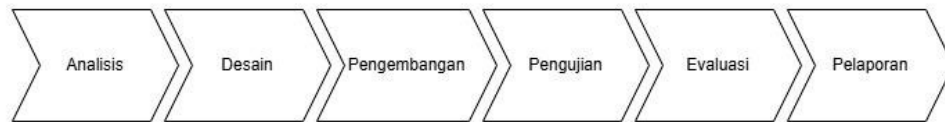


BAB III

METODE PENELITIAN

Pada Gambar 3.1 penelitian ini menggunakan metode penelitian pengembangan *Design and Development Research (D&D)*. Metode penelitian pengembangan merupakan metode penelitian untuk mengembangkan suatu produk untuk peningkatan kearah yang lebih baik. Sesuai dengan yang dikemukakan oleh Ellis & Levy (2010) penelitian pengembangan adalah suatu proses yang berorientasi dalam mengembangkan dan memvalidasi produk-produk.



Gambar 3. 1 Alur Metode Penelitian Alur *Design and Development*

Metode penelitian *Design and Development (D&D)* merupakan pendekatan yang berfokus pada perancangan dan juga pengembangan dalam suatu produk serta sistem baru yang bertujuan untuk memecahkan suatu masalah untuk memenuhi kebutuhan yang spesifik. Dalam metode ini sering digunakan dalam penelitian dengan mengimplikasikan teknologi, seperti pengembangan perangkat lunak dan perangkat keras Al As'ary dkk., (2022).

3.1 Analisis

Banyak para pertanian tradisional kini mulai menyadari manfaat dari sistem penyiraman otomatis yang praktis dan mudah diadaptasi. Sistem ini dikembangkan dengan memanfaatkan teknologi *IoT*, dengan mengintegrasikan perangkat, database sebagai analisis dan untuk penyimpanan data serta sensor *ultrasonik* sebagai sensor untuk mengukur ketinggian air dan dapat mendeteksi kondisi secara langsung. Dengan menggunakan teknologi tersebut peneliti dapat memastikan sistem yang fleksibel, dengan menggunakan air yang efisien untuk memberikan air pada tanaman padi, dan juga dapat memantau kondisi dari jarak jauh menggunakan *web*, sehingga dapat memberikan pemberian air yang optimal dan praktis.

3.2 Desain

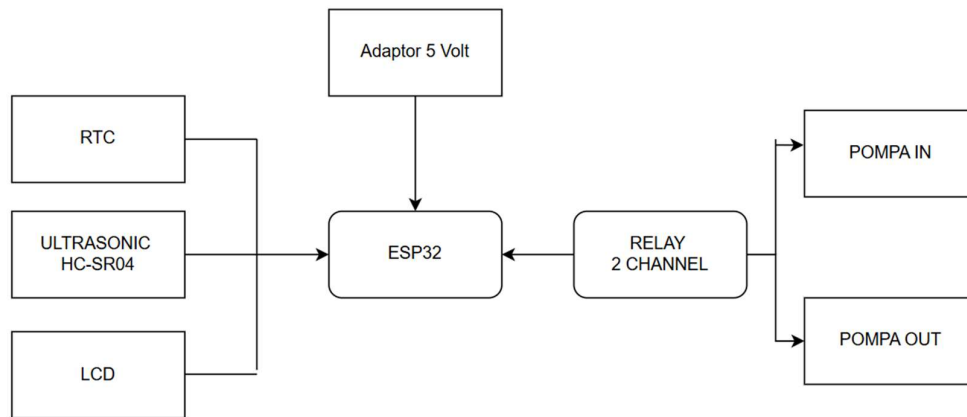
Mendesain suatu sistem jelas memerlukan desain dan perencanaan. Desain ini mencakup berbagai komponen seperti sensor, teknologi, dan kontrol yang digunakan. Untuk memberikan gambaran yang lebih komprehensif, peneliti menyertakan berbagai diagram pendukung seperti diagram blok, flowchart sistem dan desain perancangan alat. Desain ini dilakukan dengan cara bertahap yang dimulai dengan perancangan sistem perangkat keras yang mencakup pemilihan serta pengaturan pada komponen utama seperti *ESP32* sebagai pusat kendali, sensor *ultrasonic HC-SR04* sebagai pengukur ketinggian air, *relay 2 channel* sebagai pengontrol pompa masuk dan keluar serta *RTC DS3231*. Selain itu *LCD I2C* ini dapat digunakan untuk menampilkan status atau data ketinggian air serta status dari pompa secara langsung.

