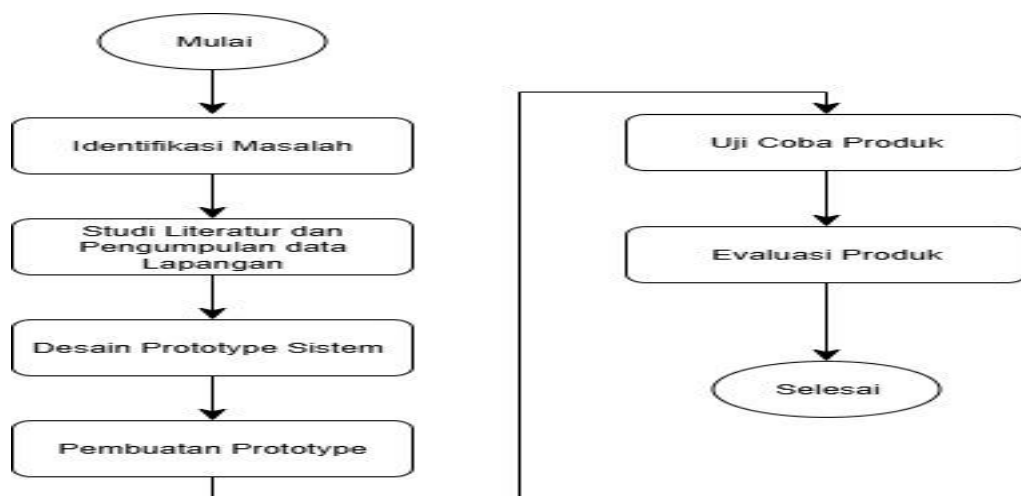


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode dan Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan dalam perancangan sistem *monitoring* iklim mikro pada peternakan domba berbasis IoT dengan fitur alarm notifikasi pencegahan adalah metode *Research and Development* (R&D). Metode R&D sangat relevan untuk pengembangan sistem ini karena bertujuan untuk menghasilkan produk tertentu yang dapat mengatasi permasalahan yang ada serta menguji efektivitas sistem yang dirancang. R&D mencakup serangkaian tahapan yang sistematis dan terencana mulai dari identifikasi kebutuhan, analisis, perancangan, implementasi, hingga evaluasi sistem (Triyanto et al., 2023). Tahapan awal dalam R&D melibatkan analisis kebutuhan peternakan domba, di mana data dapat dikumpulkan melalui wawancara dengan peternak dan observasi di lapangan (Nurkholis et al., 2021). Hal ini sesuai dengan prosedur yang dijelaskan dalam penelitian sebelumnya, yang menunjukkan pentingnya pengumpulan data dari pemangku kepentingan untuk menentukan spesifikasi sistem yang dibutuhkan (Dalimunthe, 2024). Selanjutnya, desain sistem akan meliputi pemilihan komponen hardware dan software yang akan digunakan dalam sistem *monitoring* dan kontrol, seperti sensor suhu dan kelembapan, serta modul komunikasi IoT untuk pengiriman data secara *real-time* (Dafa et al., 2021).



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

Prototyping adalah salah satu pendekatan yang dapat digunakan dalam tahap pengembangan sistem. Metode ini memungkinkan untuk membuat model awal dari sistem yang dapat diujicobakan dan dievaluasi (Nafisah et al., 2021). Dengan melakukan pengujian fungsional, tim pengembang dapat mengevaluasi apakah sistem sudah memenuhi kebutuhan yang telah dianalisis sebelumnya dan melakukan perbaikan jika diperlukan. Hal ini sangat penting untuk menjamin bahwa semua fitur berfungsi dengan baik dan dapat memberikan data akurat yang diperlukan untuk pengambilan keputusan (Khaidar et al., 2024).

Setelah sistem dikembangkan dan diuji, tahap evaluasi akan dilakukan untuk menilai seberapa efektif sistem dalam memenuhi tujuan yang diharapkan. Metode evaluasi yang digunakan dapat meliputi pengujian pengguna dengan melibatkan peternak dalam proses pengujian untuk mendapatkan umpan balik langsung mengenai kinerja sistem (Saintikom et al., 2024). Hasil dari evaluasi ini akan membantu dalam melakukan perbaikan lebih lanjut dan penyesuaian sistem sebelum diimplementasikan secara luas di peternakan domba.

