gambar 3.2.



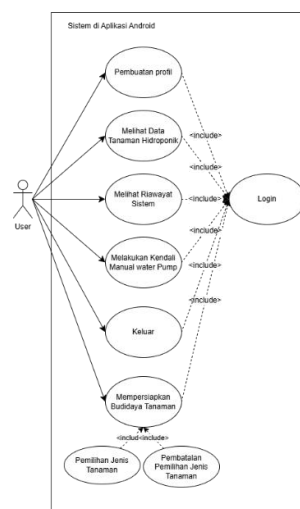
Gambar 3.2 Arsitektur Keseluruhan Sistem

Arsitektur sistem otomasi nutrisi hidroponik berbasis IoT ini terdiri dari beberapa komponen utama yang terintegrasi, memastikan kelancaran dan keakuratan dalam monitoring serta otomasi nutrisi hidroponik. Pengguna dapat mengoperasikan dan mengakses sistem melalui aplikasi Android yang terhubung ke internet, memfasilitasi komunikasi dengan *Firebase*, yang dimana berfungsi sebagai platform penyimpanan dan pengelolaan data. *Firebase* disini berperan sebagai database cloud, akan menjadi pusat pengolahan data dan mengkoordinasikan interaksi antara aplikasi android dan sistem otomasi secara keseluruhan. Dalam *firebase*, profil pengguna yang ter-autentikasi memungkinkan pengguna untuk memonitor ppm nutrisi dalam larutan, tinggi air nutrisi, serta mengendalikan pompa air yang berperan dalam otomasi pemupukan. Perangkat keras sistem otomasi akan dipicu berdasarkan data yang diterima mikrokontroler ESP32 dari *firebase*. Mikrokontroler ini menjalankan perintah yang dikirim oleh pengguna melalui internet dan aplikasi yang dimana memungkinkan kontrol *real-time* atas berbagai fungsi sistem. Hal ini memastikan bahwa sistem dapat merespons secara dinamis terhadap kebutuhan pemupukan yang disesuaikan dengan kondisi spesifik tanaman yang sedang dibudidayakan. Seluruh proses ini dirancang untuk optimalisasi penggunaan sumber daya dan efisiensi operasional, sekaligus meningkatkan produktivitas tanaman hidroponik.

3.3.1 Perancangan Aplikasi

Dalam mengembangkan sistem otomasi nutrisi hidroponik, perancangan aplikasi memegang peran vital dalam memastikan interaksi yang efektif antara pengguna dan sistem. Aplikasi yang dirancang tidak hanya harus fungsional tetapi

juga mudah digunakan, sehingga memungkinkan pengguna untuk mengontrol dan memantau sistem hidroponik secara intuitif. Menurut Suryadi dan Raharjo (2022), aplikasi IoT yang dikembangkan untuk pemantauan kualitas air pada budidaya tanaman hidroponik menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam kemampuan pengguna untuk mengakses data *real-time* dan melakukan kontrol yang diperlukan dari jarak jauh. Hal ini memberikan dasar yang kuat untuk perancangan aplikasi dalam proyek ini, dengan fokus pada integrasi yang mulus dengan sistem *back end* dan antarmuka pengguna yang ramah. *Use case diagram* pada aplikasi yang akan dibangun dapat terlihat pada gambar 3.3.



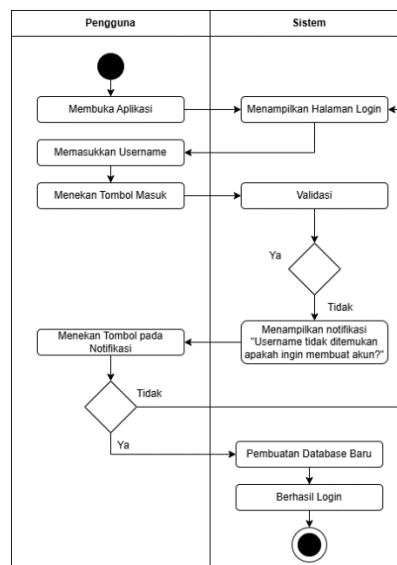
Gambar 3.3 Use Case Diagram Aplikasi Otomasi Nutrisi Hidroponik

Pada gambar 3.3 merupakan sebuah diagram *use case* yang mendefinisikan interaksi pengguna dengan aplikasi Android untuk melakukan monitoring dan kendali manual sistem otomasi nutrisi hidroponik. Diagram ini menampilkan berbagai macam fungsi utama yang tersedia dalam aplikasi, termasuk menu pembuatan profil untuk pengguna baru, dan beberapa aktivitas lain ketika pengguna sudah berhasil masuk seperti melihat data tanaman hidroponik, melihat riwayat sistem, melakukan kendali manual untuk *water pump* yang dapat digunakan dalam jarak jauh, dan mempersiapkan tanaman yang akan dibudidayakan untuk pengguna baru. Setiap aktivitas diatas terhubung dengan proses *login* yang memerlukan data profil pengguna untuk menyamakan data-data yang telah terbuat sehingga dapat membawakan akses pengguna kepada fitur-fitur yang terdapat pada aplikasi.

Berdasarkan fitur-fitur yang ada pada *use case diagram*, akan didapatkan sebuah *activity diagram* yang dimana dapat menunjukkan proses pada setiap fitur dan aktivitas aplikasi, antara lain:

1. Activity Diagram Pembuatan Profil

Activity Diagram ini menggambarkan proses pembuatan profil pengguna baru dalam aplikasi dapat dilihat pada gambar 3.4.