Selain dari perangkat keras, sistem ini dirancang untuk perangkat lunaknya yang data dari sensor ini akan dikirimkan melalui jaringan *Wi-Fi* ke dalam server *backend* dengan menggunakan *Node.js* serta *REST API*, selanjutnya data tersebut disimpan ke *MongoDB* serta akan menampilkan data secara *real-time* dengan melalui antarmuka web. Web ini akan menampilkan untuk metode irigasi (PBK atau SRI), grafik ketinggian air.

3.2.1 Diagram Blok Alat

Diagram blok ini menggambarkan detail sistem dari berbagai perangkat. Sistem ini dibuat dengan menggunakan 1 perangkat tanaman yang dibuat untuk mengambil sebuah data dengan menggunakan serta ditempatkan di tanaman padi yang akan dipakai sistem.

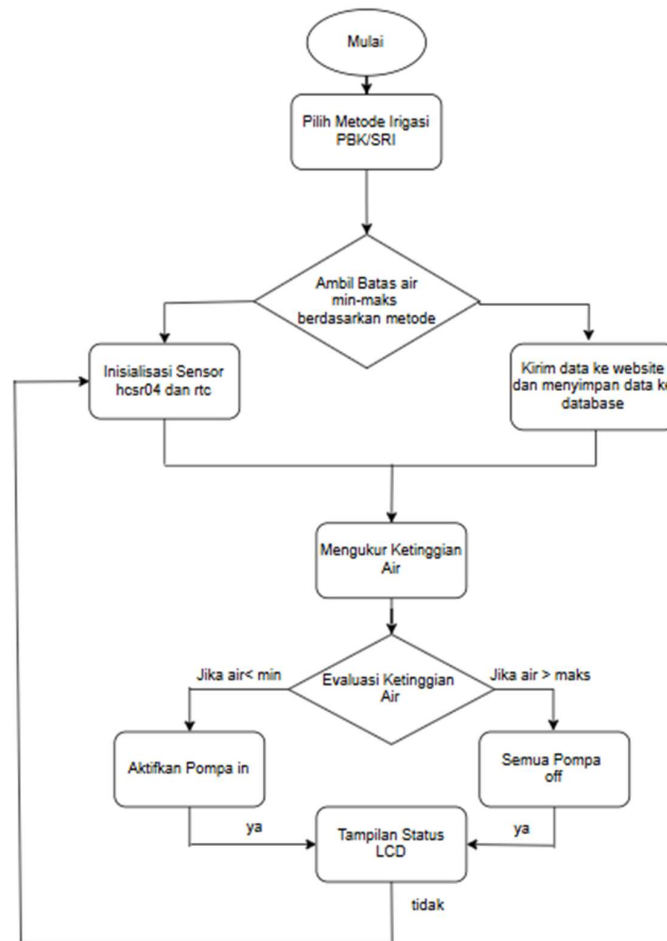
Gambar 3.2 menunjukan sensor *ultrasonic hr-rc04* yang akan membaca nilai keadaan kondisi ketinggian air dan sensor *rtc* untuk memberikan waktu dan tanggal serta mengirimkan data melalui *esp32* yang akan memproses input data sensor *ultrasonic hr-rc04* dan *rtc*. Lalu *lcd* untuk menampilkan data pada layar *lcd*. Relay seperti output yang akan merespon sesuai sensor. Apabila *relay on*, maka pompa masuk akan otomatis menyalakan air sesuai dengan ketentuan ketinggian sedangkan untuk pompa keluar mengeluarkan air apabila ketinggian air melebihi dari ketentuan.



Gambar 3. 2 Diagram Blok Alat

3.2.2 Flowchart Sistem Otomastisasi Irigasi

Gambar 3.3 menunjukkan flowchart alur sistem otomatisasi irigasi padi ini menunjukkan alur kerja sistem akan memulai dan pemilihan metode irigasi (PBK atau SRI) dan mengambil batas ketinggian air yang sesuai dengan metode yang dipilih. Kemudian sensor ultrasonik *HC-SR04* dan *RTC* akan mulai menginisialisasi untuk melakukan pengukuran ketinggian air. Apabila ketinggian air di bawah batas minimum, pompa akan otomatis dinyalakan dan jika ketinggian air di atas maksimum maka pompa otomatis akan dimatikan dan akan membuang air sampai batas air maksimal. Lalu seluruh status ketinggian air ini akan ditampilkan pada lcd dan data akan kirim ke *server* untuk mencatat dalam *database*.

