

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Internet of Things (IoT)

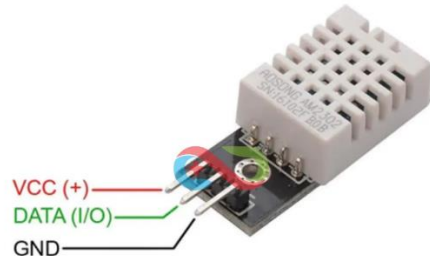
Menurut (Ayu Syahfitri, 2025) *Internet of Things (IoT)* adalah konsep yang mengacu pada jaringan perangkat fisik yang terhubung ke internet, memungkinkan mereka untuk saling berkomunikasi dan bertukar data secara otomatis. Teknologi ini mencakup berbagai objek, mulai dari peralatan rumah tangga seperti lampu dan termostat hingga kendaraan dan infrastruktur kota. Dengan menggunakan Alamat Protokol Internet (IP) yang unik, setiap perangkat dapat mengirim dan menerima informasi, yang memungkinkan pengendalian dan pemantauan dari jarak jauh. Sejarah IoT dimulai pada tahun 1980 dengan mesin penjual otomatis yang terhubung ke internet, dan sejak itu, istilah ini telah berkembang pesat, terutama dengan kemajuan dalam sensor dan teknologi komunikasi.

Manfaat IoT sangat luas dan mencakup peningkatan efisiensi, produktivitas, dan kenyamanan dalam kehidupan sehari-hari. Penerapan IoT dapat dilihat dalam berbagai sektor, seperti smart home yang memungkinkan pengguna mengontrol perangkat elektronik dari jarak jauh, sistem transportasi cerdas yang meningkatkan keselamatan dan efisiensi lalu lintas, serta pengelolaan sumber daya di kota pintar untuk mitigasi bencana. Meskipun menawarkan banyak keuntungan, IoT juga menghadapi tantangan, terutama dalam hal keamanan data dan privasi, karena semakin banyak perangkat yang terhubung dapat meningkatkan risiko serangan siber. Dengan demikian, IoT adalah teknologi yang terus berkembang dan berpotensi mengubah cara kita berinteraksi dengan dunia di sekitar kita.

2.1.2 DHT22

Menurut (Widodo et al., 2024) sensor DHT22 adalah sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara dengan akurasi tinggi. Sensor ini menggunakan teknologi kapasitif untuk mengukur kelembaban dan termistor untuk mengukur suhu, sehingga memungkinkan pengukuran lingkungan secara cepat dan akurat. Sensor DHT22 dapat beroperasi dalam rentang suhu -40 hingga 80°C dan kelembaban 0 hingga 100% RH dengan tingkat akurasi $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ untuk suhu dan $\pm 2-5\%$ RH untuk kelembaban.

Data yang dihasilkan oleh DHT22 sangat krusial dalam menjaga kondisi lingkungan yang optimal, terutama untuk penyimpanan barang-barang yang sensitif terhadap perubahan suhu dan kelembaban, seperti makanan, obat-obatan, dan elektronik.



Gambar 2. 1 Sensor DHT22

2.1.3 Suhu & kelembapan lemari

Menurut (Umar et al., 2022) suhu dan kelembapan yang ideal untuk lemari penyimpanan, khususnya bagi bahan pakaian berbahan kulit, adalah pada kisaran suhu 21°C hingga 25°C dan kelembapan relatif (RH) antara 50% hingga 70%. Rentang suhu ini dipilih karena suhu yang terlalu tinggi dapat mempercepat proses pelapukan bahan pakaian, sedangkan suhu yang terlalu rendah dapat menyebabkan kain menjadi kaku. Sementara itu, kelembapan yang terjaga pada angka 50%–70% RH dinilai efektif untuk mencegah pertumbuhan jamur dan menjaga agar tekstur serta ketahanan bahan kulit maupun kain tetap terpelihara.

Rekomendasi parameter suhu dan kelembapan tersebut sangat penting diterapkan dalam desain sistem penyimpanan atau lemari pakaian, terutama di daerah tropis yang memiliki variasi iklim dan kelembapan udara yang cukup tinggi. Mempertahankan lingkungan penyimpanan pada rentang suhu 21°C–25°C dan kelembapan 50%–70% dapat membantu meminimalisir risiko kerusakan akibat faktor lingkungan, seperti perubahan warna, bau tidak sedap, dan pertumbuhan mikroorganisme. Dengan demikian, kualitas pakaian yang disimpan di dalam lemari dapat tetap terjaga dan memiliki umur pakai yang lebih panjang.