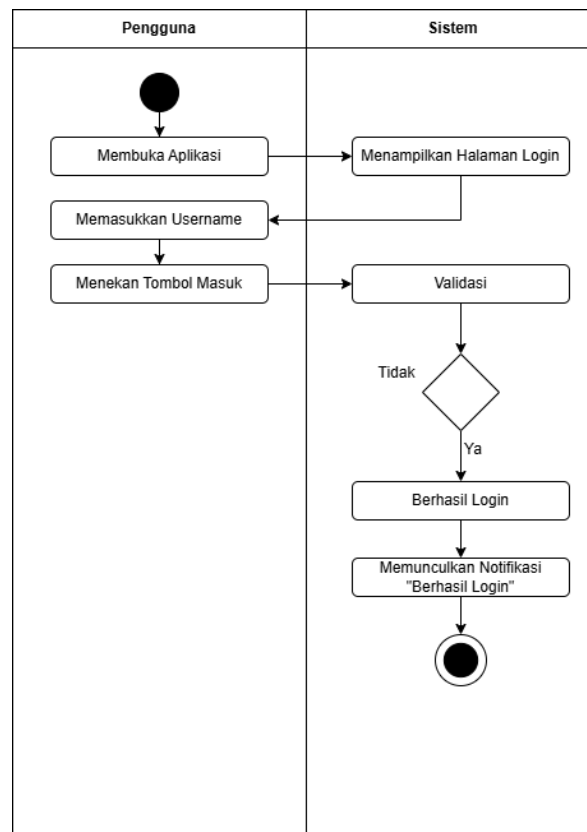


Gambar 3.4 *Activity Diagram* Pembuatan Profil Baru

Activity diagram pada gambar 3.4 merupakan sebuah proses pembuatan profil pengguna dan juga *login* pengguna. Aktivitas ini dimulai ketika pengguna membuka aplikasi yang akan diarahkan oleh sistem menuju ke halaman pembuatan profil. Pengguna dapat memasukkan *username* sesuai dengan yang tertera pada nomor seri perangkat keras. Ketika sudah memasukkannya, sistem akan melakukan verifikasi kesamaan profil dengan yang sudah tertera pada database. Apabila tidak ditemukan kesamaan *username* pengguna maka sistem akan menampilkan notifikasi pertanyaan “Username tidak ditemukan apakah ingin membuat akun?” jika pengguna menekan tombol “ya” pada notifikasi maka sistem akan menjalankan pembuatan data baru pada *firebase* melalui internet dengan *username* yang sudah pengguna masukkan.

2. Activity Diagram *Login*

Activity Diagram ini menggambarkan alur proses *login* pengguna ke dalam aplikasi sebagaimana terdapat pada gambar 3.5.

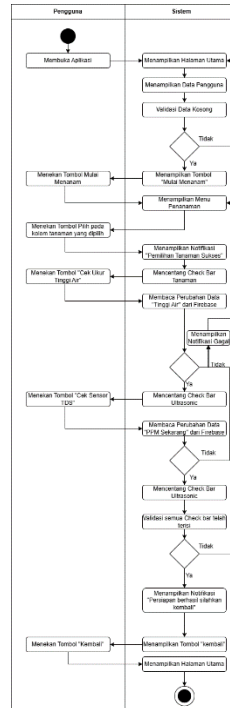


Gambar 3.5 Activity Diagram *Login*

Activity diagram pada gambar 3.5 menggambarkan proses *login* pengguna dalam aplikasi. Dimana aktivitas ini dimulai ketika pengguna membuka sebuah aplikasi yang nantinya akan ditampilkan sebuah halaman *login*. Setelah itu user dapat memasukkan *username* yang sudah pernah didaftarkan berupa sebuah serial kode dari perangkat keras. Kemudian user akan menekan tombol masuk untuk nantinya sistem melakukan validasi data pada *firebase*, apakah terdapat nama *username* yang pengguna gunakan atau tidak, jika ya maka sistem akan menampilkan notifikasi berhasil *login* dan pengguna akan diarahkan menuju halaman utama aplikasi.

3. Activity Diagram Pemilihan Jenis Tanaman

Activity Diagram ini menggambarkan alur proses pemilihan tanaman dan pengecekan sensor pada sistem pengguna yang dapat dilihat pada gambar 3.6.



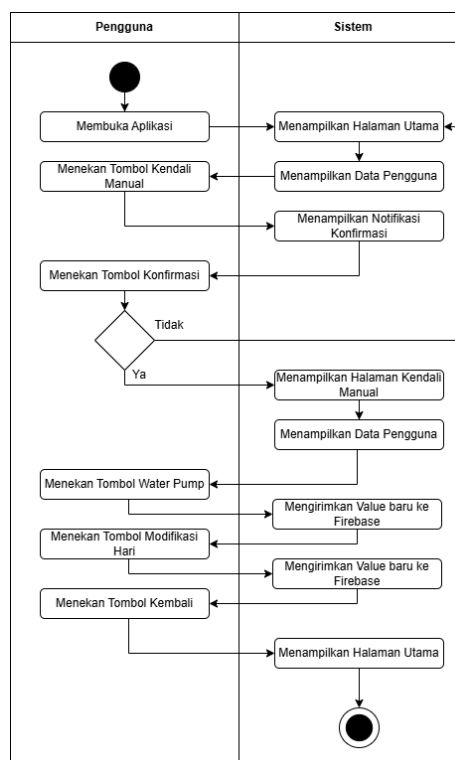
Gambar 3.6 *Activity Diagram* Pemilihan Jenis Tanaman Pengguna baru

Activity diagram pada gambar 3.6 menjelaskan proses awal yang akan dilalui oleh pengguna baru. Dimana ketika pengguna telah berhasil melakukan *login* dan masuk ke menu halaman utama, sistem akan menampilkan beberapa data yang terdapat pada database pengguna, yang dimana seharusnya adalah kosong dikarenakan pengguna baru belum pernah memakai sistem otomasi ini. Kemudian pengguna akan menekan sebuah tombol mulai menanam yang terdapat pada bagian halaman utama yang kemudian sistem akan menampilkan menu halaman penanaman yang didalamnya terdapat beberapa macam tanaman yang bisa dipilih oleh pengguna sesuai dengan kebutuhannya. Ketika pengguna telah memilih jenis tanamannya maka *checkbox* yang terdapat pada bagian atas halaman akan di ceklis. Selanjutnya adalah pengecekan sensor yang terdapat pada perangkat keras dimana *user* akan melihat dua tombol yang secara umum digunakan untuk mengecek

apakah sensor ultrasonik dapat mendeteksi ketinggian air, dan sensor tds dapat mendeteksi jumlah ppm yang terdapat pada air. Jika kedua sensor tersebut telah memenuhi syarat dengan keterangan data yang terdapat pada database berubah maka kedua sisa checkbar yang terdapat pada halaman penanaman akan terceklis. Dan ketika semua checkbar sudah terceklis maka sistem akan menampilkan notifikasi “Persiapan berhasil silahkan kembali”. Dan, ketika user menekan tombol kembali pada bagian notifikasi maka user akan diarahkan ke halaman utama lagi dengan menampilkan jenis tanaman yang sedang di budidayakan, jumlah ppm saat ini, jumlah ppm yang dibutuhkan, ketinggian air, dan umur dari tanaman yang sedang dibudidayakan.