Dalam implementasi sistem, hasil dari penelitian R&D akan difokuskan pada efisiensi dan efektivitas *monitoring* iklim mikro untuk meningkatkan kesejahteraan domba. Diharapkan sistem ini dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap kualitas hidup hewan ternak dan peningkatan produktivitas hasil peternakan.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam kurun waktu 28 Juli 2025 hingga 29 Juli 2025, yang mencakup proses perancangan, perakitan, dan pengujian *prototype* sistem *monitoring* iklim mikro pada peternakan domba berbasis teknologi IoT. Tahapan penelitian meliputi identifikasi kebutuhan sistem, perancangan perangkat keras dan lunak, integrasi sensor dengan mikrokontroler ESP32, pemrograman sistem alarm notifikasi prediktif, serta pengujian performa sistem secara langsung di lapangan.



Gambar 3. 2 Kandang Domba SBH Farm

Adapun lokasi penelitian berada di Kandang Domba SBH Farm yang ditunjukkan pada **Gambar 3.2**, yang terletak di Kampung Jl. Bojong Nangka, Desa Kopo, Kecamatan Kutawaringin, Kabupaten Bandung, Jawa Barat 40911. SBH Farm dikenal sebagai peternakan edukatif dengan konsep sosial bertajuk "*Livestock for free education*" yang tertulis jelas pada papan yang tergantung di area kandang. Lingkungan kandang ini terdiri atas deretan bilik pemeliharaan individual berbahan kayu dan rangka logam beratap seng, yang cenderung menghasilkan fluktuasi suhu dan kelembaban tinggi di siang hari.

Desain struktural kandang yang semi-tertutup menjadikannya lokasi ideal untuk menguji kepekaan dan efektivitas sistem IoT dalam mendeteksi perubahan iklim mikro secara *real-time*. Selain itu, kondisi kandang yang cukup padat populasi dan minim kontrol otomatis terhadap sirkulasi udara menjadi tantangan nyata yang memungkinkan sistem peringatan dini bekerja secara optimal.

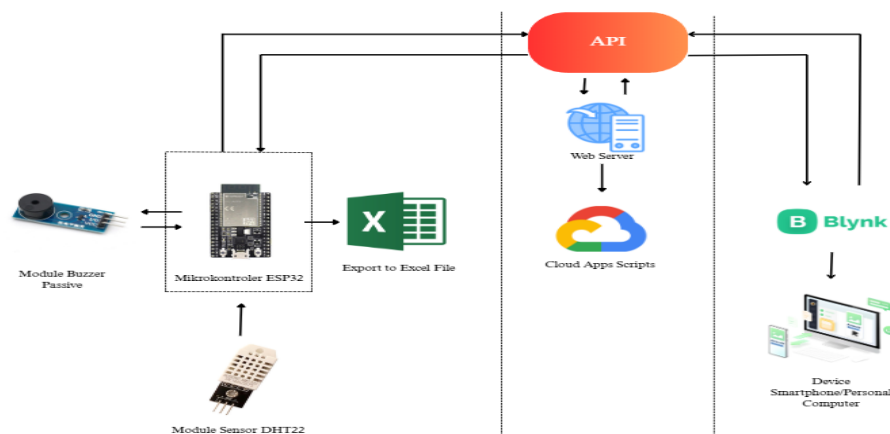
3.3 Perancangan Desain Sistem

Perancangan desain sistem terbagi menjadi dua yaitu desain *hardware* dan *software system*. Perancangan desain *hardware* meliputi pemilihan sensor suhu, pemilihan sensor kelembapan, dan juga pemilihan mikrokontroler yang akan

digunakan, serta skematik desain hardware. Perancangan software terdiri dari proses pemrograman mikrokontroler untuk mendapatkan data-data dari sensor yang akan dikirim menuju cloud yang tertera pada platform Blynk, dan juga proses desain interface yang akan digunakan untuk *memonitoring* data.

3.3.1 Desain Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang untuk memantau parameter iklim mikro pada kandang domba secara *real-time* dan memberikan notifikasi peringatan dini apabila terjadi kondisi ekstrem yang berpotensi menyebabkan stres termal pada ternak. Sistem ini menggabungkan sensor, mikrokontroler, teknologi cloud, dan platform *monitoring* berbasis IoT dalam satu ekosistem terintegrasi.



