

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian yang Relevan

Penelitian yang relevan dengan “Perancangan Prototype Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis *Internet of Things* (IoT)” adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1 Penelitian yang Relevan

No	Judul Penelitian	Nama Penulis	Tahun Publikasi	Gap	Novelty	Research Gap
1	Pengembangan Sistem Peringatan Kebakaran Berbasis IoT dengan Jaringan Sensor Nirkabel	Kholik Prasajo, Dhaffa Mulya Rahman, Muhammad Akram	2023	Penelitian belum membahas pengujian akurasi sensor dan waktu respon sistem secara terukur.	Penggunaan konsep IoT dan jaringan sensor nirkabel dengan antarmuka pemantauan melalui <i>Blynk</i> .	Penelitian lanjutan dapat membahas terkait pengujian akurasi, error sensor, dan kestabilan sistem pada berbagai kondisi lingkungan.
2	Rangkaian Rancangan Bangunan Alat Pendeteksi Kebakaran Berdasarkan Asap	Irsyad DZikhrullah, Zuly Budiarso	2023	Penelitian belum menjelaskan perhitungan error sensor dan validasi menggunakan alat ukur	Pengembangan sistem deteksi kebakaran berbasis IoT pada lingkungan dapur	Perlu pengembangan berupa pengujian tingkat error, waktu respon, serta peningkatan

No	Judul Penelitian	Nama Penulis	Tahun Publikasi	Gap	Novelty	Research Gap
	dan Suhu pada Dapur Restoran Berbasis Arduino dan <i>Internet of Things</i>			pembandingan .	restoran menggunakan NodeMCU ESP8266 dan <i>Blynk</i> .	akurasi dengan kalibrasi sensor.
3	Sistem Deteksi Kebakaran Berbasis <i>Internet of Things</i> dengan Pesan Peringatan Menggunakan NodeMCU ESP8266 dan Platform ThingSpeak	Uyock Anggoro Saputro, Agus Tuslam	2022	Penelitian hanya fokus pada fungsi sistem dan belum membahas detail akurasi sensor secara statistic.	Integrasi NodeMCU ESP8266 dengan ThingSpeak serta pengiriman peringatan dan lokasi (GPS).	Penelitian lanjutan dapat menambah pembahasan terkait analisis error sensor, reliabilitas GPS, dan pengujian dalam kondisi nyata.

No	Judul Penelitian	Nama Penulis	Tahun Publikasi	Gap	Novelty	Research Gap
4	<i>Prototype</i> Alat Pendeteksi Kebakaran Berbasis <i>Internet of Things</i> dengan Aktifasi Flame Sensor Mengguna kan Arduino	Alridho Rizky Abrar, Herman Mariadi Kaharme n, Iman Nur Hakim	2020	Penelitian masih terbatas karena notifikasi mengandalk an modul SIM800L yang tidak stabil pada sinyal tertentu.	Penggunaan flame sensor dan MQ-2 serta SIM800L untuk notifikasi <i>real-time</i> melalui SMS dan panggilan.	Penelitian lanjutan dapat menambahka n sensor suhu, stabilitas tegangan, serta platform IoT berbasis internet agar lebih reliabel.
5	Rancang Bangun Sistem Pendeteksi kebakaran berbasis IoT dengan Notifikasi Telegram	Frisca Tri Arumsari , Joni Maulind ar, Afu Ichsan Pradana	2023	Penelitian belum menganalisi s error sensor dan uji performa pada berbagai variasi kondisi lingkungan.	Penggunaan flame sensor, MQ- 2, pompa air, dan Telegram sebagai notifikasi.	Penelitian lanjutan dapat membahas terkait ekurasi sensor, pengujian pada kondisi nyata, dan penambahan GPS/notifika si ke petugas.

No	Judul Penelitian	Nama Penulis	Tahun Publikasi	Gap	Novelty	Research Gap
6	Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis Mikrokontroler ESP32	Bayu Kusumo, Teguh Ardiansyah	2024	Penelitian hanya berfokus pada keberhasilan sistem dalam mendeteksi kebakaran, tanpa menjelaskan analisis tingkat akurasi sensor, perhitungan error, maupun evaluasi waktu respon secara rinci.	Integrasi ESP32 dengan beberapa sensor kebakaran dan menggunakan sistem monitoring berbasis IoT.	Penelitian lanjutan dapat menekankan pengujian kuantitatif berupa error sensor, waktu respon sistem, serta performa pada kondisi lingkungan berbeda (misalnya ventilasi, asap non-kebakaran, dan suhu ruangan tinggi).
7	Autonomus Call System Berbasis ESP32 untuk	Roziq Nurrohm, Oktaf B. Kharisma, Harris	2023	Penelitian masih mempunyai keterbatasan pada pengujian	Penerapan fitur autonomous call system yang mampu	Penelitian lanjutan perlu mengembangkan metode filtrasi/validasi agar sistem

No	Judul Penelitian	Nama Penulis	Tahun Publikasi	Gap	Novelty	Research Gap
	Peringatan Dini Kebakaran Rumah	Simaremare, Ewi Ismaredah		akurasi sensor dan ketahanan sistem terhadap gangguan lingkungan.	melakukan panggilan otomatis dengan waktu respon rata-rata 6,94 detik sebagai bentuk peringatan dini kebakaran.	tidak mudah menghasilkan false alarm, serta menambahkan pengujian akurasi sensor pada berbagai kondisi nyata dan kestabilan jaringan.
8	Pengembangan Sistem Peringatan Dini Kebocoran Gas LPG untuk Peningkatan Keamanan Rumah Tangga Berbasis ESP32	Muhammad Putra Maulana, Rini Puji Astutik	2024	Penelitian masih terbatas pada skenario pengujian tertentu sehingga belum menunjukkan reliabilitas sistem dalam berbagai	Penerapan Fuzzy Logic Mamdani untuk mengendalikan exhaust fan secara otomatis berdasarkan tingkat kebocoran gas, serta integrasi monitoring	Penelitian lanjutan dapat mengombinasikan lebih banyak parameter (suhu, api, asap) serta pengujian error sensor dan evaluasi kestabilan sistem dalam