4. Activity Diagram Kendali Manual

Activity diagram ini menggambarkan alur proses kontrol manual pengguna seperti pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. Activity Diagram Kendali Manual

Activity diagram pada gambar 3.7 menggambarkan proses kendali manual melalui aplikasi. Pengguna dapat mengakses menu ini dengan menekan sebuah tombol tersembunyi yang terdapat pada aplikasi. Ketika pengguna memutuskan

untuk menekan tombol kendali manual maka sistem akan menampilkan notifikasi “Apakah kamu ingin mengakses menu kendali manual?” jika pengguna memilih ya maka sistem akan menampilkan halaman utama yang dimana menampilkan tiga tombol untuk mengendalikan *water pump* secara manual dan terdapat 3 *text box* untuk memodifikasi data yang terbaca oleh sensor. Ketiga tombol *water pump* disini berfungsi untuk mengirimkan *value* baru ke database yang dimana ketika terbaca oleh perangkat keras maka hal tersebut akan menyalakan *water pump* dan mematikan *water pump* sesuai dengan kehendak pengguna. Hal ini juga berlaku untuk *text box* yang dimana pengguna dapat melakukan modifikasi sistem dengan mengubah angka yang diterima oleh sensor dan juga mematikan sensor yang diasumsikan mengalami malafungsi atau kerusakan yang dapat menghambat sistem otomasi ini. Ketika pengguna sudah selesai maka pengguna dapat menekan tombol kembali yang akan diarahkan oleh sistem untuk kembali ke halaman utama.

Berdasarkan hasil dari perancangan aplikasi android, dibutuhkan desain *user interface* untuk mendukung berbagai fungsionalitas dalam aplikasi. Halaman-halaman tersebut termasuk :

1. Desain *User Interface* Halaman *Login*

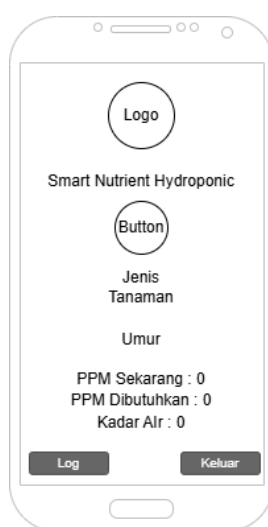
Halaman *login* disini menampilkan *textbox* kosong yang nantinya akan diisi oleh pengguna yang akan masuk ke sistem. Baik dengan *username* yang telah terdaftar maupun dengan *username* yang belum terdaftar sehingga akan dibuatkan *username* baru pada *firebase*. Desain perancangan dapat dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Desain *User Interface* *Login*

2. Desain *User Interface* Halaman Utama

Halaman utama menampilkan data data penting yang diperlukan pengguna untuk melakukan monitoring tanaman hidroponiknya. Dimana didalamnya terdapat jumlah ppm sekarang, jumlah ppm yang diperlukan, umur tanaman, ketinggian air, dan jenis tanaman yang sedang dibudidayakan. Pada halaman utama juga pengguna dapat melihat log aktivitas sistem ketika melakukan proses monitoring dan otomasi dalam satu hari. Desain rancangan halaman utama dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Desain *User Interface* Halaman utama

3. Desain *User Interface* Halaman Pemilihan Jenis Tanaman

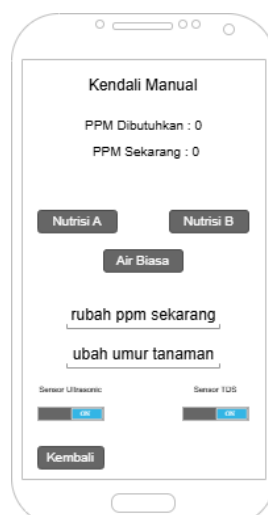
Pada halaman pemilihan jenis tanaman menampilkan beberapa pilihan tanaman yang dapat dipilih oleh pengguna. Selain itu pada tampilan jenis tanaman juga diperlihatkan beberapa informasi singkat mengenai cara berbudidaya tanaman tersebut. Pada halaman pemilihan jenis tanaman juga terdapat tombol untuk melakukan cek sensor sebelum akhirnya melakukan aktivitas otomasi sistem. Desain perancangan halaman pemilihan jenis tanaman dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Desain *User Interface* Halaman Pemilihan Jenis Tanaman

4. Desain *User Interface* Halaman Kendali Manual

Pada halaman kendali manual ditampilkan beberapa tombol untuk mengendalikan *water pump* yang terdapat pada sistem. Selain itu, terdapat beberapa *text box* untuk melakukan modifikasi angka seperti jumlah ppm saat ini, jarak ketinggian air, dan berapa hari tanaman sudah berjalan. Kemudian terdapat tombol untuk mengaktifkan dan menonaktifkan sistem otomatisasi dan sensor yang terdapat pada sistem. Desain perancangan Halaman kendali manual dapat dilihat pada gambar 3.11.



Gambar 3.11 Desain *User Interface* Halaman Kendali Manual

3.3.2 Perancangan *Firebase*

Perancangan infrastruktur *Firebase* dalam sistem otomasi hidroponik bertujuan untuk menyediakan solusi penyimpanan data yang aman dan efisien. *Firebase* tidak hanya memfasilitasi penyimpanan data tetapi juga mengelola sinkronisasi data secara *real-time* antara aplikasi dan *hardware*. Kutipan dari Hasan dan Budi (2021) mengemukakan bahwa penerapan *cloud storage* dalam sistem monitoring hidroponik membantu dalam pengelolaan data yang lebih baik dan meningkatkan keandalan sistem. Dengan memanfaatkan *Firebase*, sistem yang dirancang dapat mendukung penyimpanan data besar dan memberikan akses yang cepat serta aman kepada pengguna, yang sangat penting dalam monitoring kondisi hidroponik secara terus-menerus.

