

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teoritis

1. *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep jaringan yang menghubungkan berbagai objek atau perangkat sehingga dapat saling berkomunikasi dan bertukar data melalui internet tanpa campur tangan manusia secara langsung (Wibowo, 2023:11). IoT dianggap sebagai salah satu inovasi kunci dalam era Industri 4.0 karena memungkinkan interaksi antara manusia dengan mesin maupun komunikasi antar mesin secara otomatis (Mulyati & Sumardi, 2018:64). Teknologi IoT yang berkembang pesat saat ini telah menjadi sangat populer dan digunakan di berbagai sektor untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas, mulai dari industri manufaktur, transportasi, kesehatan, hingga infrastruktur perkotaan (Mulyati & Sumardi, 2018:64). Namun, penerapan IoT juga menuntut perhatian serius terhadap aspek keamanan siber dan privasi data mengingat setiap perangkat yang terhubung berpotensi menjadi celah serangan jika tidak dilindungi dengan baik (Wibowo, 2023:6). Dalam praktiknya, IoT telah mentransformasi banyak bidang, salah satunya di sektor keamanan dan otomasi rumah. Misalnya, penerapan IoT pada sistem keamanan rumah dapat memungkinkan pemantauan hunian secara *real-time* dari jarak jauh menggunakan sensor dan konektivitas internet (Surantha & Wicaksono,

2019:1108-1109). Selain itu, integrasi platform IoT dengan perangkat lunak tertentu mempermudah pengelolaan sensor dan aktuator secara terpusat. Contohnya, penggunaan platform Node-RED dapat membantu mengatur alur data dari berbagai sensor IoT dan mengotomatisasi respon perangkat secara terintegrasi (Rozan et al., 2024:184-185). Dengan berbagai kemampuannya, IoT membuka peluang inovasi di berbagai bidang, namun implementasinya harus disertai manajemen risiko yang baik agar manfaatnya optimal dan keamanannya terjamin (Wibowo, 2023:6-7).

2. Mikrokontroler ESP32



Gambar 2.1 Mikrokontroler ESP32

Sumber :(Pratama & Kiswantono, 2022:8)

Mikrokontroler ESP32 adalah sebuah sistem chip terpadu yang populer dalam pengembangan perangkat IoT karena memiliki modul Wi-Fi dan *Bluetooth* bawaan serta performa yang tinggi dengan konsumsi daya relatif rendah. Secara umum, mikrokontroler merupakan komponen elektronika berupa komputer kecil yang dapat diprogram untuk mengendalikan perangkat keras (Sasmoko, 2021:iii, 1). Perkembangan mikrokontroler modern seperti ESP32 memungkinkan perangkat tersebut terhubung ke internet dan berkomunikasi dengan sistem lain dari jarak jauh, sehingga mendukung

fungsi monitoring dan kontrol secara *real-time* dalam implementasi IoT (Sasmoko, 2021:iii). ESP32 banyak digunakan sebagai otak pengendali dalam berbagai proyek IoT berkat fitur-fitur terintegrasinya. Mikrokontroler ini memiliki prosesor ganda, konektivitas Wi-Fi 2.4 GHz, Bluetooth BLE, serta sejumlah GPIO untuk menghubungkan sensor dan aktuator. Dalam sebuah prototipe sistem keamanan pintar, NodeMCU ESP32 berperan sebagai pengendali utama yang menghubungkan sensor-sensor dengan aplikasi *mobile* melalui internet (Syahrani et al., 2025:2, 4-5). Demikian pula, pada sistem pemantauan ruangan arsip berbasis IoT, ESP32 digunakan untuk membaca data sensor (misalnya sensor suhu dan api) dan mengirimkannya secara nirkabel sehingga pengguna dapat menerima notifikasi kondisi ruangan secara *real-time* (Supriadi et al., 2024:79, 84). Dengan kata lain, mikrokontroler ESP32 menyediakan platform yang andal dan efisien untuk menjalankan logika program dan komunikasi jaringan dalam satu paket, menjadikannya pilihan unggulan untuk berbagai inovasi IoT.