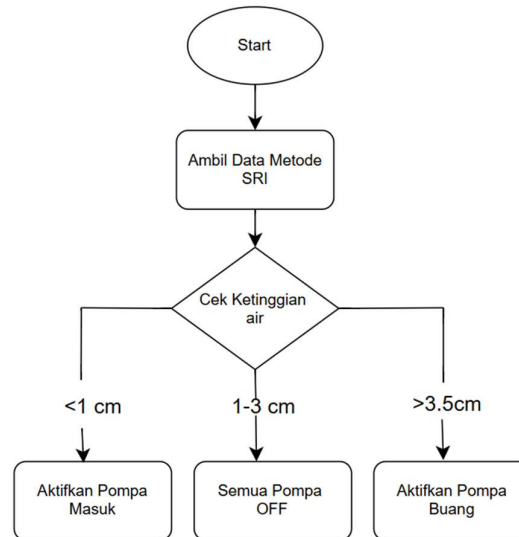


Gambar 3. 3 Flowchart Cara Kerja Sistem Otomastisasi Irigasi

3.2.3 Flowchart Sistem SRI

Gambar 3.4 terlihat bahwa prosedur kerja sistem irigasi otomatis berdasarkan pendekatan *System of Rice Intensification* (SRI) dengan kontrol yang bergantung pada ketinggian air secara *real-time*. Pendekatan ini menekankan pemanfaatan air yang efisien dengan mempertahankan ketinggian air dalam parameter *ideal* untuk pertumbuhan optimum tanaman padi. Proses dimulai dari kondisi awal, di mana sistem mulai berjalan secara otomatis. Langkah pertama yang diambil adalah mengumpulkan data parameter metode SRI, khususnya batas minimum dan maksimum ketinggian air yang direkomendasikan, yaitu antara 1 cm hingga 3 cm. Nilai ini menjadi acuan utama dalam pengambilan keputusan irigasi.

Selanjutnya, sistem melakukan pengukuran ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik.



Gambar 3.4 Flowchart Sistem SRI

Berdasarkan data hasil pengukuran tersebut, sistem melakukan proses pengambilan keputusan otomatis sesuai dengan kondisi berikut:

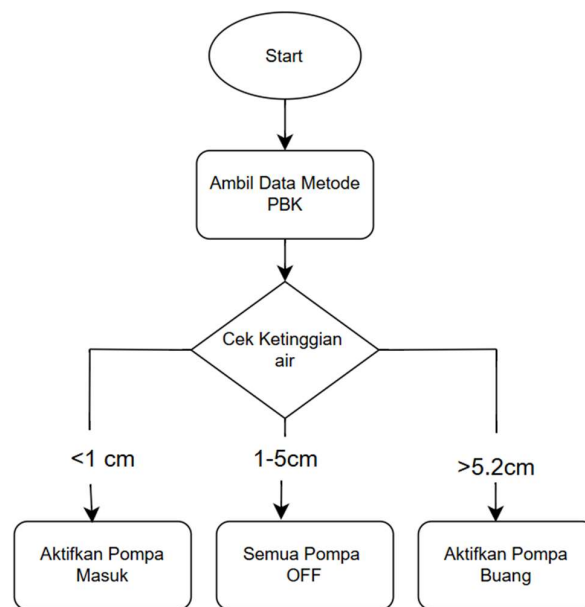
1. Jika ketinggian air < 1 cm, maka sistem akan menghidupkan pompa masuk. Hal ini menunjukkan bahwa lahan mengalami kekurangan air dan perlu segera dilakukan pengisian agar mencapai batas minimum yang ideal.
2. Jika ketinggian air berada pada rentang 1–3 cm, maka sistem akan mematikan semua pompa, karena air sudah berada dalam kondisi yang ideal dan tidak diperlukan tindakan lebih lanjut.
3. Jika ketinggian air > 3.5 cm, maka sistem akan menghidupkan pompa pembuangan. Tindakan ini diperlukan untuk mengurangi kelebihan air di lahan, yang jika dibiarkan dapat mengakibatkan genangan dan mengganggu pertumbuhan tanaman.

Logika kontrol ini memastikan bahwa irigasi dilakukan dengan presisi, efisien, dan berkelanjutan. Selain itu, toleransi maksimal 1 cm di atas batas tertinggi (3 cm) ditetapkan untuk menghindari pengaktifan pompa yang terlalu sering akibat perubahan kecil pada pembacaan sensor. Dengan demikian, sistem ini mampu

menjaga kondisi air yang optimal secara otomatis sesuai dengan prinsip dasar metode SRI.