3.3.3 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dalam sistem otomasi hidroponik berfokus pada pemilihan dan konfigurasi sensor, mikrokontroler, dan komponen lain yang diperlukan untuk operasional yang efisien. Sebagai pusat dari sistem otomasi, perangkat keras harus dapat melakukan pengukuran yang akurat dan mengirimkan data tersebut ke server atau *cloud* untuk diproses. Putra dan Maulana (2023) menjelaskan bahwa penggunaan ESP32 dalam prototipe sistem hidroponik otomatis menawarkan solusi yang efektif untuk integrasi perangkat keras dengan kemampuan konektivitas internet dan pengelolaan daya yang efisien. Dalam konteks ini, perancangan perangkat keras akan mengambil pendekatan serupa untuk memastikan bahwa sistem hidroponik dapat dioperasikan dengan lancar dan tanpa hambatan. Dalam proses perancangan perangkat keras ini membutuhkan beberapa komponen elektronika antara lain:

1. Sensor TDS Df-Robot



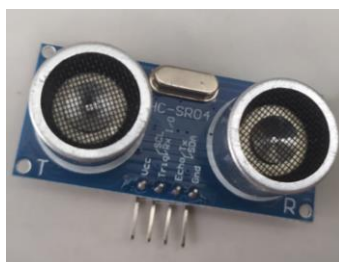
Gambar 3.12 TDS Sensor DF-ROBOT

Sensor TDS dari merek DF Robot adalah sensor analog yang kompatibel dengan mikrokontroler seperti ESP32. Fungsi utama sensor ini adalah untuk mengukur jumlah partikel terlarut (ppm) dalam larutan di mana *probe* sensornya dicelupkan. Sensor TDS ini adalah komponen penting dalam sistem otomasi dan monitoring hidroponik, karena memberikan data esensial yang diperlukan untuk mengatur otomasi pemupukan. Tanpa sensor TDS, sistem tidak akan dapat mengetahui waktu yang tepat untuk mengaktifkan proses otomasi pemupukan. Berikut adalah spesifikasi dari sensor TDS DF Robot:

Tabel 3.1
Spesifikasi Sensor TDS DF-ROBOT

Input Voltage	3.3 – 5.5v
Output Voltage	0 – 2.3v
Working Current	3 – 6 mA
TDS Measurement Range	0 – 1000 ppm
TDS Measurement Accuracy	±10% F.S. (25°C)
Module Size	42 * 32 mm
Module Interface	PH2.0-3P
Electrode Interface	XH2.54-2P

2. Sensor Ultrasonic (HC-SR04)



Gambar 3.13 Sensor Ultrasonic (HC-SR04)

Sensor ultrasonik merupakan komponen input yang vital untuk mikrokontroler seperti ESP32, yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan objek atau benda di depannya. Dalam konteks sistem hidroponik, sensor ultrasonik ini digunakan untuk mengukur tinggi air nutrisi dalam wadah. Data yang dikumpulkan oleh sensor ini

kemudian dikonversi menjadi satuan centimeter, memastikan pengukuran jarak tinggi air yang akurat. Berikut adalah spesifikasi dari sensor ultrasonik HC-SR04:

Tabel 3.2
Spesifikasi Sensor Ultrasonic (HC-SR04)

Tegangan	5V
Arus Statik	< 2mA
Sinyal Output	High level 5V, low level 0V
Sudut Sensor	< 15d
Jarak Deteksi	2cm – 450cm
Kepresisian	0.3cm
Sinyal Triger Input	10us TTL impulse
Sinyal Echo	Sinyal output TTL PWL
Dimensi	44 x 20 x 15 mm

3. Relay 5v



Gambar 3.14 Relay 5V

Relay 5V adalah komponen elektronik yang berperan sebagai pengaman dan pengendali perangkat listrik. Fungsi utama dari relay adalah sebagai switch yang dioperasikan melalui elektromagnet. Dalam konteks sistem otomasi hidroponik, relay ini digunakan sebagai switch untuk mengoperasikan mini *water pump*. Pompa ini bertugas dalam memindahkan air nutrisi A&B serta air biasa, yang krusial dalam proses otomasi pemupukan. Berikut ini adalah spesifikasi dari relay 5V yang digunakan:

Tabel 3.3
Spesifikasi Relay 5v

Maximum Load	AC 250V/10A, DC 30V/10A
Jumlah Channel	1

Working Voltage	5V, active LOW
Weight	60 g

4. Mini Submersible *Water Pump*



Gambar 3.15 Mini Submersible *Water Pump*

Mini Submersible *Water Pump* adalah aktuator yang esensial dalam sistem otomasi nutrisi hidroponik, berfungsi sebagai mekanisme transfer untuk nutrisi A, nutrisi B, dan air biasa ke wadah nutrisi utama. Pompa ini dirancang untuk bekerja dengan cara dicelupkan langsung ke dalam cairan, dimana motornya akan menggerakkan air dari lokasi pompa ke tujuan yang diinginkan. Komponen ini juga dilengkapi dengan selang pembantu yang memungkinkan penempatan yang efisien dan fleksibel dalam sistem. Spesifikasi dari Mini Submersible *Water Pump* adalah sebagai berikut:

Tabel 3.4
Spesifikasi Mini Submersible *Water Pump*

Input Voltage	DC 3v – 5v
Flow Rate	1.2 – 1.6 L/min
Operation Temperature	80° C
Operating Current	0.1 – 0.2A
Suction Distance	0.8 meter (max)
Outside diameter of water outlet	7.5 mm
Inside diameter of water outlet	5.0 mm
Wire Length	200 mm
Size	45 x 30 x 25mm
Weight	30g