2.1.4 Dehumidifier

Dehumidifier merupakan perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengurangi tingkat kelembapan udara di dalam ruangan. (Lamudi, 2023) menjelaskan bahwa, “*Dehumidifier adalah salah satu perangkat elektronik yang dirancang khusus untuk menurunkan tingkat kelembaban di dalam sebuah*

ruangan”. Dalam sistem otomatis berbasis mikrokontroler, dehumidifier berperan sebagai komponen pengendali lingkungan untuk menjaga kelembapan relatif (*relative humidity*) tetap berada pada batas ideal. Perangkat ini akan diaktifkan secara otomatis melalui relay ketika sensor mendeteksi bahwa kelembapan ruangan telah melebihi ambang batas yang ditentukan.

Pada sistem berskala kecil atau portabel, dehumidifier umumnya memanfaatkan modul termoelektrik atau Peltier yang bekerja dengan mendinginkan udara hingga mencapai titik embun (*dew point*). Uap air kemudian mengalami kondensasi menjadi tetesan air, sedangkan udara yang lebih kering dialirkan kembali ke dalam ruangan. Ukurannya yang ringkas, konsumsi daya yang rendah, serta kemampuannya dalam mengurangi kelembapan menjadikan dehumidifier sebagai pilihan praktis untuk mencegah penumpukan embun, pertumbuhan jamur, dan munculnya bau tidak sedap di dalam ruang tertutup.



Gambar 2. 2 *Dehumidifier*

2.1.5 *Exhaust Fan*

Exhaust fan adalah perangkat ventilasi mekanis yang berfungsi untuk mempercepat sirkulasi udara dengan cara menyedot udara hangat, lembap, atau kotor dari dalam ruangan dan membuangnya ke luar. Dalam sistem otomasi lemari atau ruangan kecil, kipas ini diintegrasikan dengan mikrokontroler agar dapat aktif secara otomatis ketika sensor mendeteksi tingkat kelembapan atau suhu telah melewati ambang batas normal. Dengan membuang udara secara cepat, *exhaust fan*

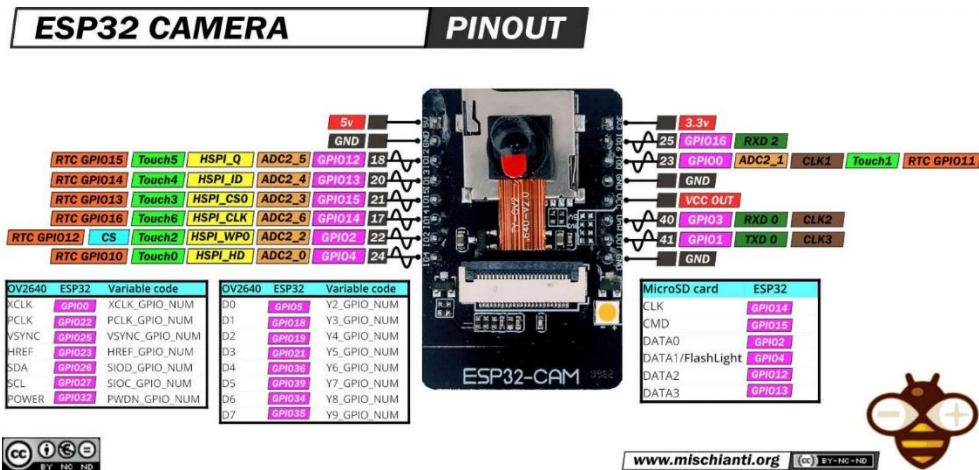
membantu menurunkan kelembapan relatif dan menjaga aliran udara tetap segar, sehingga sangat efektif dalam mencegah timbulnya bau apek serta pertumbuhan jamur pada pakaian. Desainnya yang minimalis, pemasangannya yang mudah, serta konsumsi dayanya yang efisien menjadikan perangkat ini solusi praktis untuk menjaga kualitas udara di dalam ruang tertutup yang minim ventilasi alami.