Gambar 3. 3 Desain Arsitektur Sistem

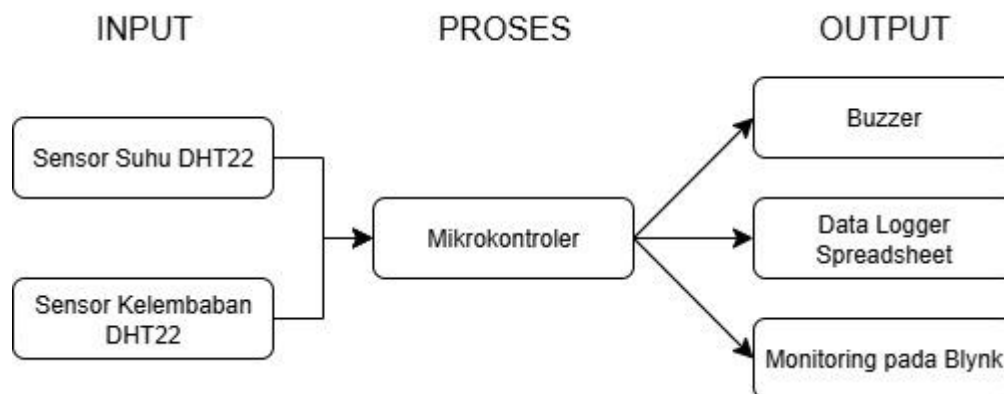
Komponen utama sistem terdiri dari sensor DHT22 yang berfungsi untuk membaca suhu dan kelembaban lingkungan di dalam kandang. Sensor ini terhubung langsung dengan mikrokontroler ESP32, yang berperan sebagai pusat kendali sistem. ESP32 memproses data yang diterima dari sensor, lalu membandingkannya dengan nilai ambang batas yang telah ditentukan. Apabila nilai suhu atau kelembaban berada diluar rentang aman, maka ESP32 akan mengaktifkan modul buzzer pasif sebagai alarm lokal di lokasi kandang.

Selain aktivasi alarm lokal, sistem juga dirancang untuk mengirimkan data *monitoring* secara nirkabel melalui jaringan WiFi. Data ini dikirim ke dua jalur

utama: pertama, melalui API Web Server yang terhubung dengan Google Apps Script untuk kemudian disimpan ke dalam format Excel berbasis Google Sheets sebagai *data logger* harian; kedua, data juga dikirim secara paralel ke platform Blynk Cloud. Melalui aplikasi Blynk, pengguna dapat memantau kondisi kandang secara *real-time* melalui perangkat *smartphone* atau komputer pribadi.

3.3.2 Desain Hardware

Pada perakitan hardware terdiri dari diagram blok sistem yang menjelaskan cara kerja dari komponen-komponen yang digunakan pada sistem *monitoring* iklim mikro. Sensor DHT22 yang berfungsi untuk mendeteksi suhu dan kelembapan pada area kandang yang nantinya input dari data sensor DHT22 akan diproses oleh mikrokontroler, dan akan dibandingkan dengan standarisasi yang sudah diinput dalam sistem pemrograman. Data tersebut akan dikirimkan langsung menuju platform Blynk yang nantinya akan berbentuk seperti grafik yang menandakan tingkat parameter yang ada pada kandang sehingga data dapat dilakuka *monitoring* secara berkala oleh pengguna. Berikut diagram blok sistem ditunjukkan pada **Gambar 3.4** berikut:



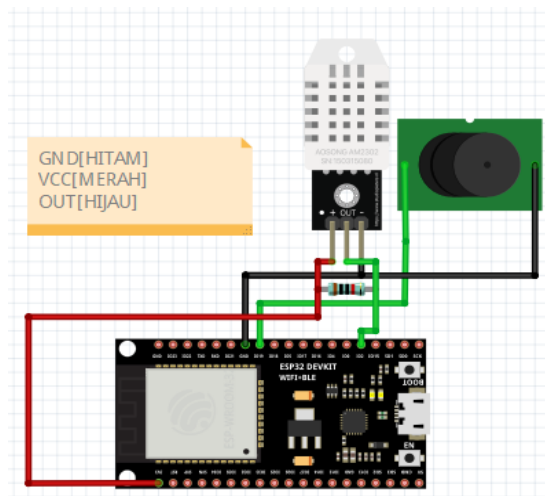
Gambar 3. 4 Blok Diagram Sistem

Pada **Gambar 3.4** terdapat blok diagram sistem yang menjadi landasan dari desain sistem pada penelitian ini. Desain perangkat keras (*Hardware*) pada sistem ini dirancang dengan memanfaatkan tiga komponen utama yaitu, sensor DHT22, mikrokontroler ESP32, dan buzzer. Diagram blok sistem terbagi menjadi tiga bagian utama, yaitu input, proses, dan output.