5. ESP32



Gambar 3.16 ESP32

Dalam pengembangan perangkat keras untuk sistem otomasi nutrisi hidroponik berbasis IoT, mikrokontroler ESP32 telah menjadi pilihan utama berkat fitur-fitur canggihnya. ESP32 dilengkapi dengan modul WiFi terintegrasi yang memfasilitasi komunikasi langsung dan efisien dengan *Firebase* melalui internet, memungkinkan pertukaran data secara real-time. Fitur ini memastikan bahwa semua data penting dapat dikirim dan diterima tanpa keterlambatan, meningkatkan koordinasi antara berbagai komponen sistem. ESP32 mendukung Real Time Operating System (RTOS), yang memungkinkan mikrokontroler untuk menjalankan beberapa proses atau perintah secara bersamaan. Hal ini sangat meningkatkan efisiensi dan responsivitas sistem, sehingga sistem dapat merespons dengan cepat terhadap kondisi yang berubah dan mengelola berbagai tugas secara efektif. Salah satu fitur penting dari ESP32 adalah kemampuannya untuk beroperasi dalam mode *Deep Sleep*. Fitur ini sangat vital dalam aplikasi yang membutuhkan efisiensi energi tinggi, seperti dalam sistem otomasi yang harus berfungsi kontinu. Mode *Deep Sleep* memungkinkan ESP32 untuk meminimalkan konsumsi daya dengan mematikan fungsi-fungsi yang tidak diperlukan ketika tidak aktif, namun tetap siap untuk diaktifkan kembali saat diperlukan. Ini membantu memperpanjang umur baterai dan mengurangi frekuensi pengisian ulang, menjadikan sistem lebih berkelanjutan dan efisien dari segi energi. Berikut adalah spesifikasi dari mikrokontroler ESP32 yang digunakan dalam penelitian ini:

Tabel 3.5
Spesifikasi Mikrokontroler ESP32 Dev Kit

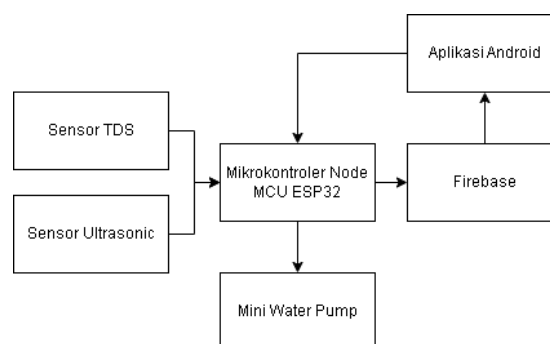
Operating Voltage	3.3v
Input voltage	7-12V
Digital IO Pin (DIO)	25
Analog Input Pin (ADC)	6

Analog Output Pin (DAC)	2
UART	3
SPI	2
I2C	3
Flash Memory	4mb
SRAM	520KB
Clock Speed	240 Mhz
Wi Fi	IEEE 820.11 b/g/n/e/i
Mode Supported	AP, STA, AP+STA

3.3.4 Diagram Sirkuit dan Flowchart

Pada bagian diagram sirkuit dan flowchart akan dijelaskan beberapa diagram pembantu yang dapat mempermudah menerjemahkan alur kerja sistem secara keseluruhan.

1. Blok Diagram Sistem

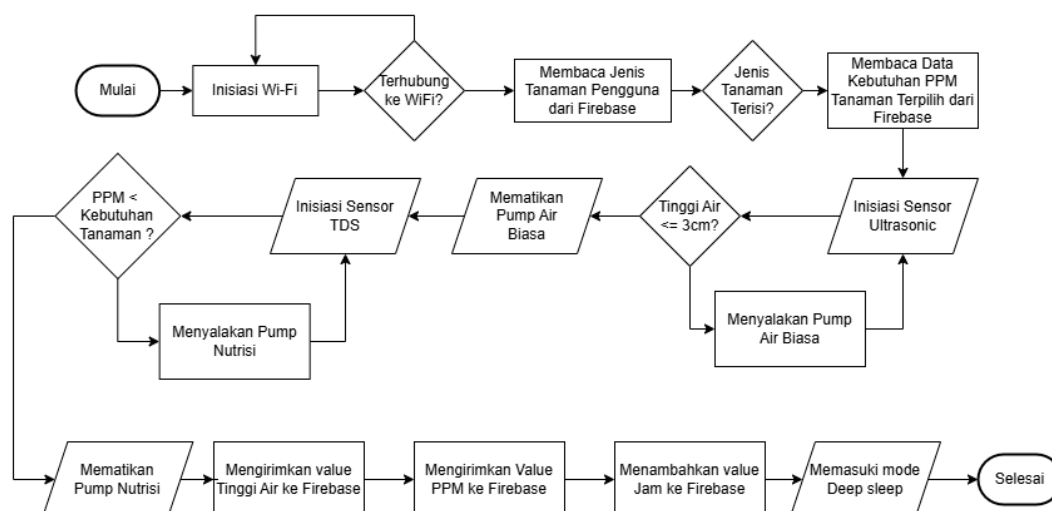


Gambar 3.17 Blok Diagram Sistem Otomasi Nutrisi Hidroponik

Diagram blok ini menggambarkan sistem otomasi nutrisi hidroponik yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendalian. Sensor TDS dan sensor ultrasonik terhubung ke ESP32 untuk mengukur konsentrasi nutrisi dan tinggi air dalam larutan, mengirimkan data ini ke mikrokontroler yang selanjutnya mengendalikan mini *water pump* berdasarkan kebutuhan nutrisi yang diidentifikasi. Mikrokontroler juga bertanggung jawab untuk mengirimkan data yang dikumpulkan ke *Firebase*, platform database *cloud* yang memungkinkan penyimpanan dan pengelolaan data secara *real-time* serta memfasilitasi akses dan kontrol melalui aplikasi Android. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk

memonitor kondisi sistem dan melakukan penyesuaian melalui antarmuka pengguna, memastikan bahwa sistem dapat merespons dengan cepat terhadap perubahan kondisi tanaman dan nutrisi yang diperlukan.