3.2.4 Flowchart Sistem PBK

Pada Gambar 3.5 menunjukan bawah metode Pengairan Basah Kering (PBK) adalah teknik pengairan yang bertujuan untuk menghemat sumber daya air sekaligus mendukung pertumbuhan maksimal tanaman padi. Pada sistem otomatisasi yang dikembangkan, logika pengaturan pompa didasarkan pada level air di lahan sawah yang terus dipantau secara *real-time* menggunakan sensor ultrasonik.



Gambar 3.5 *Flowchart* Sistem PBK

Berdasarkan prinsip metode PBK, terdapat dua kondisi utama dalam pengontrolan pompa

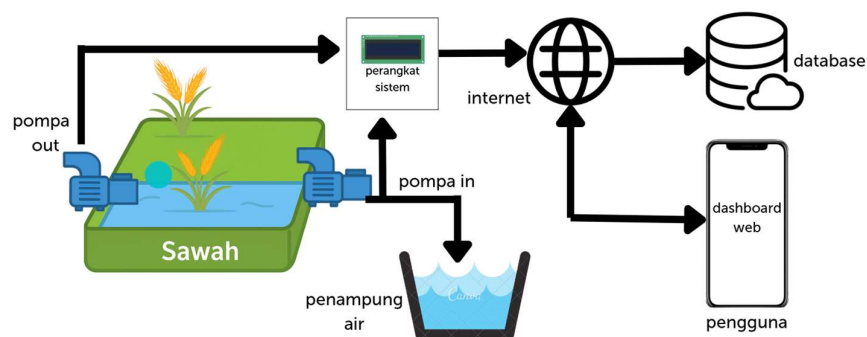
1. Kondisi Kekeringan (Pompa Isi Aktif): Ketika level air turun di bawah batas minimum yang ditetapkan, yaitu kurang dari 1 cm, maka sistem akan secara otomatis menghidupkan pompa pengisian untuk meningkatkan level air.
2. Kondisi Kelembaban Optimal (Semua Pompa Mati): Saat level air berada dalam rentang 3 cm hingga 5 cm, maka sistem menganggap keadaan lahan dalam kondisi optimal.

3. Kondisi Kejenuhan (Pompa Buang Aktif): Apabila level air melebihi batas maksimum, yaitu lebih dari 5 cm, maka sistem akan menghidupkan pompa buang untuk mengurangi kelebihan air. Hal ini penting untuk menghindari kondisi jenuh air yang dapat menghambat pertumbuhan akar dan meningkatkan risiko penyakit akar pada tanaman padi.

Logika kontrol ini memastikan bahwa sistem beroperasi secara efisien dan adaptif terhadap kondisi aktual di lapangan. Kisaran batas air ini juga dipilih berdasarkan referensi metode PBK dan telah disesuaikan dengan literatur pendukung.

3.2.5 Diagram Arsitektur

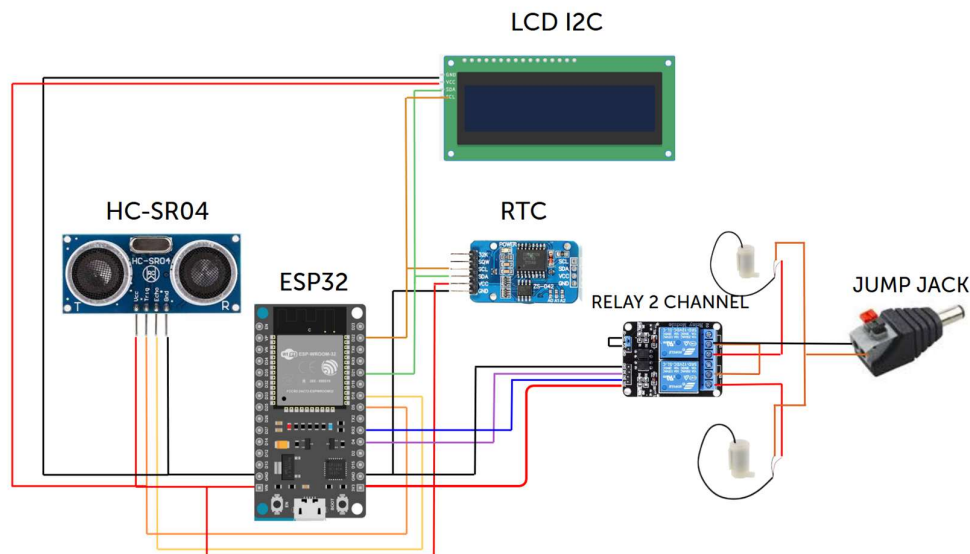
Pada Gambar 3.6 menunjukkan sistem irigasi otomatis yang dirancang ini dengan menggunakan arsitektur berbasis *IoT* yang dapat menghubungkan perangkat keras seperti *ESP32*, sensor *ultrasonik HC-SR04*, *RTC*, relay dan *LCD I2C* dengan server backend dan antarmuka web. *ESP32* akan membaca data ketinggian air secara *real time* dan akan mengirimkannya melalui jaringan *wifi* ke server dengan menggunakan *REST API*. Server backend ini dibuat dengan *Node.js* yang menyimpan data tersebut ke dalam database *MongoDB*, dan *frontend*. Pengguna dapat memantau kondisi lahan dengan mengatur metode irigasi (PBK atau SRI). Seluruh komponen ini yang terintegrasi dalam arsitektur yang dapat memungkinkan untuk monitoring dan mengontrol irigasi yang dapat dilakukan dengan jarak jauh dan juga menampilkan data secara *real time*.