Pada bagian input, digunakan sensor DHT22 yang berfungsi untuk mengukur dua parameter penting lingkungan, yaitu suhu dan kelembaban relatif di dalam kandang domba. Sensor ini mengirimkan data secara digital ke mikrokontroler untuk selanjutnya dianalisis. Pada bagian proses dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32, yang berperan sebagai pusat pengolahan data. Setelah menerima data dari sensor DHT22, ESP32 membandingkan nilai suhu dan kelembaban yang terukur dengan nilai ambang batas yang telah ditentukan. Jika data menunjukkan bahwa kondisi suhu atau kelembaban berada di luar rentang ideal, maka sistem akan memberikan *Push Notification*. Pada bagian output, digunakan buzzer sebagai alat notifikasi peringatan dini. Ketika terjadi penyimpangan dari batas normal (misalnya suhu terlalu tinggi atau kelembaban terlalu rendah), mikrokontroler akan mengaktifkan buzzer sebagai alarm untuk memberi tahu peternak bahwa kondisi iklim mikro sedang tidak sesuai. Alarm ini dapat membantu peternak untuk segera mengambil tindakan preventif guna menjaga kesehatan dan kenyamanan domba.

Secara keseluruhan, sistem ini dirancang sederhana namun efektif untuk memberikan notifikasi pencegahan dini terhadap perubahan lingkungan di dalam kandang secara *real-time*, yang sangat penting dalam menjaga produktivitas dan kesejahteraan ternak.

Setelah merancang blok diagram sistem yang menggambarkan alur kerja dari input hingga output, tahap selanjutnya adalah merealisasikan desain tersebut ke dalam bentuk skematik diagram. Desain skematik ini berfungsi untuk menunjukkan hubungan teknis antar komponen secara rinci, termasuk koneksi fisik antara sensor, mikrokontroler, dan aktuator yang digunakan dalam sistem.



Gambar 3. 5 Desain Skematik Diagram

Desain perangkat keras dalam sistem *monitoring* iklim mikro berbasis IoT ini bertujuan untuk mendeteksi kondisi suhu dan kelembaban lingkungan secara *real-time* serta memberikan peringatan dini kepada peternak apabila kondisi lingkungan tidak sesuai. Skematik diagram pada **Gambar 3.5** menunjukkan hubungan antar komponen utama yang digunakan, yaitu mikrokontroler ESP32, sensor DHT22, dan buzzer.

Komponen utama sistem adalah mikrokontroler ESP32 DevKit V4, yang berperan sebagai pusat pengendali (*Processor*) dalam membaca data dari sensor dan menjalankan logika pengambilan keputusan. Sensor yang digunakan adalah DHT22, yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembaban udara di lingkungan kandang domba. Sensor ini terhubung langsung ke pin digital ESP32 dan memberikan data secara digital, sehingga dapat dengan mudah diproses oleh mikrokontroler.

Ketika mikrokontroler menerima data suhu atau kelembaban yang melebihi atau berada di luar batas ambang yang telah ditentukan, maka sistem secara otomatis akan mengaktifkan buzzer. Buzzer berfungsi sebagai alarm peringatan lokal, memberikan sinyal suara kepada peternak bahwa kondisi lingkungan berada dalam keadaan tidak normal dan memerlukan tindakan. Aktivasi buzzer dikendalikan oleh salah satu pin digital ESP32 yang diprogram untuk merespons kondisi tersebut.

Secara keseluruhan, desain hardware ini bersifat sederhana namun efektif, memanfaatkan komponen minimum yang tetap mampu menjalankan fungsi *monitoring* dan notifikasi awal dengan baik.