3. Sensor Suhu DHT11



Gambar 2.2 Sensor DHT11

Sumber :(Prasetyo et al., 2019:57)

Sensor DHT11 adalah sensor elektronik yang berfungsi untuk mengukur dua parameter lingkungan sekaligus, yaitu suhu dan kelembaban udara. Sensor ini terdiri dari sebuah thermistor tipe NTC (*Negative Temperature Coefficient*) untuk pendeteksian suhu serta elemen sensor kelembaban berkarakteristik resistif yang peka terhadap perubahan kadar air di udara (Suryana, 2021:2). Keluaran sensor DHT11 berupa sinyal digital melalui satu jalur data, sehingga mudah dihubungkan ke mikrokontroler. Secara spesifikasi, sensor ini bekerja pada tegangan 3–5V dengan akurasi pengukuran suhu $\pm 2^{\circ}\text{C}$ pada rentang 0–50 $^{\circ}\text{C}$ dan akurasi kelembaban $\pm 5\%$ pada rentang 20–80% RH (Suryana, 2021:2). Meskipun tingkat akurasinya tidak setinggi sensor industri, DHT11 sangat populer di kalangan hobi dan prototipe IoT karena harganya terjangkau, konsumsi daya rendah, dan kemudahan interfacing. Dalam berbagai aplikasi IoT, DHT11 sering dimanfaatkan sebagai komponen pemantau kondisi lingkungan. Sebagai contoh, sensor DHT11 digunakan sebagai pengukur suhu dalam sistem peringatan dini kebakaran, dikombinasikan dengan sensor asap untuk meningkatkan keandalan deteksi (Roihan et al., 2022:12, 15). Data suhu dari DHT11 dapat dijadikan salah satu indikator adanya potensi kebakaran apabila terdeteksi kenaikan suhu ruangan yang tidak normal. Selain itu, di bidang pertanian pintar, sensor DHT11 diterapkan untuk memonitor suhu dan kelembaban di dalam *greenhouse* secara terus-menerus. Informasi yang diperoleh dari sensor ini kemudian dikirimkan ke platform IoT sehingga petani dapat memantau kondisi iklim mikro tanaman melalui aplikasi secara

real-time dan melakukan tindakan pengendalian jika diperlukan (Wardihani et al., 2024:39). Dengan demikian, keberadaan sensor DHT11 berperan penting dalam berbagai sistem IoT yang membutuhkan pemantauan parameter lingkungan secara berkala dan terotomasi.

4. Sensor Asap (Gas) MQ-2



Gambar 2.3 Sensor MQ-2

Sumber :(Trisnawan et al., 2019:2)

Sensor MQ-2 adalah sensor gas dan asap yang sering digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas mudah terbakar maupun asap hasil pembakaran di udara. Sensor ini berbasis bahan semikonduktor yang resistansinya akan berubah ketika bereaksi dengan gas-gas tertentu, sehingga cocok dimanfaatkan sebagai pendeteksi kebocoran gas atau kebakaran. MQ-2 memiliki sensitivitas tinggi terhadap berbagai jenis gas, antara lain LPG (*Liquefied Petroleum Gas*), propana, hidrogen, metana, karbon monoksida,

alkohol, dan asap rokok (Amsar et al., 2020:74). Ketika gas mudah terbakar terdeteksi, konduktivitas sensor MQ-2 akan meningkat seiring konsentrasi gas yang naik, menghasilkan output tegangan analog yang dapat dibaca oleh mikrokontroler (Amsar et al., 2020:74). Karakteristik ini membuat sensor MQ-2 ideal sebagai komponen sistem keamanan untuk mendeteksi dini adanya asap atau gas berbahaya sebelum konsentrasi mencapai tingkat yang dapat memicu kebakaran. Dalam implementasinya, sensor MQ-2 banyak diaplikasikan pada sistem monitoring kualitas udara dan sistem peringatan kebocoran gas berbasis IoT. Salah satu contohnya adalah prototipe sistem deteksi kebocoran gas LPG yang menggabungkan sensor MQ-2 dengan koneksi internet sehingga dapat mengirim peringatan jarak jauh saat terdeteksi konsentrasi gas melebihi ambang aman (Prananda et al., 2023:383-384, 387). Pada sistem tersebut, ketika MQ-2 mencium adanya kebocoran LPG, mikrokontroler akan secara otomatis menutup katup regulator gas dan mengirim notifikasi peringatan kepada pengguna melalui aplikasi *mobile* (Prananda et al., 2023:383, 387). Contoh lain, dalam studi perancangan alat pendeteksi asap untuk pencegahan kebakaran, sensor MQ-2 digabungkan dengan sensor suhu untuk meningkatkan akurasi—asap terdeteksi oleh MQ-2 sementara kenaikan suhu dipantau secara paralel, sehingga alarm hanya aktif jika kedua indikator mengindikasikan potensi kebakaran (Roihan et al., 2022:12, 15). Dengan demikian, sensor MQ-2 berperan sebagai indra elektronik pencium asap/gas pada sistem IoT yang memungkinkan