2. Flowchart Sistem



Gambar 3.18 Flowchart Sistem Otomasi Nutrisi Hidroponik

Pada gambar 3.18 ditunjukkan alur keseluruhan sistem otomasi nutrisi hidroponik dalam bentuk blok. Sistem dimulai dengan menyalakan tombol power pada power supply MB-102, yang kemudian menginisiasi ESP32 untuk menghubungkan WiFi. Jika sistem tidak berhasil terhubung dengan WiFi, proses ini akan terus diulangi hingga berhasil.

Selanjutnya adalah proses pembacaan data pengguna dari *Firestore*, dimana data yang dimaksud adalah jenis tanaman yang telah dipilih oleh pengguna melalui aplikasi Android. Jika sistem belum mendeteksi jenis tanaman, maka sistem akan dalam keadaan stand by tanpa melakukan proses apapun hingga mendapatkan data jenis tanaman dari *Firestore*. Setelah sistem berhasil mendapatkan data jenis tanaman, data tersebut digunakan untuk mengambil informasi dari dataset kebutuhan tanaman dan mendeklarasikan kebutuhan PPM yang akan digunakan saat proses otomasi.

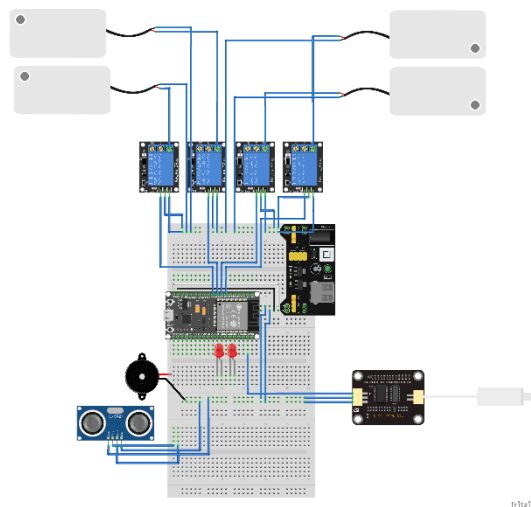
Setelah mendapatkan data yang diperlukan, langkah pertama yang dilakukan oleh sistem adalah otomasi air biasa. Proses ini dimulai dengan menyalakan sensor ultrasonik untuk mengukur tinggi air di dalam wadah. Sensor

ini akan mendeteksi ketinggian air berdasarkan rumus yang ditunjukkan pada gambar. Jika tinggi air kurang dari 3 cm, sistem akan menyalakan pompa air biasa hingga ketinggian air mencapai lebih dari 3 cm. Setelah itu, pompa air biasa akan dimatikan, dan sistem akan melanjutkan ke tahap berikutnya yaitu otomasi peracikan nutrisi.

Pada tahap otomasi peracikan nutrisi, sistem menginisiasi sensor TDS yang akan mendeteksi konsentrasi nutrisi dalam air. Sensor ini membandingkan hasil deteksi dengan kebutuhan yang diambil dari *Firestore*. Jika konsentrasi PPM air kurang dari yang diperlukan, sistem akan menyalakan pompa A dan pompa B yang terhubung dengan nutrisi cair nutrisi A dan B. Pompa akan terus berjalan hingga kebutuhan PPM terpenuhi. Setelah itu, pompa A dan B akan dimatikan, dan sistem melanjutkan ke tugas berikutnya yaitu pengiriman data sensor ke *Firestore*.

Pada tahap ini, sistem akan mengirimkan data yang didapatkan pada akhir setiap proses otomasi, baik dari otomasi air biasa maupun otomasi peracikan nutrisi, ke *Firestore* pengguna. Setelah data berhasil dikirimkan, sistem akan menambahkan value jam pada *Firestore* yang menandakan waktu pelaksanaan proses otomasi tersebut. Setelah proses pengiriman data selesai, sistem akan berada dalam mode stand by selama 1 menit. Jika tidak ada aksi dari pengguna selama 1 menit, sistem akan memasuki mode *Deep Sleep* selama 4 jam.

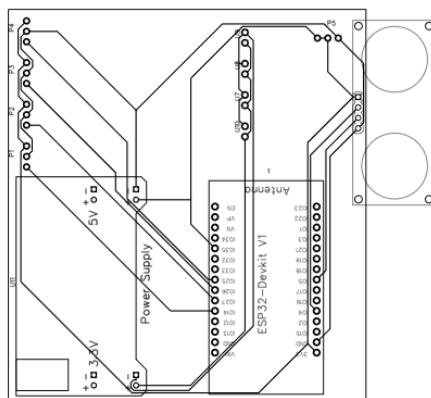
3. Wiring Diagram



Gambar 3.19 Wiring Diagram Sistem Otomasi Nutrisi Hidroponik

Diagram kabel yang ditampilkan menggambarkan pengaturan elektronik untuk sistem otomasi nutrisi hidroponik, mengintegrasikan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kontrol yang mengatur semua komponen lainnya. Mikrokontroler ini menerima input dari sensor ultrasonik HC-SR04, yang digunakan untuk mengukur tinggi air dalam wadah nutrisi melalui gelombang ultrasonik, dan mengirimkan sinyal kontrol ke sejumlah relay. Relay ini bertugas mengontrol aliran listrik ke mini *water pump*, yang mengoperasikan pemindahan larutan nutrisi ke area tanaman. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan buzzer dan LED (merah dan hijau) yang berfungsi sebagai indikator status dan peringatan. Buzzer dapat mengeluarkan peringatan suara sedangkan LED menunjukkan status operasional atau adanya kesalahan. Terdapat juga modul pengisian USB yang terhubung dengan ESP32 untuk memastikan pasokan daya yang stabil. Sistem ini dirancang untuk efisiensi dan responsivitas, dengan relay yang memastikan operasi yang tepat dari pompa berdasarkan instruksi dari ESP32 dan feedback dari sensor, menjaga seluruh sistem beroperasi dengan lancar dan efektif.