3.3.3 Desain Software

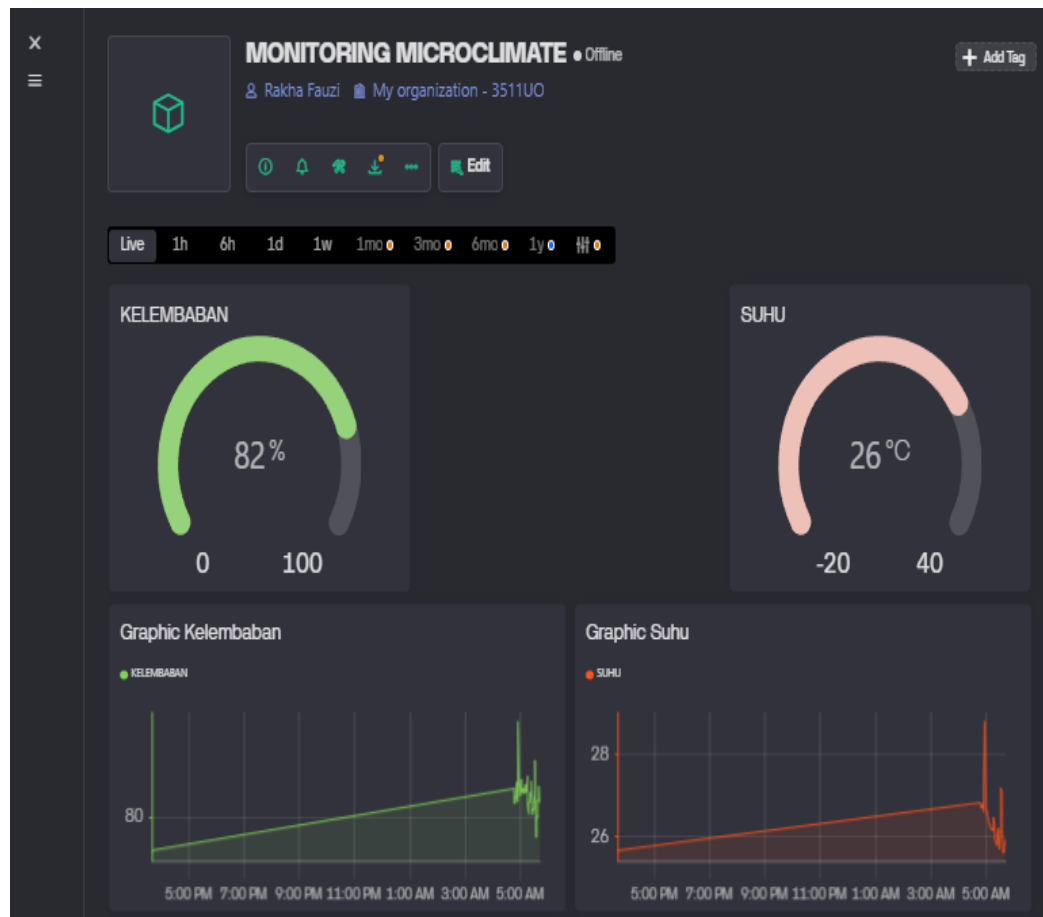
Perangkat lunak yang dirancang dalam penelitian ini berfungsi sebagai pengendali utama dari sistem *monitoring* iklim mikro berbasis IoT yang dibangun untuk mendeteksi dan mencegah kondisi ekstrem di lingkungan kandang domba. Perangkat lunak dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C/C++, dan diimplementasikan pada platform mikrokontroler ESP32. Perangkat lunak ini bertugas mengintegrasikan seluruh komponen sistem, mulai dari pembacaan data sensor suhu dan kelembaban (DHT22), pemrosesan logika kondisi ambang batas, aktivasi alarm lokal (buzzer), hingga pengiriman data ke platform cloud dan notifikasi digital ke peternak.

Tahapan kerja perangkat lunak diawali dengan proses inisialisasi, yang mencakup pengaturan koneksi WiFi, autentikasi token Blynk, dan inisialisasi alamat URL Google Apps Script untuk integrasi dengan Google Sheets. Setelah koneksi berhasil, program akan membaca data suhu dan kelembaban dari sensor suhu dan kelembaban dari sensor DHT22 dalam interval waktu tertentu. Nilai-nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan ambang batas suhu dan kelembaban yang telah ditentukan secara statis. Apabila ditemukan kondisi tidak normal, seperti suhu yang melebihi 30°C dan kelembaban turun di bawah 60%, maka perangkat lunak akan memicu buzzer pasif sebagai bentuk alarm lokal, serta secara bersamaan mengirimkan notifikasi digital ke pengguna melalui aplikasi Blynk yang dapat diakses melalui *smartphone*.