Gambar 2. 3 *Exhaust Fan*

2.1.6 *ESP32-CAM*

Menurut (Mukti et al., 2024) ESP32-CAM adalah modul mikrokontroler berbasis ESP32 yang terintegrasi dengan kamera digital OV2640 serta mendukung koneksi Wi-Fi. Modul ini memiliki ukuran kecil namun mampu menjalankan berbagai fungsi kompleks seperti pengambilan gambar, pemrosesan data, dan pengiriman informasi secara real-time. Fitur unggulan dari ESP32-CAM adalah kemampuannya dalam melakukan pengenalan wajah dan streaming video, menjadikannya ideal untuk aplikasi berbasis Internet of Things (IoT) seperti sistem keamanan, pemantauan jarak jauh, dan otomatisasi rumah. Modul ini juga mendukung kontrol perangkat eksternal seperti buzzer, LED, atau motor melalui GPIO yang tersedia.



Gambar 2. 4 ESP32-CAM

Dalam pengembangannya, ESP32-CAM dapat diprogram menggunakan Arduino IDE dan dihubungkan dengan berbagai platform seperti Telegram atau Blynk untuk mengirim notifikasi dan memudahkan interaksi pengguna. Pengguna hanya memerlukan jaringan Wi-Fi dan suplai daya 5V untuk mengaktifkannya. Karena bersifat low-cost dan efisien, ESP32-CAM banyak digunakan dalam proyek IoT skala kecil hingga menengah yang memerlukan fitur visual, sehingga sangat cocok untuk sistem lemari pintar yang membutuhkan identifikasi visual dan pemantauan kondisi secara real-time.

2.1.7 Arduino IDE

Menurut (Slamet Purwo Santoso, 2022) Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah perangkat lunak yang digunakan untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah program ke mikrokontroler Arduino. IDE ini berperan penting dalam proses pemrograman karena menyediakan antarmuka yang sederhana dan mudah digunakan dengan bahasa pemrograman berbasis C. Arduino IDE bersifat *open source*, dapat diunduh secara gratis, dan mendukung berbagai modul seperti sensor dan aktuator. Dalam jurnal, Arduino IDE digunakan untuk memprogram logika kerja sistem akses pintu otomatis, mulai dari membaca input sensor suhu dan RFID hingga mengontrol output seperti LCD, buzzer, dan relay.



Gambar 2. 5 Arduino IDE

2.1.8 Image Processing

Menurut (Ronggolawe et al., 2022) Digital image processing (pengolahan citra digital) adalah metode tidak merusak (*non-intrusive*) yang merekam gambar mentah (*raw image*) dengan kamera khusus, lalu mengubahnya menjadi matriks nilai piksel (0–255) untuk diolah menggunakan perangkat lunak komputer. Metode ini sangat berguna untuk mendeteksi, mengukur, dan mengklasifikasikan dimensi objek secara akurat seperti menghitung distribusi diameter gelembung mikro pada aliran fluida tanpa mengganggu atau memengaruhi aliran yang sedang berjalan tersebut

Cara kerjanya dimulai dari tahap representasi citra untuk membaca nilai piksel, dilanjutkan dengan pra-pemrosesan seperti pemotongan (*cropping*) gambar untuk meratakan efek pencahayaan. Setelah itu, kualitas gambar ditingkatkan (*image enhancement*) lewat pemfilteran kontras dan reduksi gangguan (*noise*), diikuti tahap segmentasi untuk memisahkan objek dari latar belakang menggunakan ambang batas biner (*thresholding*). Terakhir, karakteristik fisik objek dianalisis secara kuantitatif termasuk memisahkan objek yang saling menempel (*overlapping*) dengan algoritma *watershed* sebelum seluruh data divalidasi agar hasilnya akurat sesuai kondisi nyata.

2.1.9 Burn Test

Menurut (UrlWebsite, 2021) *burn-in test* adalah metode pengujian yang dilakukan dengan mengoperasikan perangkat elektronik atau komputer secara terus-menerus dalam jangka waktu tertentu untuk mengetahui apakah terdapat cacat atau kegagalan yang tidak terdeteksi pada pengujian biasa. Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen yang memiliki kelemahan sejak awal sehingga

potensi kerusakan dapat diketahui sebelum perangkat digunakan atau dipasarkan. Burn testing umumnya dilakukan dengan memberikan beban kerja yang tinggi atau mengoperasikan perangkat secara berkelanjutan agar sistem dapat diuji pada kondisi yang mendekati batas operasionalnya.