No	Judul Penelitian	Nama Penulis	Tahun Publikasi	Gap	Novelty	Research Gap
				variasi kondisi.	berbasis <i>Blynk</i>	jangka panjang.
9	<i>Prototype</i> Pendeteksi Kebakaran Multiruang Menggunakan NodeMCU ESP8266 dengan Notifikasi Bot Telegram	Octavian Erwin Yudhistira, Imam Suharjo	2025	Penelitian belum membahas analisis error sensor secara statistic, serta belum menjelaskan pengujian sistem terhadap potensi false alarm akibat asap rokok, atau perubahan suhu ruangan yang tidak disebabkan kebakaran	Pengembangan sistem deteksi kebakaran berbasis IoT yang mampu memonitor beberapa ruangan sekaligus dengan notifikasi <i>real-time</i> melalui Bot Telegram menggunakan NodeMCU 8266.	Penelitian lanjutan dapat difokuskan pada peningkatan validasi deteksi agar lebih akurat, perhitungan error sensor, serta optimasi ambang batas pada kondisi lingkungan berbeda.
10	Rancang Bangun <i>Prototype</i> Sistem	Teguh Eko Wicaksono,	2025	Penelitian masih bergantung pada	Pengembangan prototipe deteksi	Penelitian lanjutan dapat mengintegras

No	Judul Penelitian	Nama Penulis	Tahun Publikasi	Gap	Novelty	Research Gap
	Pendeteksi dan Peringatan Dini Kebakaran Ruangan Data Center Bandara Sam Ratulangi	Abdullah Basalamah, Muhammad Zainal Altim, Sriwijanaka		jaringan GSM, sehingga belum menyediakan monitoring secara <i>real-time</i> dan belum diuji secara luas untuk berbagai titik ruangan data center.	kebakaran pada data center yang mengombinasikan DHT22, MQ135, dan IR flame, serta output berupa LCD, <i>buzzer</i> , SMS, dan call alert secara otomatis.	ikan dashboard IoT (misalnya <i>Firebase/Blynk/ThingSpeak</i>), memperluas jangkauan sensor multi titik, serta melakukan evaluasi akurasi dan waktu respon secara lebih terukur.
11.	Perancangan <i>Prototype</i> Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis IoT	Syifa Ananda	2026	Penelitian belum melakukan pengujian dalam skala yang lebih luas.	Integrasi sensor DHT22 dan MQ-2 dengan monitoring <i>real-time</i> melalui <i>Blynk</i> dan Telegram serta fitur	Penelitian ini mengisi celah dengan melakukan pengujian sensor, analisis error, waktu respon sistem, serta integrasi sistem

No	Judul Penelitian	Nama Penulis	Tahun Publikasi	Gap	Novelty	Research Gap
					pemutus daya otomatis berbasis relay	notifikasi dan proteksi otomatis dalam satu platform IoT

2.2 Landasan Teori

Energi listrik merupakan energi yang digunakan oleh masyarakat. Energi tersebut dimana sering kali digunakan/konsumsi melihat dari perkembangan zaman yang semakin modern, hal itulah yang membuat energi listrik menjadi kebutuhan utama/pokok dalam kehidupan sehari-hari (Pahiyanti et al., 2021).

Saat ini kebutuhan listrik semakin meningkat, walaupun biaya listrik yang semakin mahal tidak akan mengurangi konsumen untuk menggunakan listrik. Hal ini terjadi karena listrik merupakan kebutuhan yang sangat diperlukan dalam kehidupan sehari-hari, sehingga konsumsi listrik semakin meningkat. Berbagai upaya dilakukan baik untuk kelompok rumah tangga menengah ke bawah maupun rumah tangga menengah ke atas berusaha menekan biaya tagihan listrik per bulan, dengan penggunaan peralatan listrik yang optimal (Pahiyanti et al., 2021).

Transformator adalah suatu alat listrik statis, yang dipergunakan untuk mentransformasikan dan mengubah energi listrik dari suatu nilai tegangan ke tegangan yang lainnya. Transformator adalah peralatan listrik yang penting karena berhubungan langsung dengan saluran transmisi dan distribusi listrik ke konsumen. Oleh karena itu, transformtor harus dipelihara dan mendapat pengawasan rutin secara berkala agar dapat beroperasi secara maksimal dan terhindar dari berbagai gangguan–ganggguan yang dapat mengganggu dan mengakibatkan kinerja dari trasnformator itu sendiri menjadi berkurang (Pahiyanti & Sukmajati, 2023).

