

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Perancangan alat pendeteksi kebakaran hutan lahan ini juga merupakan pengembangan dari peneliti sebelumnya yang dibuat oleh (Kamarudin et al., 2022). yang di dalam penelitiannya dibuat sebuah alat untuk memonitoring keadaan kelembapan tanah dan suhu hutan saat normal dan saat terjadinya kebakaran. Alat ini menggunakan Arduino UNO sebagai *microcontroller*-nya dan sensor suhu DHT22 sebagai sensor utama.

Penelitian lainnya menggunakan LoRa sebagai transmisi jarak jauhnya dengan DHT11 dan MQ2 yang dilakukan oleh (Sahbani & Azwar, 2021) Pada penelitian ini, jika DHT11 dan MQ2 mendeteksi terjadinya potensi kebakaran, maka sistem akan secara otomatis mengirimkan peringatan real-time melalui aplikasi Blynk keperangkat yang telah terhubung.

Selain itu, ada pada penelitian yang lain alat yang digunakan menggunakan *Solar Panel* sebagai sumber energinya. Penelitian ini dilakukan oleh (Ijra & Unik, 2024) Dalam penelitiannya, mereka menggunakan LoRa yang memungkinkan transmisi data jarak jauh. Perangkat ini juga menggunakan DHT11, MQ2, dan sensor api untuk alat deteksinya. Dikarenakan menggunakan tenaga surya, perangkat ini dapat bekerja secara independent.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul	Hasil
(Harnawan et al., 2022)	Sistem komunikasi data nirkabel mikrokontroler dengan raspberry PI dalam mitigasi kebakaran gambut	Sistem ini memanfaatkan panel surya sebagai sumber daya, sehingga lebih efisien dan mandiri dalam hal energi. Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP8266, yang terhubung dengan berbagai sensor untuk memantau suhu, kelembapan, dan tekanan air. Data yang dikumpulkan dari sensor-sensor ini kemudian disimpan di MySQL, sebuah database berbasis web, untuk memudahkan pengelolaan dan akses data. Dengan cara ini, sistem dapat memantau kondisi lingkungan secara real-time sambil memastikan penggunaan energi yang efisien.
(Simangunsong et al., 2022)	Desain Dan Implementasi Dashboard Monitoring Sistem Pendeteksi Web Design And Implementation Of Web-Based Forest Fire Detection System Monitoring Dashboards	Penelitian ini menggunakan LoRa sebagai receiver dan Arduino sebagai mikrokontroler untuk menghubungkan beberapa sensor, seperti DS18B20 untuk suhu, MQ2 untuk deteksi gas dan asap, serta sensor api untuk mendeteksi kebakaran. Data yang dikumpulkan disimpan di dua database: Firebase untuk pembaruan data secara real-time dan MySQL untuk otentikasi, memastikan akses sistem yang aman. Sistem ini memungkinkan pemantauan yang efisien dan responsif dengan pengelolaan data yang terjamin keamanannya.
(Zulkifli et al., 2022)	Peat Soil Temperature Monitoring System With IoT Technology	Penelitian ini menggunakan sensor DS18B20 dan DHT22 untuk memantau suhu dan kelembapan di lingkungan sekitar. Data yang diperoleh dari kedua sensor tersebut dikelola dan disimpan dalam MongoDB, sebuah database NoSQL yang memungkinkan pengelolaan data secara fleksibel. Dengan menggunakan MongoDB, data yang dihasilkan dapat dengan mudah diakses dan dianalisis untuk mendukung pemantauan kondisi lingkungan yang lebih efektif.