4. Desain PCB Sistem

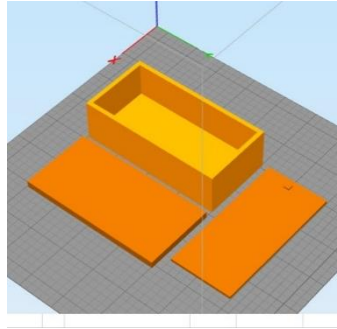


Gambar 3.20 Desain PCB Sistem Otomasi Nutrisi Hidroponik Berbasis IoT

Desain PCB yang ditampilkan pada gambar adalah untuk sistem otomasi nutrisi hidroponik yang mengintegrasikan mikrokontroler ESP32. Papan ini dirancang dengan jalur khusus yang menghubungkan ESP32 dengan komponen pendukung lainnya termasuk sumber daya listrik dan sensor. Konektor untuk power supply dengan tegangan 3.3V dan 5V disediakan, memastikan kompatibilitas dengan berbagai komponen elektronik. PCB juga menampilkan konektivitas yang luas

melalui pin-header yang memungkinkan ekspansi atau modifikasi sistem di masa depan. Desain ini menunjukkan fokus pada efisiensi layout untuk mengoptimalkan kinerja dan mengurangi risiko gangguan sinyal di antara komponen yang berbeda.

5. *Desain Casing* Perangkat Keras



Gambar 3.21 *Desain Casing* Perangkat Keras

Dalam pembuatan *casing* perangkat keras disini akan menggunakan *project box* model x8 yang akan bertugas menjaga tiap komponen agar tidak berantakan.

3.4 Pengembangan Sistem

Dalam fase pengembangan sistem ini, implementasi dari desain sistem monitoring yang telah dirancang akan diwujudkan. Pengembangan perangkat keras melibatkan penggunaan database cloud yang memungkinkan otomatisasi pemupukan nutrisi hidroponik. Keunggulan *Firebase* sebagai platform cloud memungkinkan sistem otomasi nutrisi hidroponik ini untuk diaplikasikan pada berbagai jenis tanaman, tidak terbatas hanya pada satu jenis. Fleksibilitas dan kemudahan akses yang ditawarkan oleh *Firebase* sangat mendukung fungsi ini, dan diintegrasikan tidak hanya pada perangkat keras tetapi juga dalam aplikasi yang dikembangkan menggunakan MIT App Inventor 2. Aplikasi ini memberikan kemudahan bagi pengguna untuk memilih jenis tanaman yang ingin dibudidayakan.

Dalam pengembangan aplikasi, telah ditambahkan fitur log aktivitas sistem yang memungkinkan pengguna untuk melacak kegiatan sistem selama proses otomasi dan monitoring berlangsung. Fitur ini sangat berguna untuk mempermudah pengguna dalam melakukan monitoring dari jarak jauh dan memantau perkembangan tanaman secara efektif.

Selain pengembangan aplikasi dan *Firebase*, peningkatan signifikan juga dilakukan pada perangkat keras. Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32, yang telah terintegrasi dengan kemampuan koneksi internet. Penggunaan RTOS (Real Time Operating Sistem) pada ESP32 memungkinkan eksekusi beberapa perintah secara simultan, memaksimalkan efisiensi operasional. Integrasi dengan *Firebase* memastikan bahwa setiap perubahan data dapat dengan cepat direspons oleh sistem. Selain itu, metode *Deep Sleep* diterapkan pada ESP32 untuk menghemat konsumsi daya listrik ketika sistem tidak dalam kondisi otomasi.

Untuk meningkatkan keandalan dan efektivitas sistem, akan dilakukan serangkaian uji coba untuk memastikan bahwa semua komponen hardware dan software bekerja dengan sinergi yang baik. Hal ini mencakup pengujian stabilitas koneksi antara ESP32 dan *Firebase*, serta efektivitas aplikasi dalam mengelola dan menampilkan data secara real-time. Penambahan dokumentasi teknis yang rinci juga direncanakan untuk memudahkan pemeliharaan sistem dan skalabilitas di masa depan.

Keseluruhan pengembangan ini bertujuan untuk menciptakan sistem otomasi hidroponik yang tidak hanya teknis canggih tetapi juga user-friendly, memastikan bahwa pengguna dapat mengelola pertanian hidroponik mereka dengan efisiensi dan efektivitas yang tinggi.

3.5 Pengujian Sistem

3.5.1 Pengujian Fitur Aplikasi android

Proses pengujian fitur aplikasi ini akan menggunakan metode *blackbox*. Metode ini berfokus pada input dan output tanpa mempertimbangkan bagaimana dan apa yang terjadi dalam program aplikasi. Dengan menggunakan metode ini, pengujian dapat dilakukan tanpa memerlukan pengetahuan tentang implementasi internal aplikasi. Beberapa skenario pengujian pada fitur aplikasi adalah sebagai berikut:

1. Pengujian fitur *Login* dan pembuatan *Username* baru

Pengujian dilakukan dengan memasukkan *username* yang belum terdaftar sebelumnya pada halaman *login*. Menguji proses *login* dengan memasukkan

username yang telah terdaftar, yang mana sistem seharusnya mengarahkan pengguna ke halaman utama aplikasi.

2. Pengujian membaca value dari *firebase* oleh aplikasi

Pengujian ini melibatkan sinkronisasi dan pembacaan data dari *Firestore* saat proses monitoring dimulai, termasuk saat pengguna baru menyelesaikan pembuatan *username* dan pemilihan jenis tanaman.

3. Pengujian mengirimkan data ke *firebase* oleh aplikasi

Dilakukan ketika pengguna memilih jenis tanaman baru, di mana aplikasi akan mengirimkan informasi tentang pilihan tanaman ke *firebase*. Pengujian ini juga mencakup modifikasi data seperti pengaturan hari, kebutuhan nutrisi, dan lainnya melalui halaman kontrol aplikasi.