pengawasan kondisi lingkungan secara kontinu dan memberikan peringatan dini sebelum bahaya kebakaran atau paparan gas beracun terjadi.

5. Sensor PIR (*Passive Infrared Receiver*)



Gambar 2.4 Sensor PIR

Sumber : (Chodon et al., 2013:2)

Sensor Passive Infrared (PIR) adalah jenis sensor gerak yang mendeteksi adanya pergerakan objek berbasis panas (inframerah) di sekitarnya. Sensor PIR bekerja dengan menangkap perubahan level radiasi inframerah yang dipancarkan oleh tubuh manusia atau hewan, kemudian mengubahnya menjadi sinyal listrik yang dapat diolah untuk mendeteksi gerakan (Shokrollahi et al., 2024:9). Keunggulan sensor PIR antara lain biaya yang relatif rendah, jangkauan deteksi yang mencukupi untuk ruangan, serta tidak mengidentifikasi detail objek sehingga lebih menjaga privasi dibanding kamera (Shokrollahi et al., 2024:1, 5). Karena sifatnya yang handal dan hemat energi, sensor PIR menjadi salah satu sensor gerak paling luas digunakan dalam sistem keamanan dan otomasi, misalnya pada lampu otomatis atau alarm anti-penyusup. Dalam konteks IoT, sensor PIR umum diintegrasikan

dengan mikrokontroler dan modul komunikasi untuk membangun sistem keamanan pintar. Ketika sensor PIR mendeteksi pergerakan di suatu area terpantau, mikrokontroler dapat mengaktifkan alarm dan mengirim notifikasi peringatan kepada pengguna melalui jaringan internet. Penelitian terdahulu menunjukkan implementasi PIR pada sistem keamanan rumah berbasis IoT yang mengirim notifikasi ke *smartphone* menggunakan aplikasi Blynk saat terdeteksi gerakan mencurigakan (Waworundeng et al., 2017:152, 156). Demikian pula, sistem keamanan ruangan berbasis IoT dapat dirancang untuk mengirim alarm melalui layanan pesan instan seperti WhatsApp ketika sensor PIR memicu tanda adanya penyusup (Adetia et al., 2025:61, 66). Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa PIR mampu mendeteksi gerakan manusia dengan akurat dan respons pengiriman notifikasi rata-rata hanya dalam beberapa detik, sehingga efektif meningkatkan keamanan secara *real-time* (Adetia et al., 2025:61, 66). Dengan memanfaatkan sensor PIR sebagai pendeteksi gerakan, dikombinasikan dengan konektivitas internet, sistem pengawasan dapat bekerja secara otomatis dan memberi peringatan jarak jauh yang andal kepada pengguna.

6. Aplikasi Blynk

Blynk adalah sebuah platform aplikasi *mobile* (tersedia untuk iOS dan Android) yang dirancang khusus untuk mempermudah pengembangan antarmuka pengguna pada proyek *Internet of Things*. Melalui Blynk, pengguna dapat membuat dashboard virtual di *smartphone* untuk memonitor data sensor maupun mengendalikan aktuator secara *real-time* melalui internet