Dalam penerapannya, burn testing banyak digunakan sebagai bagian dari proses *quality control* untuk memastikan perangkat mampu bekerja secara stabil dan andal dalam penggunaan jangka panjang. Pada sistem berbasis *Internet of Things* (IoT), burn testing dilakukan dengan menjalankan seluruh komponen sistem, seperti mikrokontroler, sensor, modul komunikasi, dan aktuator, secara terus-menerus sambil mengamati kestabilan kinerja, komunikasi data, serta kemungkinan terjadinya kegagalan, seperti *hang*, *crash*, atau *restart*. Apabila sistem dapat beroperasi secara konsisten tanpa mengalami gangguan selama periode pengujian, maka sistem tersebut dapat dinyatakan memiliki tingkat keandalan yang baik..

2.2 Penelitian Terdahulu

Bagian ini menyajikan sejumlah penelitian sebelumnya yang terkait dengan topik yang diangkat. Tujuan dari pemaparan ini adalah untuk membandingkan hasil penelitian saat ini dengan penelitian terdahulu, sekaligus menggali referensi yang dapat mendukung penyusunan penelitian ini. Beberapa penelitian terdahulu tersebut adalah sebagai berikut.

Penelitian oleh (Affandy et al., 2024): berjudul “*Sistem Keamanan Lemari Menggunakan ESP32-CAM dan Notifikasi Telegram Berbasis IoT*”. Penelitian ini merancang sistem keamanan lemari berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32-CAM yang dilengkapi kamera, sensor magnetik, solenoid door lock, dan notifikasi real-time melalui Telegram. Sistem mampu mengenali wajah untuk membuka kunci lemari serta mendeteksi akses tidak sah. Jika wajah tidak dikenali atau pintu dibuka secara paksa, buzzer aktif dan sistem mengirim notifikasi ke Telegram. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mengenali wajah dalam jarak 19–84 cm dengan bantuan flash untuk pencahayaan rendah, serta mengirimkan notifikasi ke Telegram dengan waktu respons tercepat 7 detik. Sistem ini terbukti efektif dalam memberikan perlindungan fisik dan kemudahan pemantauan jarak jauh secara real-time.

Penelitian oleh (Ahmad Nadiyan Ishom Abu Sahal, Zunita Wulansari, 2024): berjudul *“Prototype Alat Pengaman Lemari Penyimpanan Barang Menggunakan ESP32 Cam Berbasis IoT di Yayasan Panti Asuhan Ar Rohmah Blitar”*. Penelitian ini merancang alat pengaman lemari berbasis IoT menggunakan ESP32-CAM yang terhubung dengan Telegram sebagai antarmuka pengguna. Sistem ini memungkinkan kontrol buka-tutup lemari melalui perintah *"/bukakunci"* dan *"/kunci"* di Telegram, serta memberikan notifikasi jika ada getaran mencurigakan melalui sensor SW-420 yang memicu buzzer dan LED. Pengujian dilakukan oleh peneliti, ahli, dan pengguna dengan hasil akurasi berturut-turut sebesar 81%, 72%, dan 88%, yang menunjukkan bahwa sistem ini sangat layak digunakan. Hasil penelitian membuktikan bahwa sistem mampu memberikan peningkatan keamanan di lingkungan yayasan secara real-time dan dapat diakses dari jarak jauh.

Penelitian oleh (Harianto et al., 2024): berjudul *“Smart Cabinet System with Lock Access and Telegram Notification Using ESP32-CAM Based on IoT”*. Penelitian ini mengembangkan sistem lemari pintar yang dilengkapi fitur penguncian otomatis dan notifikasi melalui aplikasi Telegram menggunakan ESP32-CAM. Sistem ini dapat mengenali wajah pengguna sebagai autentikasi untuk membuka kunci lemari serta memberikan notifikasi jika terdapat akses tidak sah. Komponen utama terdiri dari ESP32-CAM, solenoid lock, sensor pintu, serta buzzer sebagai alarm. Sistem bekerja dengan mengirimkan data wajah ke server untuk diproses dan kemudian memberikan perintah ke aktuator pengunci. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil mengenali wajah secara akurat dan mampu mengirimkan peringatan dalam waktu singkat, sehingga memberikan keamanan tambahan dan kemudahan monitoring lemari secara real-time dari jarak jauh.