3.3.3.1 Tampilan Dashboard Blynk

Tampilan antarmuka sistem *monitoring* iklim mikro ini dirancang menggunakan Blynk IoT Platform, yang berfungsi sebagai *dashboard* pemantauan jarak jauh berbasis cloud. *Dashboard* ini memungkinkan peternak untuk mengakses

data suhu dan kelembaban lingkungan kandang secara *real-time* melalui perangkat *smartphone* maupun komputer yang telah terhubung dengan internet.



Gambar 3. 6 Tampilan *Web Dashboard*

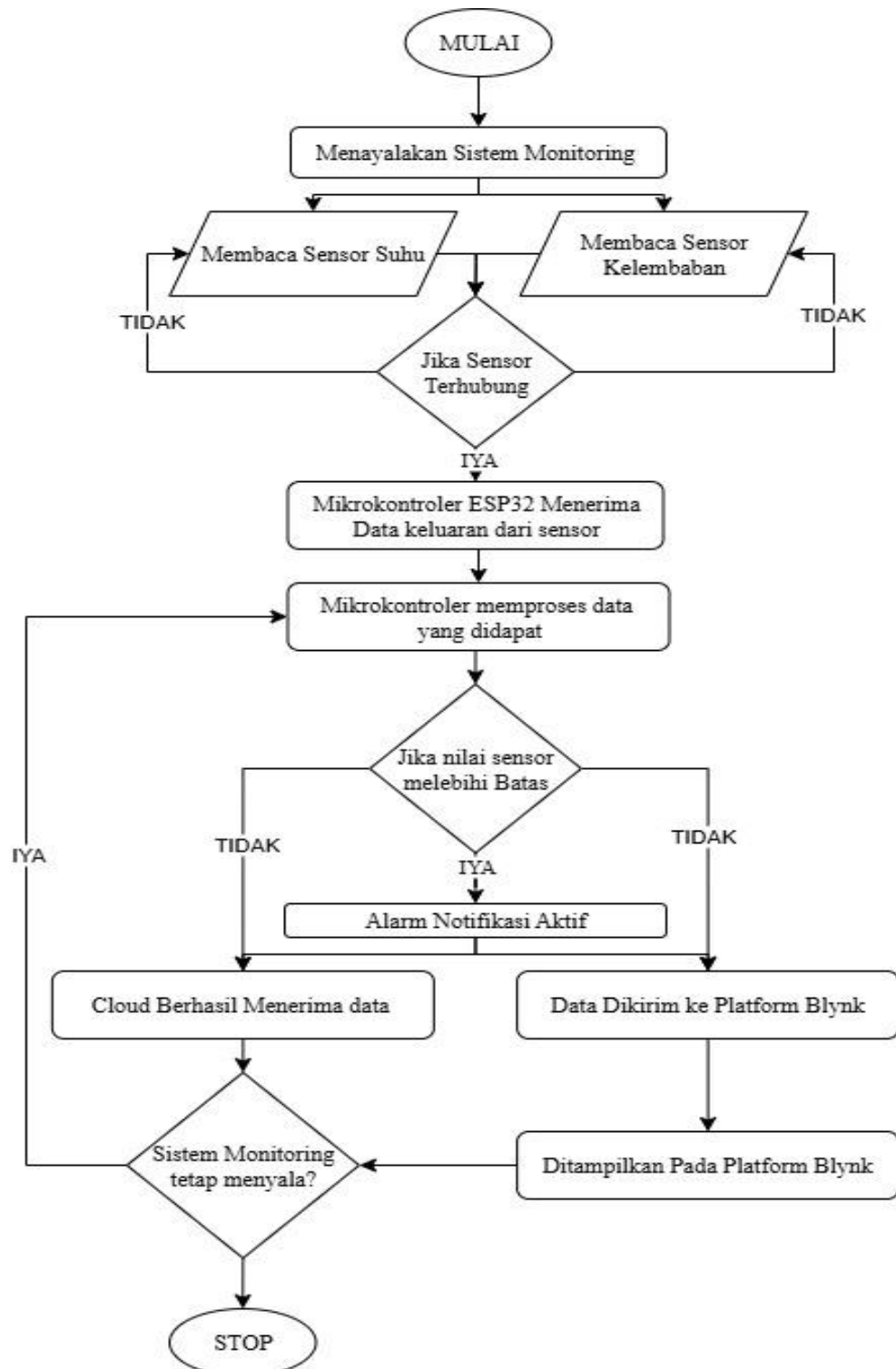
Sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 3.6**, *Web Dashboard* memiliki desain yang informatif dan intuitif, yang terdiri atas beberapa widget utama. Di bagian atas, terdapat informasi organisasi dan status konektivitas sistem. Dua *Gauge Widget* ditampilkan untuk memvisualisasikan kelembaban dalam bentuk persentase (dalam contoh 82%) dan suhu dalam satuan derajat *Celcius* (dalam contoh 26°C), masing-masing dengan rentang nilai yang telah ditentukan (0-100 untuk kelembaban dan -20°C~40°C untuk suhu). Tampilan ini memberikan informasi langsung tentang kondisi lingkungan kandang tanpa perlu membaca angka mentah dari sensor.