(Windarto et al., 2020:149-150, 152). Aplikasi Blynk menyediakan berbagai widget (seperti tombol, grafik, indikator nilai) yang dapat dikonfigurasi sesuai kebutuhan, sehingga interaksi dengan perangkat IoT menjadi intuitif tanpa perlu membuat aplikasi *mobile* dari nol. Blynk bekerja dengan arsitektur *client-server*, di mana mikrokontroler yang ditanamkan pada perangkat Blynk akan bertindak sebagai client yang terus mengirim dan menerima data dari server Blynk, sementara aplikasi di ponsel bertindak sebagai antarmuka pengguna (Windarto et al., 2020:149-150). Dengan koneksi internet, Blynk memungkinkan monitoring dan kontrol perangkat keras secara jarak jauh, misalnya menyalakan/mematikan perangkat, melihat pembacaan sensor, hingga menerima notifikasi secara *push*. Dalam berbagai penelitian dan implementasi, Blynk terbukti menjadi solusi efektif untuk integrasi IoT karena kemudahan penggunaannya. Banyak proyek IoT skala kecil hingga menengah memanfaatkan Blynk sebagai penghubung antara pengguna dan perangkat. Misalnya, sebuah sistem otomasi lampu listrik berbasis IoT menggunakan Blynk sebagai antarmuka kendali nirkabel untuk menyalakan atau mematikan lampu sesuai jadwal atau perintah pengguna, yang bertujuan meningkatkan efisiensi energi di rumah (Radithya et al., 2023:81-84). Di bidang transportasi listrik, aplikasi Blynk digunakan dalam sistem manajemen baterai kendaraan listrik berbasis IoT untuk menampilkan status baterai dan arus pengisian secara *real-time* kepada pengguna, serta mengirim peringatan saat daya baterai rendah (Qahtan et al., 2022:3-4, 10). Selain itu, Blynk juga diterapkan dalam sistem pemantauan perangkat sanitasi pintar,

misalnya wastafel otomatis berbasis IoT yang mengawasi ketersediaan sabun cair dan mengirim notifikasi jika persediaan hampir habis (Taufik et al., 2023:66-67, 75). Beragam contoh tersebut menunjukkan fleksibilitas Blynk sebagai platform IoT yang mampu mendukung pengembangan aplikasi mulai dari *smart home*, kesehatan, hingga industri dan lingkungan dengan effort pemrograman yang relatif minimal.

7. Standar Lingkungan Ruangan Arsip

Ruangan arsip memiliki peran penting dalam mendukung pengelolaan dokumen serta informasi organisasi. Lingkungan ruangan, terutama suhu, kelembapan, dan kualitas udara, sangat memengaruhi daya tahan serta keawetan arsip. Menurut Peraturan Kepala ANRI, suhu ideal untuk penyimpanan arsip kertas adalah $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ dengan kelembapan relatif $50\% \text{ RH} \pm 5\%$ (ANRI, 2011:13). Standar ini ditetapkan guna menjaga mutu dan keutuhan arsip dalam jangka panjang. Namun, tantangan muncul dalam implementasi pemantauan berbasis IoT menggunakan aplikasi seperti Blynk, karena sistem perlu memantau suhu secara otomatis dan terus-menerus sesuai kondisi aktual.

Pada lingkungan tropis, penerapan alarm berdasarkan suhu ideal $20\text{--}22^{\circ}\text{C}$ justru sering menimbulkan alarm palsu, karena suhu ruang sering kali berada di atas kisaran standar akibat iklim dan kondisi bangunan. Aktivasi alarm yang terlalu sering tidak hanya menyebabkan ketidakefisienan sistem tetapi juga bisa menurunkan kenyamanan kerja dan memboroskan energi. Oleh karena itu, dalam konteks monitoring otomatis, diperlukan pendekatan

yang mempertimbangkan fluktuasi alami suhu lingkungan agar sistem tidak bekerja secara reaktif berlebihan dan tetap menjaga efektivitas fungsi pemantauan.

Selain suhu dan kelembapan, pemantauan gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO) juga sangat penting untuk diterapkan dalam sistem monitoring arsip. Berdasarkan standar dari NIOSH, ambang batas paparan CO adalah 200 ppm sebagai batas maksimum (*ceiling*), sedangkan konsentrasi 500 ppm sudah tergolong sangat berbahaya karena dapat menimbulkan dampak kesehatan serius dalam waktu singkat (National Institute for Occupational Safety and Health, 1972:i-7). Jika kondisi lingkungan penyimpanan tidak sesuai standar tersebut, kualitas arsip akan menurun bahkan berpotensi rusak permanen. ANRI juga menekankan pentingnya sirkulasi udara yang baik serta perlindungan dari cahaya langsung, debu, asap, dan bahan kimia untuk menjaga stabilitas arsip (ANRI, 2011:13).