Penelitian oleh Galih Ikhbal Bagaskara dan Agus Hariyanto (2022): *“Prototype Alat Monitoring Suhu dan Kelembapan Pada Lemari Berbasis IoT Untuk Mencegah Timbulnya Fungi (Mildew).”* Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring suhu dan kelembapan lemari berbasis IoT untuk mencegah pertumbuhan jamur. Sensor yang digunakan dapat mengatur suhu dan kelembapan secara otomatis dan mengirimkan data secara real-time ke aplikasi Android. Sistem ini dinilai lebih efektif dibandingkan penggunaan kapur barus yang berpotensi

berdampak negatif bagi kesehatan.

Dibandingkan dengan penelitian-penelitian terdahulu yang umumnya berfokus secara terpisah sebatas pada sistem keamanan penguncian lemari atau pemantauan suhu dasar tanpa pengondisian udara otomatis—penelitian ini menghadirkan solusi terintegrasi yang mengisi kesenjangan (*gap analysis*) tersebut melalui pendekatan terpadu antara kontrol iklimat ganda dan analisis visual kondisi internal lemari. Kebaruan (*novelty*) utama dari penelitian ini terletak pada penggunaan sensor DHT22 terkalibrasi yang mengontrol relay ganda (*Exhaust Fan* dan *Dehumidifier*) secara otomatis, sekaligus mengoptimalkan modul ESP32-CAM untuk mengestimasi tingkat kepadatan isi lemari secara visual yang mempengaruhi sirkulasi udara. Seluruh data sensor, status aktuator, dan foto kondisi pakaian tersinkronisasi secara *real-time* via Firebase Realtime Database ke Aplikasi Android khusus, sehingga memberikan pemeliharaan pakaian yang lebih presisi, praktis, dan komprehensif sebagaimana dirangkum dalam matriks perbandingan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2. 1 Penelitian terdahulu dan yang akan datang

Penelitian	Studi Kasus	Teknologi	Hasil
Affandy dkk. (2024)	Keamanan lemari berbasis pengenalan wajah	ESP32-CAM, solenoid, Telegram	Deteksi wajah jarak 19–84 cm, notifikasi Telegram dalam 7 detik.
Abu Sahal & Wulansari (2024)	Prototipe alat pengaman lemari penyimpanan barang di yayasan panti asuhan	ESP32-CAM, sensor SW-420, Telegram	Kontrol kunci lewat chat Telegram, tingkat kelayakan sistem mencapai 88%.
Harianto dkk. (2024)	<i>Smart cabinet system</i> dengan hak akses kunci dan notifikasi bahaya	ESP32-CAM, solenoid, Telegram	Sinkronisasi data wajah ke server, peringatan instan jika ada akses ilegal.

Penelitian	Studi Kasus	Teknologi	Hasil
Bagaskara & Hariyanto (2022)	Prototipe monitoring suhu dan kelembapan lemari untuk mencegah jamur (<i>fungi</i>)	Mikrokontroler, Sensor, Android	Kontrol suhu/kelembapan otomatis, visualisasi data <i>real-time</i> via Android.
Nuariz & Sugandi (2022)	Rancang bangun sistem keamanan lemari dengan <i>face recognition</i>	ESP32-CAM, relay, solenoid, Telegram	Pintu terbuka otomatis jika wajah dikenali, <i>buzzer</i> aktif jika dibobol.
Salsabila (2026)	Sistem lemari pakaian pintar untuk stabilitas kondisi ruangan dan deteksi kepadatan objek	ESP32-CAM, DHT22, <i>Exhaust</i> , <i>Dehumidifier</i> , aplikasi <i>mobile</i> ,	Otomatisasi suhu dan kelembapan berbasis parameter input pengguna, serta deteksi kepadatan pakaian menggunakan ukuran berkas citra.