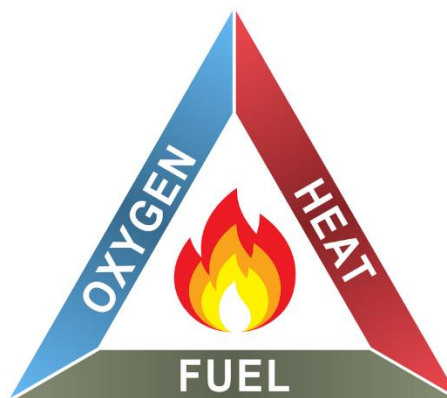
Perkembangan *Internet of Things* yang ditandai dengan bermunculannya berbagai jenis teknologi sensor dan actuator semakin memberikan peluang untuk peningkatan kualitas hidup manusia. Penerapan teknologi tersebut telah dapat dilihat di beberapa bidang yang salah satunya adalah dalam kelistrikan. Listrik merupakan energi yang tidak bisa lepas dari kehidupan manusia, keberadaan listrik menjadi faktor penentu berjalannya teknologi berbasis komputasi dan elektronik. Keterlibatan teknologi sensor untuk membaca arus dan tegangan dalam rangka melakukan pengawasan atau monitoring energi listrik telah dilakukan menggunakan model komunikasi berbasis Wi-Fi dan menggunakan tampilan informasi berupa LED Display. Teknologi Wi-Fi memiliki kelebihan yakni bandwidth yang besar, namun disertai kekurangan seperti konsumsi energi

yang besar dan jangkauan terbatas pada penerimaan dengan satu access point (Yudho, 2021).

2.2.1 Kebakaran

Kebakaran merupakan bencana yang tidak dapat diprediksi dan bisa terjadi kapan saja, termasuk di lingkungan rumah tangga. Penyebabnya beragam, seperti kelalaian manusia, hubungan arus pendek listrik, maupun kebocoran asap. Sering kali kebakaran baru diketahui ketika api sudah membesar dan asap mulai mengepul keluar dari celah jendela atau pintu, sehingga sulit dipadamkan tanpa bantuan petugas pemadam kebakaran (Kusumo & Ardiansyah, 2024).

Kebakaran merupakan kejadian yang sering terjadi di Indonesia dan dapat timbul akibat berbagai faktor, baik teknis maupun non-teknis. Dampak yang diakibatkannya dapat berupa kerugian besar terhadap harta benda bahkan korban jiwa. Kebakaran sering kali melibatkan ledakan dengan tingkat intensitas yang beragam, sulit dikendalikan, serta sangat merugikan. Proses terjadinya kebakaran dipicu oleh kombinasi unsur panas, oksigen, dan bahan mudah terbakar yang menghasilkan cahaya serta panas (Gultom & Putro, 2025).



Gambar 2.1 Segitiga Api

Secara umum, kebakaran dapat dikategorikan sebagai bencana berbahaya karena berpotensi menimbulkan kerugian besar bagi masyarakat dan lingkungan. Peristiwa ini dapat terjadi di berbagai lokasi seperti hutan, gedung, dan kawasan perumahan, yang semuanya mengancam keselamatan manusia serta mengganggu kehidupan sosial. Faktor penyebab kebakaran antara lain kebocoran asap, puntung rokok yang dibuang

sembarangan, korsleting listrik, serta faktor alam seperti petir, letusan gunung berapi, dan kekeringan (Nurrohim Oktaf Kharisma Harris Simaremare Ewi Ismaredah et al., 2023).

Di wilayah dengan kepadatan penduduk yang tinggi, tantangan utama yang dihadapi adalah kesulitan mendeteksi kebakaran sejak awal dan melakukan tindakan pencegahan secara cepat. Selain itu, keterlambatan dalam mengenali sumber api sering menghambat penanganan yang efektif. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang mampu melakukan deteksi dini secara akurat, memberikan peringatan *real-time*, dan memungkinkan tindakan pencegahan yang cepat dan tepat waktu (Ilmi et al., 2025).

2.2.2 Sistem Monitoring

Monitoring merupakan suatu rangkaian kegiatan yang dilakukan secara sistematis melalui proses pengumpulan, pengolahan, dan penelaahan data secara terus menerus untuk menilai pelaksanaan suatu program atau sistem. Fungsi utamanya adalah memastikan bahwa setiap aktivitas berjalan sesuai dengan rencana serta mengikuti prosedur operasional yang telah ditentukan. Selain digunakan sebagai alat pengecekan, monitoring juga berperan dalam menemukan hambatan maupun faktor pendukung yang ada di lapangan, sehingga dapat dijadikan dasar dalam penyusunan langkah perbaikan guna meningkatkan efektivitas pelaksanaan kegiatan di masa mendatang. Monitoring juga dapat dimaknai sebagai suatu siklus mulai dari pengumpulan informasi, penilaian kembali, pelaporan hasil, hingga pengambilan tindakan berdasarkan temuan yang diperoleh. Secara keseluruhan, monitoring bertujuan untuk memastikan kesesuaian antara pelaksanaan dan target yang telah ditetapkan, sekaligus menilai tingkat efisiensi serta efektivitas proses, dan menyediakan informasi yang akurat sebagai acuan dalam pengambilan keputusan strategis (Sudarta et al., 2022).

2.2.3 Prototype

Metode *prototype* adalah suatu pendekatan dalam pengembangan sistem atau perangkat yang dilakukan dengan membuat rancangan awal dari sistem yang akan dibangun. Rancangan awal ini digunakan sebagai sarana untuk mendapatkan umpan balik dari pengguna maupun pihak yang berkepentingan, sehingga kebutuhan sebenarnya dapat

dipahami secara lebih akurat. *Prototype* dapat berupa tampilan visual, konsep, hingga versi sederhana yang hanya menampilkan sebagian fungsi dari sistem akhir. Pendekatan ini membantu mengurangi potensi kesalahan desain dan mencegah kegagalan sistem, karena memungkinkan dilakukannya perbaikan sebelum sistem diimplementasikan secara penuh. Tujuan utama dari metode ini adalah untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai kebutuhan pengguna sejak tahap awal, sehingga proses pengembangan dan penyempurnaan sistem dapat dilakukan secara tepat sebelum produk akhir dirilis secara utuh (Saputra, 2022).