B. Kajian Empiris

Kajian empiris dilakukan untuk memahami berbagai penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian ini. Berikut adalah penelitian terdahulu yang telah dilakukan dalam bidang *Internet of Things* (IoT), ESP32, serta berbagai sensor dan aplikasi yang terkait:

1. Supriadi et al., (2024) dalam penelitiannya merancang sistem monitoring keamanan arsip menggunakan mikrokontroler ESP32 yang diintegrasikan dengan sensor suhu dan api. Notifikasi dikirim melalui aplikasi Telegram jika

suhu ruangan melebihi ambang batas. Penelitian ini berfokus pada deteksi suhu sebagai indikasi awal potensi bahaya kebakaran, namun belum menyertakan deteksi gerakan atau integrasi antarmuka visual interaktif.

2. Prananda et al., (2023) mengembangkan sistem peringatan kebocoran gas berbasis IoT dengan menggunakan sensor MQ-2 dan NodeMCU ESP8266. Sistem ini mampu mengirimkan notifikasi melalui Telegram jika gas mudah terbakar terdeteksi. Fokus utama adalah keamanan dapur, bukan ruangan arsip, dan belum mencakup aspek deteksi suhu dan gerakan.
3. Adetia et al., (2025) membuat sistem keamanan ruangan berbasis IoT menggunakan sensor gerak, *buzzer*, serta modul pengiriman pesan WhatsApp. Tujuan utamanya adalah untuk memberikan notifikasi gerakan secara *real-time*. Meskipun serupa dalam penggunaan notifikasi WhatsApp, penelitian ini tidak memasukkan aplikasi pemantauan seperti Blynk maupun sensor suhu.
4. Surantha & Wicaksono, (2019) merancang sistem deteksi penyusup berbasis IoT yang menggabungkan sensor PIR dan kamera dengan algoritma pengenalan objek HOG-SVM. Sistem ini mampu mengidentifikasi dan memberi peringatan adanya penyusup. Fokus penelitian ini lebih canggih dalam pengolahan citra, namun memerlukan perangkat keras dan algoritme kompleks yang belum tentu sesuai untuk kebutuhan ruangan arsip yang sederhana.
5. (Syahrani et al., 2025) mengembangkan prototipe pagar pintar berbasis ESP32 dan Blynk yang memungkinkan pengguna memantau dan