Gambar 3. 6 Diagram Arsitektur

3.2.6 Rangkaian Wiring

Pada Gambar 3.7 desain rangkaian *hardware* dari beberapa rangkaian komponen perangkat keras yang menjadi satu rangkaian menyeluruh. Pada gambar *esp32* ini berfungsi sebagai komponen yang utama untuk mengendalikan sistem, karena menggunakan *esp32* dapat langsung terkoneksi ke internet melalui *wifi* sehingga dapat mengirimkan data secara langsung ke *database* melalui internet. Lalu data yang diterima dari sensor akan dikirim notifikasi melalui *website*. Sensor yang akan digunakan adalah sensor *hc-sr04* sebagai sensor pendukung untuk mengukur ketinggian air karena sensor ini memberikan output secara digital, lalu sensor ini akan digunakan untuk mendeteksi ketinggian air dan *relay* berfungsi sebagai saklar untuk pompa masuk dan keluar.

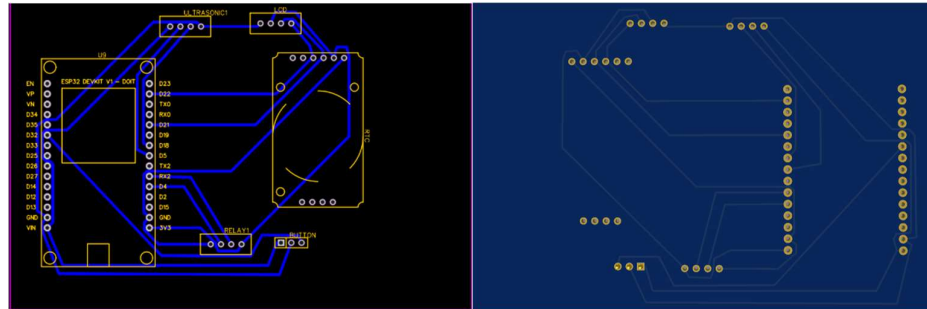


Gambar 3. 7 Rangkaian Wiring

3.2.7 Desain PCB

PCB merupakan sebuah papan circuit yang dicetak untuk digunakan sebagai media yang menghubungkan komponen secara fisik elektronik dan elektrik. *Pcb* ini menggantikan penggunaan kabel yang rumit dengan menggunakan jalur konduktif. Untuk mempermudah proses pengujian sistem yang telah dikembangkan, peneliti merancang dan mencetak *desain pcb* yang dapat mencakup keseluruhan perangkat

yang akan digunakan, pada Gambar 3.8 untuk perangkat tanaman. Pada gambar tersebut didesain dengan menggunakan aplikasi *EasyEda* untuk membuat desain *PCB*.



Gambar 3. 8 *Desain Wiring PCB* Perangkat Tanaman

3.2.8 Rancangan Alat

Pada sistem irigasi otomatis berbasis web ini dirancang dengan menggunakan beberapa komponen utama. Setiap komponen ini memiliki fungsi yang spesifik untuk mendukung proses otomatisasi irigasi, yang di mulai dari pengukuran ketinggian air sampai kontrol pompa. Berikut tabel 3.1 menunjukkan rancangan alat setiap perangkat keras yang digunakan:

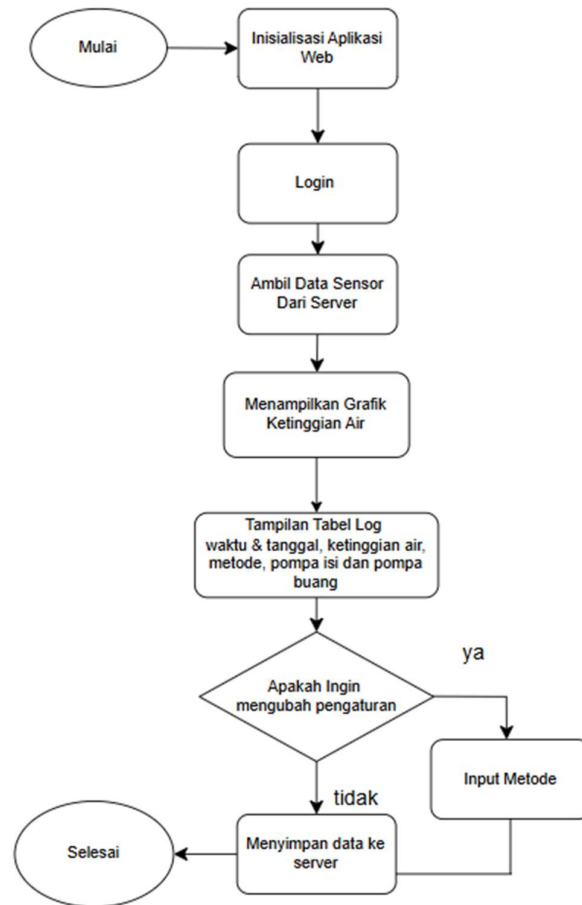
Tabel 3.1 Rancangan Alat

No	Komponen	Fungsi
1.	Esp 32	Mikrokontroller utama yang memproses dari data sensor serta mengirimkan ke server melalui wifi
2.	Sensor Ultrasonic HC-SR04	Sensor untuk mengukur ketinggian air secara real-time
3.	Relay 2 Channel	Untuk mengendalikan status ON/OFF pada pompa air secara otomatis

No	Komponen	Fungsi
4.	RTC DS3231	Untuk menyimpan dan menjaga waktu yang aktual untuk penjadwalan otomatis
5.	Pompa Dc	Membuka atau mengalirkan air sesuai kebutuhan irigasi
6.	LCD I2C	Untuk menampilkan status ketinggian air dan status on off
7.	Adaptor 5V	Sumber daya untuk mengaktifkan seluruh sistem

3.2.9 Flowchart Web

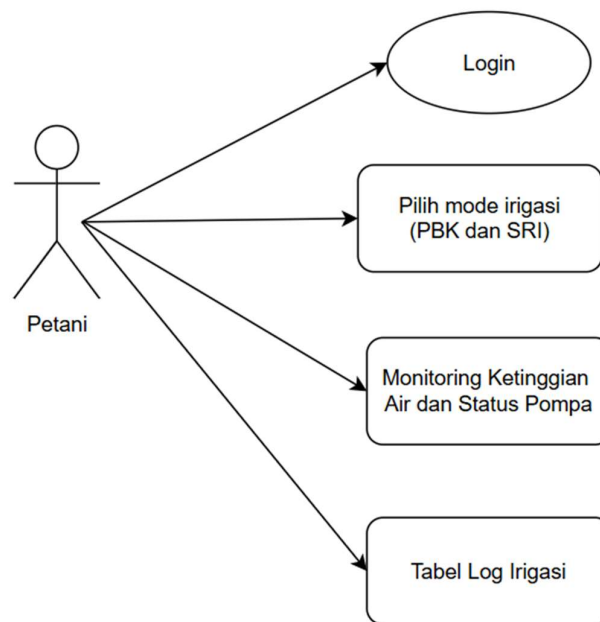
Flowchart yang ditampilkan pada Gambar 3.9 merintahkan proses operasional aplikasi web yang diterapkan dalam sistem otomatisasi irigasi padi menggunakan metode PBK (Pengairan Basah Kering) dan SRI (*System of Rice Intensification*). Diagram ini mencerminkan tahapan mulai dari pengenalan aplikasi, verifikasi pengguna, pengambilan data sensor dari server, hingga pencatatan data log irigasi. Aplikasi berbasis web ini yang menggunakan *MongoDB* sebagai *backend* untuk menampilkan data secara *real time* serta alur kerja sistem web yang dimulai dari proses *inisialisasi web*, dengan proses login untuk pengguna. Jika berhasil login maka aplikasi akan mengambil data sensor dari *server*, seperti ketinggian air dan status pompa dan juga ada grafik ketinggiannya kemudian akan menampilkan pada log tabel yang memungkinkan pengguna dapat memantau kondisi tanaman secara *real-time*. Apabila pengguna ingin mengubah pengaturan awal maka data akan disimpan ke server dan proses selesai. Namun jika pengguna memilih untuk merubah pengaturan maka pengguna akan melakukan input terhadap metode lalu data akan tersimpan dan kembali ke *server* sebelum sistem selesai. Siklus ini dapat diulangi sesuai kebutuhan, serta menjaga aplikasi web tetap responsif dengan perubahan data.