2.2.4 *Internet of Things*

Internet of Things (IoT) merupakan konsep teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat fisik saling terhubung dan berkomunikasi melalui jaringan internet tanpa memerlukan interaksi langsung manusia. Setiap perangkat IoT memiliki alamat *Internet Protocol* (IP) tersendiri yang memungkinkan proses identifikasi, pertukaran data, serta kendali otomatis dalam suatu sistem jaringan. Teknologi ini berfungsi untuk mengumpulkan, mengirimkan, dan menganalisis data secara *real-time*, sehingga mampu memberikan informasi yang akurat dan responsif terhadap kondisi lingkungan (Rikhi et al., 2025).

IoT telah mengalami perkembangan pesat dan menjadi solusi inovatif di berbagai bidang, seperti kesehatan, industri, transportasi, hingga sistem keamanan. Selain itu, penerapan IoT dalam bidang keamanan dan mitigasi bencana juga banyak dilakukan, salah satunya dalam sistem deteksi kebakaran berbasis sensor suhu, asap, dan api. Melalui modul komunikasi, data hasil deteksi dikirim ke aplikasi ponsel berbasis Android secara *real-time*, sehingga pengguna dapat menerima notifikasi atau alarm peringatan dini. Integrasi semacam ini memungkinkan tindakan cepat dan efisien dalam situasi darurat.

Secara umum, IoT bekerja berdasarkan argumentasi pemrograman otomatis, di mana setiap instruksi dirancang agar mesin dapat melaksanakan tugas tertentu tanpa campur tangan manusia secara langsung. Dengan demikian, teknologi ini berperan penting dalam otomatisasi sistem, peningkatan efisiensi, serta optimalisasi pengambilan keputusan berbasis data (Yudhistira & Suharjo, 2025).

2.2.5 Blynk

Blynk merupakan salah satu platform *Internet of Things* (IoT) berbasis *cloud* yang dirancang untuk memudahkan pengembangan sistem kendali dan pemantauan perangkat keras dari jarak jauh melalui koneksi internet. Platform ini mendukung berbagai jenis mikrokontroler seperti Arduino, ESP8266, ESP32, dan Raspberry Pi, sehingga sangat populer digunakan dalam berbagai proyek IoT, baik untuk skala penelitian, industri, maupun rumah tangga. *Blynk* berfungsi sebagai dashboard digital interaktif, di mana pengguna dapat membangun antarmuka grafis untuk sistem yang dibuat hanya dengan melakukan *drag and drop* berbagai komponen visual (*widget*) tanpa memerlukan kemampuan pemrograman antarmuka yang kompleks.

Blynk tidak hanya berperan sebagai *IoT cloud platform*, tetapi juga menawarkan solusi *end-to-end* yang mengintegrasikan perangkat keras, aplikasi, dan server secara efisien. Melalui integrasi ini, *blynk* memungkinkan proses transmisi data sensor maupun perintah kendali dilakukan secara *real-time*, sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem dan mengontrol perangkat dari mana saja. Keunggulan utama *blynk* terletak pada kemudahannya dalam pengaturan awal, tampilan antarmuka yang intuitif, serta fleksibilitas tinggi dalam mendukung berbagai jenis koneksi jaringan seperti Wi-Fi dan Ethernet (Salpina et al., 2025).

Secara umum, *Blynk* terdiri atas tiga komponen utama, yaitu *Blynk Application*, *Blynk Server*, dan *Blynk Library*.

1. *Blynk Application* adalah aplikasi berbasis Android dan iOS yang berfungsi sebagai antarmuka pengguna (*user interface*). Melalui aplikasi ini, pengguna dapat merancang tampilan proyek IoT dengan berbagai *widget* seperti tombol, grafik, indikator nilai, maupun tampilan data sensor. Aplikasi ini juga menampilkan informasi dari perangkat secara visual dan interaktif, serta memungkinkan pengguna mengirimkan perintah kendali ke perangkat keras secara langsung.
2. *Blynk Server* berperan sebagai pusat komunikasi atau *backend service* berbasis *cloud* yang mengatur alur data antara aplikasi dan perangkat keras. Server ini bertanggung jawab atas autentikasi pengguna, pengiriman data sensor, serta sinkronisasi perintah dari aplikasi ke perangkat. *Blynk server* mampu menangani

koneksi dari banyak perangkat secara simultan, sehingga sangat cocok untuk sistem IoT berskala besar maupun multi-perangkat.

3. *Blynk Library* merupakan Pustaka pemrograman (*library*) yang digunakan pada sisi perangkat keras. *Library* ini menyediakan fungsi-fungsi siap pakai yang memudahkan pengembang dalam menulis kode untuk menghubungkan mikrokontroler dengan *server Blynk*. Dengan adanya *library* ini, integrasi antara perangkat keras dan aplikasi dapat dilakukan dengan lebih cepat dan efisien tanpa perlu menulis kode komunikasi dari awal.

Blynk memiliki berbagai keunggulan, antara lain kemudahan integrasi, tampilan yang ramah pengguna, kemampuan pemantauan *real-time*, serta dukungan terhadap berbagai perangkat keras dan sistem operasi. Selain itu, platform ini juga menyediakan berbagai jenis widget interaktif yang memungkinkan pengguna untuk menampilkan data sensor dalam bentuk grafik, indikator warna, maupun teks. Fitur-fitur tersebut menjadikan *Blynk* sebagai salah satu platform yang banyak digunakan dalam sistem berbasis IoT seperti pemantauan suhu dan kelembaban, sistem keamanan rumah pintar, deteksi kebakaran, serta pemantauan kualitas udara.