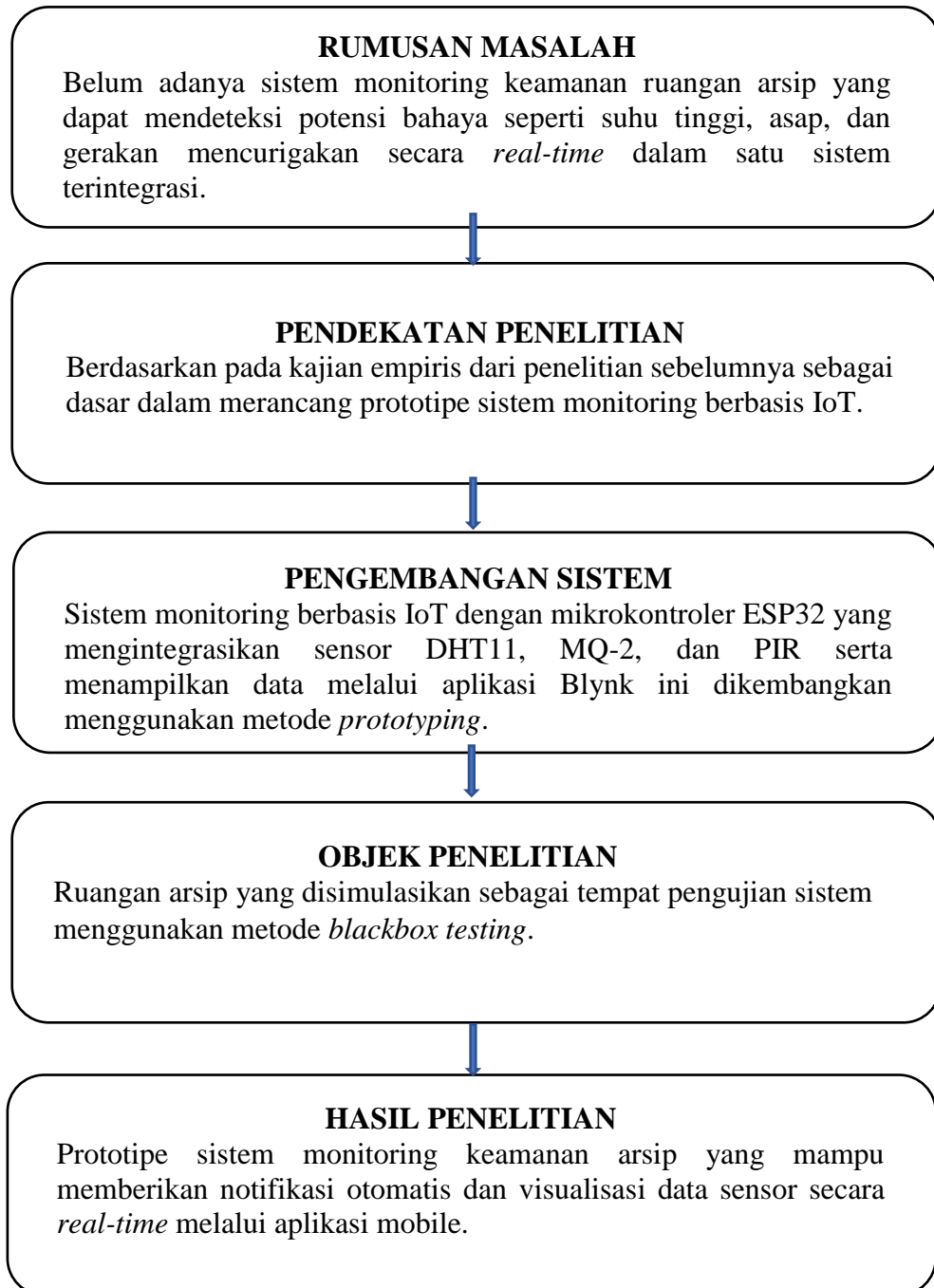
mengendalikan gerbang secara jarak jauh. Penelitian ini menekankan integrasi Blynk sebagai platform pemantauan, tetapi aplikasinya bukan untuk ruangan penyimpanan atau arsip.

Berdasarkan kajian empiris terhadap berbagai penelitian sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa dalam penelitian ini adalah bahwa penerapan sistem monitoring keamanan ruangan arsip berbasis *Internet of Things* (IoT) yang menggunakan mikrokontroler ESP32 dan diintegrasikan dengan sensor suhu (DHT11), sensor asap (MQ-2), serta sensor gerakan (PIR), yang terhubung dengan aplikasi Blynk, mampu mendeteksi potensi ancaman seperti kebakaran dan aktivitas mencurigakan secara *real-time*, serta memberikan notifikasi secara efektif kepada pengguna untuk meningkatkan keamanan arsip secara signifikan.

C. Kerangka Berfikir

Untuk merancang sistem monitoring keamanan ruangan arsip berbasis *Internet of Things* (IoT) secara sistematis, diperlukan pemetaan hubungan antara permasalahan yang diidentifikasi, landasan teori yang mendasari, hasil kajian empiris, serta tujuan yang ingin dicapai melalui pengembangan prototipe. Kerangka berpikir ini disusun untuk menyatukan seluruh komponen tersebut dalam satu alur logis yang menggambarkan proses berpikir peneliti dalam merumuskan solusi terhadap permasalahan yang ada. Melalui kerangka ini dapat dijelaskan bagaimana sistem monitoring yang dirancang mampu menjawab kebutuhan keamanan arsip secara menyeluruh, mulai dari identifikasi risiko seperti suhu ekstrem, asap, hingga gerakan mencurigakan, yang dikaitkan dengan teknologi seperti sensor DHT11, MQ-2, PIR, dan mikrokontroler ESP32

yang terintegrasi dengan aplikasi Blynk. Berikut ini adalah gambaran kerangka berpikir yang menjadi dasar pelaksanaan penelitian ini.



Gambar 2.5 Kerangka Berpikir