4. Pengujian kendali manual ke sistem oleh aplikasi

Pada skema pengujian kendali manual, pengguna akan menguji fungsi tombol pada halaman kendali manual aplikasi yang digunakan untuk mengoperasikan mini *water pump* yang terhubung ke sistem nutrisi hidroponik. Pengujian ini melibatkan interaksi dengan *Firestore*, dimana aplikasi akan mengirim perintah untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pump berdasarkan input pengguna. Data transaksi ini kemudian dibaca dan dieksekusi oleh sistem perangkat keras, memastikan bahwa perintah yang diberikan melalui aplikasi dapat mempengaruhi operasi fisik dari pump secara akurat.

3.5.2 Pengujian Perangkat Keras

1. Pengujian Sensor TDS

Dalam menguji keakuratan sensor TDS dalam membaca nilai ppm pada larutan air nutrisi, Peneliti akan menggunakan rumus kalibrasi khusus yang mengaitkan tegangan yang diterima oleh sensor, jumlah ppm yang terdeteksi, dan jumlah daya yang diperlukan untuk mengoperasikan sensor TDS. Rumus ini juga mempertimbangkan resolusi ADC 12-bit dari ESP32, yang memiliki nilai maksimum 4095. Rumus (1) sitasi perhitungan ppm berdasarkan tegangan yang diterima dari sensor tds adalah sebagai berikut:

$$PPM = \left(\frac{ADC\ Value}{4095} \times V_{ref} \right) \times Scaling\ Factor \quad (1)$$

ADC Value = nilai yang dibaca dari adc

Vref = tegangan referensi yang digunakan oleh adc, dalam penelitian ini adalah 3.3v untuk ESP32

Scaling factor = skala yang didasarkan pada karakteristik sensor TDS.

2. Pengujian Sensor Ultrasonic

Dalam sistem otomasi nutrisi hidroponik, sensor ultrasonik berperan kritikal dalam memonitoring tinggi air nutrisi dalam wadah. Pengujian sensor ultrasonik bertujuan untuk memverifikasi keakuratan pengukuran tinggi air yang dilakukan oleh sensor ini. Sensor ultrasonik bekerja dengan mengirimkan gelombang suara berfrekuensi tinggi yang memantul kembali ke sensor setelah mengenai permukaan air. Waktu yang dibutuhkan untuk gelombang suara kembali ini digunakan untuk menghitung jarak atau tinggi air dalam wadah. Rumus (2) (sitasi) yang digunakan untuk menghitung tinggi air berdasarkan tinggi total wadah adalah sebagai berikut:

$$Tinggi\ Air = Tinggi\ Wadah - \left(\frac{kecepatan\ Suara \times Waktu\ Tempuh}{2} \right) \quad (2)$$

Tinggi Wadah = Jarak total dari dasar wadah ke posisi sensor

Kecepatan Suara = 343 meter per detik

Waktu Tempuh = waktu yang diukur dari saat gelombang suara dikirimkan hingga diterima kembali oleh sensor

3. Pengujian Mini Water Pump

Pengujian Mini *Water Pump* dalam sistem ini menggunakan relay 5V sebagai switch untuk mengontrol aliran daya dari power supply 5V ke pompa, dengan tujuan utama untuk memverifikasi bahwa Mini *Water Pump* dapat beroperasi secara efektif. Sebelum memulai, semua koneksi diperiksa untuk memastikan tidak ada sambungan yang longgar atau rusak yang bisa mempengaruhi operasi pompa.

Selama pengujian, *Mini Water Pump* diuji pada berbagai tingkat kecepatan dan durasi operasi untuk menilai keandalan dan durabilitasnya, serta diperhatikan kebocoran atau noise yang tidak biasa. Setelah pengujian, dilakukan evaluasi menyeluruh terhadap kinerja pompa, mencatat setiap anomali atau kegagalan yang terjadi. Informasi ini sangat penting untuk perbaikan atau penyesuaian sistem sebelum dilakukan penerapan lebih lanjut.

3.6 Evaluasi Sistem

Dalam tahap pengembangan sistem otomasi nutrisi hidroponik berbasis IoT ini, kami melakukan evaluasi menyeluruh untuk memastikan sistem memenuhi semua persyaratan fungsional dan non-fungsional yang telah ditetapkan. Evaluasi ini meliputi beberapa aspek kunci, seperti fungsionalitas, kinerja, kegunaan, keamanan, dan keterbatasan sistem.

3.6.1 Evaluasi Fungsionalitas Sistem

Sistem berhasil diimplementasikan dengan kemampuan untuk mengukur dan mengontrol konsentrasi nutrisi secara otomatis menggunakan sensor TDS dan ultrasonik. Selain itu, sistem menyediakan antarmuka pengguna melalui aplikasi Android yang memungkinkan pengguna untuk memonitor dan mengendalikan kondisi nutrisi hidroponik secara real-time. Fungsionalitas ini telah diuji dalam berbagai skenario operasional dan telah terbukti memenuhi semua persyaratan yang ditetapkan pada fase desain.

3.6.2 Evaluasi Kinerja Sistem

Kinerja sistem diuji dengan mempertimbangkan aspek responsivitas dan efisiensi. ESP32, yang menggunakan RTOS, berhasil menunjukkan kemampuan multitasking yang baik dengan menjalankan task sensor dan pengendalian pump secara efisien. Mode *Deep Sleep* ESP32 juga telah diintegrasikan dengan sukses, memastikan penggunaan daya yang rendah tanpa mengorbankan responsivitas sistem. Dari segi koneksi data, *Firebase* telah terbukti efektif dalam menyinkronkan data antara hardware dan aplikasi pengguna secara tepat waktu, meskipun ada beberapa kasus di mana latensi jaringan mempengaruhi sinkronisasi real-time.

3.6.3 Usability dan User Experience

Kemudahan penggunaan aplikasi telah dievaluasi melalui survei dan tes kegunaan dengan partisipan yang melibatkan pengguna akhir potensial dari sistem. Hasil menunjukkan bahwa mayoritas pengguna menemukan aplikasi mudah untuk digunakan dan antarmuka intuitif. Namun, beberapa pengguna menyarankan peningkatan pada navigasi menu, yang akan peneliti pertimbangkan untuk pengembangan lebih lanjut.

3.7 Pelaporan

Pelaporan hasil penelitian ini akan disusun kedalam bentuk buku 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.