Secara keseluruhan, *Blynk* memberikan solusi praktis dan efisien bagi pengembang dalam merancang sistem IoT yang terintegrasi antara perangkat keras dan aplikasi mobile. Dengan kemampuan koneksi berbasis internet, *Blynk* memungkinkan pengguna untuk melakukan kontrol dan pemantauan sistem secara fleksibel dari jarak jauh, sehingga sangat relevan digunakan pada penelitian maupun pengembangan sistem otomatisasi modern (Bagus Pradana et al., 2022).

2.2.6 Telegram

Telegram merupakan aplikasi pesan instan (*instant messaging*) yang dirancang untuk menyediakan layanan komunikasi yang cepat, aman, dan lintas platform. Aplikasi ini memungkinkan pengguna mengakses akun mereka di berbagai perangkat secara bersamaan dengan sinkronisasi pesan secara otomatis melalui jaringan internet. Telegram dikembangkan dengan fokus pada kecepatan, keamanan, dan efisiensi penggunaan data, serta dapat digunakan secara gratis oleh seluruh penggunanya.

Salah satu fitur unggulan Telegram adalah Bot Telegram, yaitu aplikasi pihak ketiga yang dapat berjalan di dalam platform Telegram dan berinteraksi dengan pengguna melalui *Application programming Interface* (API) berbasis HTTPS. Fitur ini memungkinkan pengguna untuk mengirimkan perintah, pesan, atau permintaan data secara otomatis, sehingga sangat cocok diintegrasikan dengan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk memberikan notifikasi dan kontrol jarak jauh secara *real-time* (Nurrohim Oktaf Kharisma Harris Simaremare Ewi Ismaredah et al., 2023).

Dalam berbagai penelitian, Telegram sering dimanfaatkan sebagai antarmuka pengguna (*user interface*) maupun kanal notifikasi dalam sistem IoT, seperti sistem deteksi kebakaran, pemantauan konsentrasi asap, dan pengendalian perangkat elektronik rumah pintar. Melalui penggunaan bot, sistem dapat mengirimkan peringatan otomatis ke pengguna melalui pesan instan, sehingga meningkatkan responsivitas dan efektivitas sistem peringatan dini.

Meskipun memiliki keunggulan dalam kecepatan dan keamanan, kinerja Telegram sangat bergantung pada koneksi internet, karena proses pengiriman dan penerimaan pesan berlangsung secara online menggunakan jaringan data. Oleh karena itu, integrasi Telegram dalam sistem IoT umumnya dilakukan untuk menyediakan notifikasi berbasis jaringan yang efisien dan ekonomis, menggantikan sistem komunikasi konvensional yang lebih mahal atau terbatas jangkauannya (Simanungkalit & Rambe, 2025).

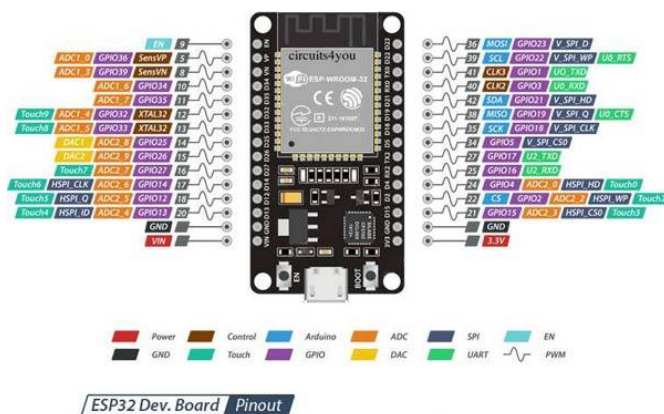
2.2.7 Mikrokontroler ESP32 DEVKIT V1

ESP32 merupakan mikrokontroler generasi terbaru yang dikembangkan oleh Espressif Systems, Perusahaan teknologi berbasis di Shanghai, Tiongkok. Mikrokontroler ini dirancang sebagai penerus dari ESP8266 dengan peningkatan signifikan pada aspek kemampuan komputasi, efisiensi daya, serta dukungan konektivitas nirkabel. Salah satu keunggulan utama ESP32 adalah integrasi modul Wi-Fi dan *Bluetooth Low Energy* (BLE) di dalam satu chip, yang menjadikannya sangat ideal untuk pengembangan sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) yang memerlukan koneksi nirkabel stabil dan hemat energi (Gultom & Putro, 2025).

ESP32 memiliki arsitektur prosesor Xtensa LX6 dengan sistem dual-core 32-bit, yang memberikan performa pemrosesan lebih cepat dibandingkan pendahulunya. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan ROM sebesar 128 KB, SRAM 416 KB, serta Flash Memory hingga 64 MB, yang berfungsi untuk menyimpan program dan data. Selain itu, ESP32 memiliki 34 pin General Purpose Input/Output (GPIO) yang dapat dikonfigurasi untuk berbagai fungsi, termasuk input/output digital, sensor analog, serta sentuhan kapasitif (*capacitive touch*). Fitur-fitur ini memungkinkan ESP32 beroperasi dalam berbagai aplikasi otomatisasi dan sistem cerdas (Simanungkalit & Rambe, 2025).