Gambar 3. 7 Tampilan *Mobile Dashboard*

Selain versi dekstop, sistem *monitoring* iklim mikro ini juga menyediakan tampilan antarmuka dalam versi *mobile* yang lebih praktis dan responsif. Seperti yang ditampilkan pada **Gambar 3.7**, pengguna dapat memantau nilai suhu dan kelembaban secara langsung melalui aplikasi Blynk IoT *Mobile* di perangkat *Smartphone Android* maupun *iOS*. Dengan ketersediaan *dahsboard* versi *mobile* dan dekstop, sistem ini berhasil mewujudkan pemantauan berbasis IoT yang fleksibel dan adaptif terhadap berbagai kebutuhan pengguna, baik di lapangan maupun dari jarak jauh.

3.3.3.2 Flowchart Sistem



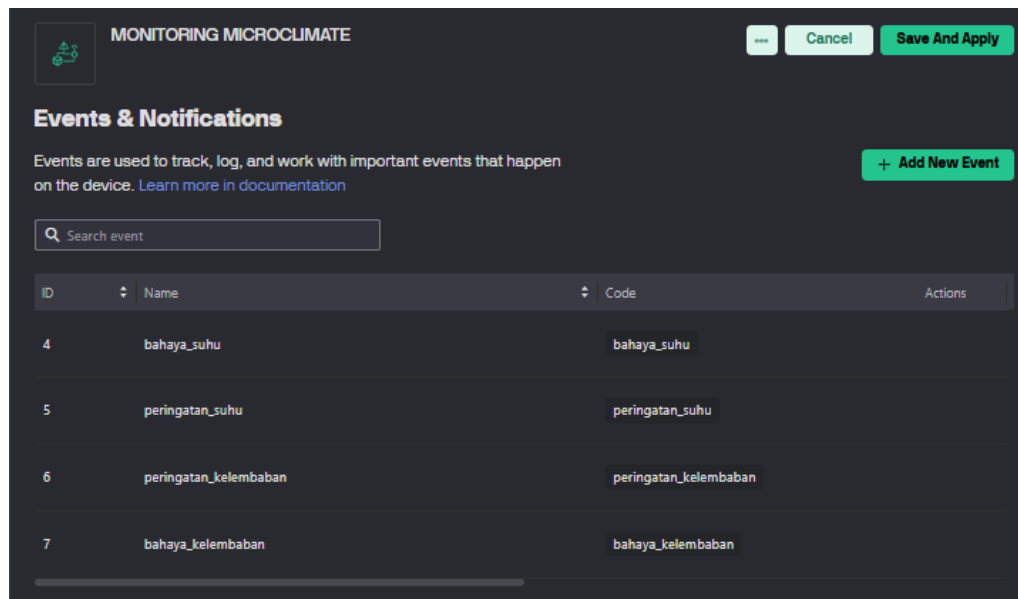
Gambar 3. 8 Flowchart Sistem

Flowchart pada **Gambar 3.6** menggambarkan logika alur kerja sistem *monitoring* iklim mikro yang dikembangkan dalam penelitian ini. Sistem ini berfungsi untuk memantau dan mendeteksi kondisi lingkungan di dalam kandang domba secara otomatis, serta memberikan notifikasi peringatan ketika parameter suhu dan kelembaban berada di luar rentang ideal yang telah ditentukan berdasarkan literatur ilmiah.