Gambar 3. 9 Flowchart Web

3.2.10 Use Case Diagram

Pada Gambar 3.10 menunjukkan use case mengenai pengguna dalam sistem ini adalah petani, sebagai pengguna sistem. Di mana petani dapat melakukan login untuk masuk ke dalam dashboard web, yang dapat memantau kondisi ketinggian air pada lahan padi, serta memantau status pompa dan memilih mode irigasi yang dipilih (PBK atau SRI). Dengan ada sistem, petani dapat mengakses data secara real-time melalui dashboard.

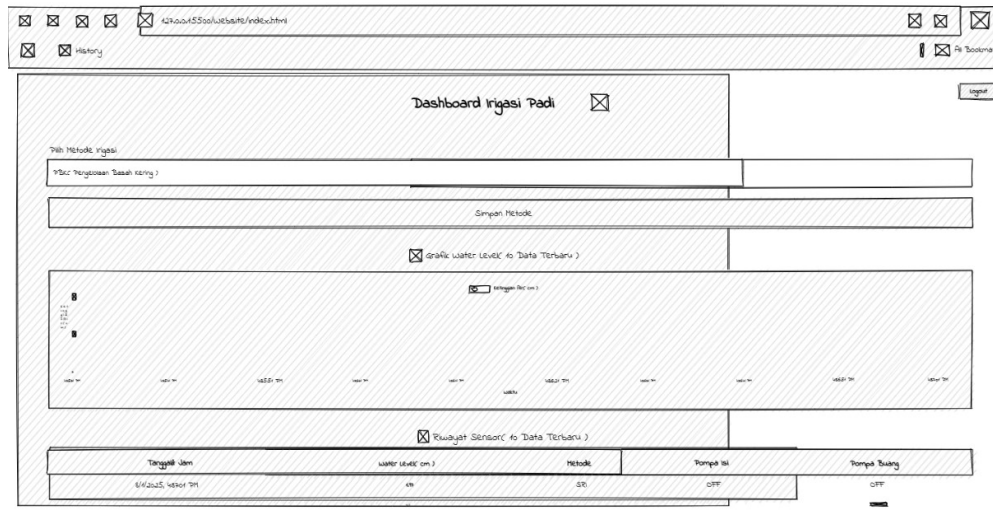


Gambar 3.10 Use Case Diagram

Dapat dilihat bahwa petani memiliki akses penuh terhadap proses pemantauan dan pengendalian irigasi. Petani hanya dapat memantau melalui antarmuka web, sedangkan untuk prosedur teknis untuk mengukur ketinggian air dengan pengaturan pompa dan penyimpanan data secara otomatis oleh sistem IoT. Sistem ini dapat memberikan kemudahan untuk petani dalam mengelola irigasi padi dengan cara yang lebih efisien.

3.2.11 Rancangan Website

Pada Gambar 3.11 menunjukan tahapan ini dilakukan dengan perancangan pada rancangan sistem untuk membantu mendefinisikan arsitektur ada perancangan sistem perangkat lunak.



Gambar 3.11 Rancangan Website

Menampilkan mockup antarmuka web untuk sistem irigasi padi. Dalam tampilan ini, pengguna dapat memilih teknik irigasi (PBK atau SRI), melihat grafik ketinggian air secara langsung, serta melacak riwayat sensor dalam format tabel yang memuat informasi waktu, ketinggian air, metode, dan status pompa. Rancangan ini dibuat sederhana untuk memudahkan penggunaan dan mendukung pemantauan serta pengendalian irigasi dengan efisien.

3.3 Pengujian

Pengujian sistem ini dilakukan untuk memastikan bahwa fitur utama yang sudah dikembangkan oleh sistem *dashboard* pada irigasi padi berbasis *web* bisa berjalan sesuai dengan perancangan. Pengujian ini diarahkan pada antarmuka pengguna dan respon sistem, pada antarmuka pengguna serta respon sistem terhadap data yang dikirimkan pada perangkat *ESP32* dan bagaimana sistem ini akan menampilkan data dalam bentuk tabel log dan grafik. Berikut ini merupakan skenario dari pengujian yang dirancang untuk memastikan sistem ini berjalan sesuai dengan fungsinya. Berikut ini tabel 3.2 untuk pengujian yang telah dirancang:

Tabel 3. 2 Pengujian

No	Pengujian Sistem	Tujuan	Langkah Pengujian	Hasil Output
1.	Memilih Metode Irigasi	Untuk memastikan metode PBK dan SRI dapat dipilih dan disimpan	1. Akses dashboard web 2. Memilih metode PBK dan SRI 3. Klik tombol simpan	Setiap sistem akan menyimpan pilihan metode serta menampilkan data
2.	Tampilan Grafik Ketinggian	Untuk memastikan bahwa grafik ketinggian air dapat menampilkan data secara real-time	1. Jalankan dashboard 2. Input data dummy sensor ke backend 3. Amati grafik	Grafik akan otomatis memperbarui ketinggian air dengan real-time
3.	Irigasi Log Data	Memastikan sistem akan mencatat data pada ketinggian air, waktu serta metode	1. Jalankan sistem 2. Pilih metode 3. Data akan dikirim secara bertahap 4. Cek tabel log pada dashboard	Pada tabel ini akan menampilkan Riwayat waktu, ketinggian air dan metode

Berdasarkan dari pengujian pada tabel 3.2 bahwa setiap fitur ini menjalankan secara terpisah dan untuk memastikan juga bahwa fungsi serta alur kerjanya ini sesuai dengan tujuan pada perancangan sistem. Pengujian ini dilakukan

untuk mengetahui apakah sistem irigasi otomatis berbasis web yang telah dikembangkan ini data berjalan sesuai dengan fungsinya dan apakah memberikan efisiensi penggunaan air dengan metode PBK dan *SRI*. Pada tahapan pengujian peneliti menggunakan metode *Functional Testing* yang merupakan sebuah pengujian yang menguji dari fungsionalitas dari kinerja sistem terhadap variabel penting seperti akurasi sensor, efisiensi penggunaan air dan efektivitas pada sistem kontrol otomatis.

3.4 Pengembangan

Pengembangan ini melibatkan beberapa tahapan dengan tujuan untuk memastikan sistem yang dibuat dapat berfungsi secara optimal. Dalam tahap ini kegiatan yang dilakukan adalah merealisasikan desain yang sudah dibuat menjadi produk yang siap untuk diimplementasikan. Berikut adalah tahapan tahapan yang mencakup pada fase pengembangan (*Development*). Pada metode pengembangan ini sistem yang digunakan yaitu metode *agile*. Di mana metode ini dipilih karena dapat memberikan kemudahan serta metode yang fleksibel di dalam pengembangan sistem. Karena metode ini dianggap cocok dengan produk sistem berskala kecil hingga menengah (L. Cao dkk, 2009).

1. Persiapan dimulai dengan membaca atau meneliti terlebih dahulu mengenai kebutuhan sistem, komponen yang akan digunakan serta gambaran arsitekturnya dan teknologi yang akan dipakai.
2. Merangkai komponen atau *prototyping*, pada penelitian ini akan mulai merangkai sejumlah komponen yang akan dibuat dengan desain yang telah dibuat sebelumnya, seperti komponen pada perangkat tanaman. Dan melakukan pengujian fungsional pada perangkat yang telah dibuat.
3. Pada proses perakitan alat ini menjadi versi awal dari produk yang di buat dengan memiliki fitur fitur yang dasar cukup digunakan dan sebagai landasan awal bagi peneliti selanjutnya dan bisa dikembangkan produk selanjutnya. Pada perakitan ini mencakup proses desain *Printed Circuit Board (PCB)*, desain dan cetak *pcb*, case dan proses keseluruhan sistem sampai siap diuji.

3.5 Evaluasi

Evaluasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah untuk memastikan bahwa sistem irigasi padi berbasis web ini dapat berjalan sesuai dengan rancangan. Evaluasi ini mencakup pada pengujian *fungsionalitas* pada sistem seperti sensor, server dan dashboard, validasi data ini dilakukan sesuai dengan format database, dan pengujian dengan akurasi yang dibandingkan dengan hasil sensor pada pengukuran manual. Pada performa sistem ini dievaluasi dengan berdasarkan pada kecepatan respon dan juga kestabilan pada pengiriman data secara *real-time*. Dengan evaluasi ini dapat diharapkan bahwa sistem ini untuk memberikan data secara akurat serta konsisten yang dapat diandalkan dalam mendukung metode irigasi PBK dan SRI.

3.6 Pelaporan

Pada pelaporan hasil penelitian ini disusun dalam bentuk skripsi Di mana mencakup semua temuan yang didapat selama penelitian dan dibuat secara rinci ke dalam dokumen sehingga dapat dijadikan sebagai referensi. Dan tahapan pelaporan ini untuk memberikan hasil dari awal hingga akhirnya bahwa alat yang telah dirancang berjalan sesuai dengan perintah. Pelaporan ini merupakan tahapan terakhir dalam rancangan.