Dalam pengembangannya, ESP32 didukung oleh beragam perangkat lunak pemrograman seperti Arduino IDE, Espressif IoT Development Framework (ESP-IDF), serta ekstensi Visual Studio Code untuk ESP-IDF, yang memudahkan integrasi dan pemrograman bagi pengguna dari berbagai tingkat keahlian (Maulana, 2024).

Dengan dukungan konektivitas yang luas, kemampuan pemrosesan tinggi, dan efisiensi daya yang baik, ESP32 menjadi pilihan utama dalam pengembangan berbagai perangkat berbasis IoT, terutama untuk aplikasi pemantauan, otomasi, dan sistem keamanan (Kusumo & Ardiansyah, 2024).



Gambar 2.2 Mikrokontroler

Tabel 2.2 Spesifikasi ESP32 DEVKIT V1:

No.	Spesifikasi	Keterangan
1	Jenis Mikrokontroler	ESP32-WROOM-32 (berbasis chip ESP32 dari Espressif Systems)
2	Arsitektur Prosesor	Dual-core Xtensa® 32-bit LX6 Microprocessor
3	Frekuensi Clock	Hingga 240 MHz
4	Memori Flash	4 MB
5	SRAM (RAM)	416 KB
6	Jumlah GPIO	34 pin
7	Komunikasi Nirkabel	Wi-Fi 802.11 b/g/n dan Bluetooth v4.2
8	Jumlah Channel ADC	Hingga 18 channel ADC 12-bit
9	DAC (Digital to Analog Converter)	2 channel DAC 8-bit
10	PWM (Pulse Width Modulation)	Hingga 16 channel

2.2.8 Sensor DHT22

Sensor DHT22 merupakan sensor digital yang berfungsi untuk mengukur kelembaban relatif dan suhu udara di lingkungan sekitar. Sensor ini bekerja dengan memanfaatkan elemen kapasitif untuk mendeteksi kelembaban dan termistor untuk mengukur suhu, kemudian menghasilkan sinyal digital yang dikirim melalui pin data. DHT22 dikenal memiliki akurasi tinggi, respon cepat, serta desain yang kompak dan ekonomis dibandingkan dengan alat ukur sejenis thermohygrometer konvensional (Eko Wicaksono et al., 2025).

DHT22 dilengkapi dengan tiga pin utama, yaitu dua pin untuk catu daya (VCC dan GND) dan satu pin sebagai pin data. Sensor ini mampu mengukur suhu dalam rentang -40°C hingga 80°C , serta memiliki toleransi kesalahan pengukuran kelembaban sebesar $\pm 2\%$ (Bagas Adriano & Apsari Ciptoning Budi, 2019).

Kemudahan integrasi menjadikannya salah satu keunggulan sensor DHT22, karena dapat dihubungkan secara langsung dengan berbagai mikrokontroler, seperti Arduino Uno, ESP8266, atau NodeMCU. Melalui sistem tersebut, hasil pengukuran suhu dan kelembaban dapat ditampilkan secara *real-time* pada aplikasi monitoring seperti *Blynk* App. Selain stabil dan mudah dikalibrasi, sensor ini juga banyak digunakan dalam berbagai proyek *Internet of Things* (IoT), terutama pada sistem pemantauan lingkungan, deteksi kebakaran, dan otomatisasi rumah pintar (Indra et al., 2021).



Gambar 2. 3 Sensor DHT22

Tabel 2.3 Spesifikasi Sensor DHT22:

No.	Spesifikasi	Keterangan
1	Nama Sensor	DHT22
2	Jenis Sensor	Sensor suhu dan kelembaban digital
3	Tegangan Operasi	3.3 V – 6.0 V DC
4	Arus Operasi	0.3 mA (standby), 1.5 mA (pengukuran)
5	Rentang Pengukuran Suhu	-40°C hingga +80°C
6	Akurasi Suhu	±0.5°C
7	Resolusi Suhu	0.1°C
8	Rentang Pengukuran Kelembaban	0% – 100% RH
9	Akurasi Kelembaban	±2% – 5% RH

2.2.9 Sensor MQ-2

Sensor MQ-2 merupakan jenis sensor asap yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan asap maupun berbagai asap mudah terbakar di udara, seperti Hidrogen (H_2), Metana (CH_4), Propana (C_3H_8), Karbon Monoksida (CO), dan asap LPG. Sensor ini banyak diaplikasikan pada sistem keamanan rumah atau lingkungan industri, khususnya dalam pendeteksian kebocoran asap dan potensi kebakaran (Kusumo & Ardiansyah, 2024).

Secara konstruksi, sensor MQ-2 memiliki bentuk tabung aluminium yang dilapisi silikon dan dilengkapi dengan elektroda emas (aurum) di bagian tengah. Di dalamnya terdapat elemen pemanas yang berfungsi untuk memanaskan material keramik SnO_2 (timah dioksida). Material ini bersifat semikonduktor dan akan mengalami perubahan konduktivitas listrik ketika terpapar partikel asap atau asap. Perubahan tersebut menyebabkan variabilitas hambatan listrik, sehingga menghasilkan perubahan tegangan keluaran pada sensor.

Sensor MQ-2 memiliki empat pin utama, yaitu VCC sebagai sumber tegangan (biasanya +5V), GND (Ground) sebagai jalur negatif, serta analog output dan digital output sebagai keluaran sinyal. Selain itu, sensitivitas sensor dapat diatur menggunakan potensiometer, sehingga memungkinkan penyesuaian terhadap jenis asap dan tingkat konsentrasi yang ingin dideteksi.