Proses dimulai dengan pengambilan data suhu dan kelembaban menggunakan sensor DHT22. Selanjutnya, data tersebut dikirim ke mikrokontroler ESP32 untuk diproses. Sistem kemudian memeriksa apakah nilai suhu berada di bawah 18°C atau di atas 30°C, dan apakah kelembaban berada di atas 80%. Nilai-nilai ambang batas tersebut dipilih berdasarkan standar zona nyaman ternak domba yang dikutip dari (Paper, 2009).

Jika ditemukan nilai suhu atau kelembaban yang melebihi atau kurang dari batas tersebut, maka sistem akan secara otomatis mengaktifkan buzzer sebagai bentuk alarm lokal di lokasi kandang. Selain itu, sistem juga akan mengirimkan notifikasi digital ke aplikasi pengguna melalui interface Blynk, agar peternak dapat segera mengetahui adanya kondisi yang berpotensi membahayakan kenyamanan dan kesehatan ternak.

3.3.4 Mekanisme Notifikasi atau Alarm Prediktif



Gambar 3. 9 *Events and Notifications* pada Blynk IoT Platform

Mekanisme notifikasi atau alarm prediktif pada penelitian ini merupakan fitur utama yang dirancang untuk memberikan peringatan dini kepada peternak apabila terjadi perubahan kondisi lingkungan yang berpotensi membahayakan kesehatan ternak, sistem ini memanfaatkan sensor DHT22 untuk membaca parameter suhu dan kelembaban secara *real-time*, kemudian data yang diperoleh dikirim ke mikrokontroler ESP32 untuk dianalisis berdasarkan batas ambang ideal yang telah ditentukan. Berdasarkan literatur dan referensi ilmiah, suhu ideal bagi domba berkisar antara 18°C-30°C dengan kelembaban relatif antara 60%-80%. Ketika sistem mendeteksi suhu dan kelembaban berada di luar rentang tersebut, maka alarm akan diaktifkan secara otomatis.

3.4 Teknik Pengolahan Data

Pengolahan data dalam penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hasil pembacaan sensor suhu dan kelembaban secara *real-time*, serta mengevaluasi performa sistem notifikasi dini (alarm) sebagai bentuk pencegahan terhadap kondisi iklim mikro yang tidak ideal bagi ternak domba. Data yang dihasilkan berasal dari sensor DHT22 yang terpasang pada kandang, kemudian dikirim secara

periodik melalui mikrokontroler ESP32 ke platform penyimpanan yang dimulai dari Apps Script menuju Google Sheets melalui protokol HTTP.

Proses pengolahan data meliputi beberapa tahapan. Pertama, data mentah yang dikirim dari sensor akan direkam dalam bentuk tabel digital yang terdiri dari parameter suhu, dan kelembaban. Kedua, membuat klasifikasi alarm berdasarkan data dari penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Bhaskaran et al., (2020).

Berdasarkan klasifikasi yang ada pada **Tabel 2.1** dan **Tabel 2.2**, hasil THI kemudian dikategorikan dalam empat zona: nyaman, cukup panas, panas, dan stres panas. Jika nilai THI melebihi ambang batas kenyamanan ($THI > 30^{\circ}C$), maka sistem akan secara otomatis mengaktifkan alarm notifikasi pencegahan melalui buzzer dan pesan online berupa *e-mail* dan *push notificatios* pada layar pengguna.

Selanjutnya, data yang telah diklasifikasikan akan dianalisis menggunakan metode evaluasi akurasi sensor, dengan menghitung selisih *error* rata-rata, *error* rata-rata, dan Akurasi rata-rata dari sensor terhadap nilai referensi yang dihitung menggunakan rumus dari persamaan 1), dan persamaan 2).

Proses ini bertujuan untuk menilai keandalan sistem dalam mendeteksi perubahan iklim mikro secara presisi. Hasil pengolahan data digunakan sebagai dasar untuk menilai efektivitas sistem dalam melakukan deteksi dini terhadap kondisi lingkungan yang berpotensi menimbulkan stres pada domba. Dengan demikian, sistem tidak hanya berfungsi sebagai *monitoring* pasif, tetapi juga sebagai alat pencegah aktif yang mendukung kesejahteraan hewan.