Dengan prinsip kerja tersebut, sensor MQ-2 berperan penting dalam berbagai aplikasi sistem berbasis *Internet of Things* (IoT), terutama dalam rancang bangun sistem pendeteksi kebakaran dan kebocoran asap yang terintegrasi dengan mikrokontroler seperti ESP32 atau Arduino Uno, serta dapat memberikan peringatan dini secara otomatis melalui sistem notifikasi digital (Efendi & Sabda Lesmana, 2024).



Gambar 2.4 Sensor MQ-2

Tabel 2.4 Spesifikasi Sensor MQ-2

No.	Spesifikasi	Keterangan
1	Nama Sensor	MQ-2 Asap Sensor
2	Jenis Sensor	Sensor asap analog (berbasis SnO_2 – timah dioksida)
3	Tegangan Operasi	5 V DC
4	Arus Operasi	150 mA (pemanasan), <10 mA (sirkuit sensor)
5	Asap yang Dapat Dideteksi	LPG, metana (CH_4), hidrogen (H_2), asap, propana, butana, karbon monoksida (CO)
6	Rentang Konsentrasi Asap	300 – 10.000 ppm (tergantung jenis asap)
7	Waktu Pemanasan Awal (Preheat Time)	± 20 detik (stabil optimal setelah ± 24 jam)
8	Waktu Respon (Response Time)	<10 detik
9	Waktu Pemulihan (Recovery Time)	<30 detik
10	Suhu Operasi	-20°C hingga +50°C
11	Kelembapan Operasi	15% – 95% RH

2.2.10 Display LCD 16x2

LCD ialah sebuah suku cadang elektronika yang berguna dalam menampilkan data berupa huruf, karakter, angka yang dioperasikan dengan sistem dot matriks, yang dimana tampilan pada layarnya berupa titik-titik 16 yang menyatu membentuk sebuah karakter. Ketika komponen tersebut akan menampilkan data, maka arus akan mengalir

melalui setiap bar yang terdapat dalam LCD ini, sehingga seluruh kristal akan merespon dengan menyerap banyak cahaya dan merubah bentuk sesuai data yang akan ditampilkan, sebaliknya ketika tidak terdapat arus yang mengalir maka kristal juga akan dalam kondisi mati sehingga Kristal seperti tidak tampak karena tersamarkan dengan warna bahan latar belakang.

LCD 16x2 (*Liquid Crystal Display* 16 kolom $\times$ 2 baris) merupakan modul tampilan karakter yang banyak digunakan dalam perangkat mikrokontroler karena kemampuannya menampilkan informasi secara sederhana dan efisien. Modul ini mampu menampilkan hingga 32 karakter (masing-masing 16 pada dua baris), dengan setiap karakter tersusun dari matriks 5x8 dot. Umumnya, LCD 16x2 dikendalikan oleh chip pengendali HD44780 atau kompatibelnya, yang memungkinkan modul ini beroperasi dalam mode 8-bit maupun 4-bit untuk pengiriman data (Napu et al., 2022).

LCD 16x2 memiliki antarmuka parallel yang terdiri dari pin RS (*Register Select*), RW (*Read/Write*), dan E (*Enable*), serta delapan jalur data (D0-D7). Namun untuk menghemat pin mikrokontroler, banyak penelitian menggunakan mode 4-bit dengan hanya memanfaatkan pin D4-D7. Selain itu, beberapa implementasi juga menggunakan modul antarmuka I2C agar komunikasi cukup melalui dua pin (SDA dan SCL), sehingga lebih efisien pada perangkat seperti Arduino atau ESP32 (Novita Sari et al., n.d.).



Gambar 2.5 LCD 16x2

Dari segi kebutuhan daya, LCD 16x2 bekerja pada tegangan operasi 5V, sementara bagian *backlight* menggunakan LED yang dapat dikontrol secara terpisah. (Danwa

Malinda & Indra Gunawan Hts, 2023) Menyebutkan bahwa LCD jenis ini cocok digunakan dalam sistem monitoring karena konsumsi dayanya rendah serta tampilannya tetap jelas di berbagai kondisi pencahayaan.

Dengan kemudahan integrasi dan biaya yang relative murah, LCD 16x2 banyak diterapkan dalam berbagai penelitian seperti sistem monitoring suhu, alat kontrol otomatis, hingga perangkat IoT berbasis ESP8266 dan ESP32, berfungsi sebagai antarmuka pengguna (user interface) untuk menampilkan data secara *real-time*.

2.2.11 Buzzer

Buzzer merupakan salah satu komponen elektronik yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi energi suara. Prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan loudspeaker, yaitu menggunakan kumparan elektromagnetik yang terpasang pada diafragma. Ketika arus listrik dialirkan ke kumparan, medan magnet yang terbentuk menyebabkan pergerakan bolak-balik pada diafragma, sehingga menimbulkan getaran udara yang menghasilkan suara. Proses ini memungkinkan *buzzer* berperan sebagai perangkat pemberi isyarat bunyi atau alarm dalam berbagai sistem elektronik (Maulana, 2024).

Dalam penerapannya, *buzzer* sering digunakan sebagai indikator peringatan pada sistem keamanan, sistem deteksi kebakaran, maupun sistem otomatisasi berbasis mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32. Komponen ini bekerja pada tegangan rendah, umumnya sekitar 5 volt, sehingga mudah diintegrasikan ke dalam berbagai perangkat IoT (Arumsari et al., 2023).

Berdasarkan karakteristik dan cara kerjanya, *buzzer* dibedakan menjadi dua jenis, yaitu *active buzzer* dan *passive buzzer*. *Active buzzer* dapat menghasilkan suara secara langsung saat diberi tegangan tanpa perlu pengaturan frekuensi tambahan, sedangkan *passive buzzer* membutuhkan sinyal frekuensi dari mikrokontroler untuk menghasilkan nada tertentu. Dengan demikian, pemilihan jenis *buzzer* disesuaikan dengan kebutuhan sistem. Misalnya, untuk sistem peringatan kebakaran, *active buzzer* sering digunakan karena mampu menghasilkan bunyi alarm secara cepat dan stabil (Efendi & Sabda Lesmana, 2024).

Secara keseluruhan, *buzzer* memiliki peranan penting dalam sistem peringatan dini karena kemampuannya memberikan notifikasi suara terhadap kondisi bahaya, seperti peningkatan suhu atau terdeteksinya asap berbahaya di lingkungan tertentu (Maulana, 2024).



Gambar 2.6 *Buzzer*

2.2.12 Adaptor 5V 1A

Adaptor 5V 1A adalah perangkat catu daya (*power supply*) yang menurunkan listrik arus bolak-balik (AC) dari sumber listrik utama menjadi arus searah (DC) dengan tegangan output 5 volt dan kemampuan arus maksimal 1 ampere. Biasanya digunakan untuk memberi daya kepada perangkat elektronik kecil seperti modul mikrokontroler, sensor, perangkat IoT, modul relay, dan lain-lain. Fungsi utama adaptor ini adalah menyediakan tegangan stabil dan arus yang cukup agar perangkat bisa bekerja dengan benar dan aman.



Gambar 2.7 Adaptor

2.2.13 Pemutus Daya Otomatis

Pemutus daya otomatis merupakan salah satu mekanisme proteksi yang berfungsi untuk menghentikan suplai listrik secara otomatis saat terdeteksi kondisi tidak normal yang berpotensi menimbulkan bahaya, seperti hubungan arus pendek (korsleting), beban berlebih, maupun indikasi awal terjadinya kebakaran. Pada sistem pendeteksi kebakaran berbasis *Internet of Things* (IoT), fitur pemutus daya otomatis dapat diterapkan sebagai langkah mitigasi dini guna menekan risiko perluasan api akibat adanya sumber listrik yang masih aktif. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa perkembangan sistem IoT tidak hanya berfokus pada pemantauan kondisi lingkungan secara *real-time*, tetapi juga dapat dikombinasikan dengan aktuator untuk menjalankan tindakan otomatis. Salah satu tindakan tersebut yaitu pemutusan aliran listrik menggunakan relay sebagai bentuk perlindungan tambahan. Konsep ini dapat meningkatkan kinerja sistem karena sistem tidak hanya memberikan peringatan dini, tetapi juga mampu melakukan upaya preventif terhadap sumber bahaya (Ravly dkk et al., 2025).

2.2.14 Relay sebagai Aktuator Pemutus Daya Otomatis

Relay merupakan komponen switching yang dapat dioperasikan melalui sinyal listrik bertegangan rendah untuk menghubungkan maupun memutus beban listrik bertegangan lebih tinggi. Relay umum digunakan dalam sistem IoT karena mampu menjembatani sistem kontrol berbasis mikrokontroler dengan perangkat listrik rumah tangga. Dalam sistem pendeteksi kebakaran, relay dapat dimanfaatkan sebagai aktuator pemutus daya otomatis. Ketika sensor mendeteksi adanya kondisi berbahaya berupa kenaikan suhu serta peningkatan konsentrasi asap, mikrokontroler akan mengirimkan sinyal kendali ke relay sehingga beban listrik yang terhubung dapat diputus. Penerapan ini dapat menurunkan risiko korsleting lanjutan serta mengurangi potensi penyebaran api akibat suplai listrik yang masih tersambung (Ravly dkk et al., 2025).

2.2.15 Integrasi Pemutus Daya Otomatis dalam Sistem IoT

Integrasi pemutus daya otomatis dilakukan dengan menggabungkan sensor mikrokontroler, serta aktuator relay dalam satu sistem. Sensor berfungsi membaca

parameter lingkungan, seperti suhu dan asap. Data yang diperoleh selanjutnya diproses oleh mikrokontroler untuk menentukan kondisi aman maupun kondisi bahaya. Apabila sistem mendeteksi keadaan bahaya, maka beberapa output akan dijalankan secara bersamaan, yaitu aktivasi alarm *buzzer* sebagai peringatan lokal, pengiriman notifikasi melalui platform IoT, serta pemutusan daya menggunakan relay. Melalui integrasi ini, sistem tidak hanya bersifat monitoring, tetapi juga memiliki fungsi proteksi awal. Sistem IoT yang dilengkapi tindakan otomatis merupakan salah satu bentuk peningkatan keamanan dalam penerapan smart home maupun sistem deteksi kebakaran modern (Mutiaras Susilo & Rakhmawati, 2025).

2.2.16 Aspek Keselamatan pada Penerapan Pemutus Daya Otomatis

Penerapan pemutus daya otomatis perlu memperhatikan aspek keselamatan, khususnya karena relay berhubungan langsung dengan beban listrik AC. Relay yang digunakan harus memiliki spesifikasi arus yang sesuai dengan beban, serta instalasi harus memastikan adanya isolasi yang memadai antara rangkaian tegangan rendah dan rangkaian tegangan tinggi. Selain itu, pemutusan daya sebaiknya diterapkan pada beban tertentu yang memiliki risiko tinggi, misalnya beban pada area dapur, agar tidak memutus seluruh jaringan listrik bangunan yang dapat mengganggu perangkat penting atau sistem darurat lainnya (Muhammad Arief Wicaksono et al., 2025).