Penelitian yang akan dibuat menggunakan pendekatan yang berbeda dibandingkan penelitian sebelumnya, dengan memanfaatkan ESP32 sebagai mikrokontroler utama. Mikrokontroler ini akan terhubung dengan tiga sensor, yaitu sensor suhu SHT31, sensor api inframerah, dan sensor asap SHT31, untuk memantau kondisi lingkungan secara real-time. Data yang dikumpulkan dari sensor-sensor ini akan dikirim dan disimpan di Spreadsheet. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan fitur notifikasi yang akan mengirimkan peringatan tentang potensi kebakaran langsung ke Telegram, sehingga pengguna bisa menerima informasi penting dengan cepat dan mudah. Dengan pendekatan ini, diharapkan deteksi dan penanganan risiko kebakaran bisa dilakukan lebih efektif.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Lahan Gambut

Hutan rawa gambut adalah ekosistem tropis yang sangat rentan terhadap kebakaran, karena kandungan karbonnya yang tinggi. Kebakaran di daerah ini melepaskan karbon dalam jumlah besar ke atmosfer. Sebelum kebakaran, suhu lahan gambut, terutama pada kedalaman 1 meter, berkisar antara 23°C hingga 35°C, yang biasanya lebih rendah dibandingkan suhu udara sekitar, dengan suhu maksimum udara mencapai 33.9°C. Namun, saat kebakaran terjadi, suhu lahan gambut mengalami peningkatan drastis yang bahkan melampaui suhu udara. Penelitian menunjukkan bahwa suhu lahan gambut dapat mencapai atau melebihi 45°C, seiring meluasnya area kebakaran. Peningkatan suhu yang signifikan ini menunjukkan pentingnya pengawasan suhu sebagai indikator awal untuk mendeteksi potensi kebakaran pada lahan gambut. (Bagaskara et al., 2017)



Gambar 2. 1 Hutan Gambut Bukit Batrem

Pada Gambar 2.1, terlihat bahwa lahan tersebut termasuk kategori kering. Berdasarkan informasi dari kelurahan setempat, lahan ini pernah mengalami kebakaran hebat pada tahun 2024 saat musim kemarau, yang mengakibatkan seluruh area terbakar habis. Setelah kejadian tersebut, lahan ini berubah menjadi lahan kosong yang kini mulai kembali ditumbuhi oleh tumbuhan semak belukar. Faktor lingkungan ini menegaskan pentingnya pengawasan dan pencegahan dini di wilayah tersebut.

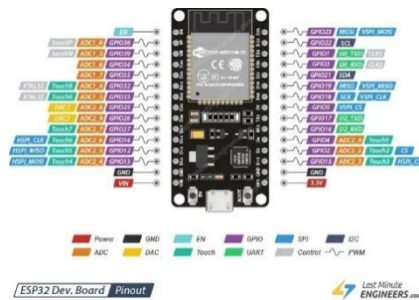
2.2.2 *Pengertian IoT*

Internet of Things (IoT) adalah konsep yang menggambarkan jaringan perangkat fisik yang saling terhubung dan dapat berkomunikasi satu sama lain melalui jaringan internet atau jaringan lokal. Dalam pengembangan system berbasis *IoT*, perangkat yang terhubung dapat berfungsi secara otomatis atau dikendalikan secara jarak jauh, memberikan solusi yang lebih inovatif dan efisien di berbagai bidang. Teknologi *IoT* berperan penting dalam revolusi digital yang berfokus pada otomatisasi, penghematan sumber daya, dan peningkatan kualitas hidup.

2.2.3 *ESP32*

ESP32 adalah *microcontroller* yang dirancang oleh Espressif Systems, yang terkenal dengan kemampuannya dalam pengelolaan jaringan Wi-Fi dan Bluetooth. Mikrokontroler ini dilengkapi dengan prosesor dual-core 32-bit Xtensa LX6 yang memiliki kecepatan hingga 240 MHz, menjadikannya ideal untuk aplikasi Internet of Things (IoT) yang membutuhkan pemrosesan cepat dan efisien. Selain itu, ESP32 memiliki konsumsi daya yang rendah, dengan mode deep-sleep yang

memungkinkan perangkat tetap dalam keadaan siap pakai meskipun penggunaan dayanya minimal. Kemampuan untuk menjalankan berbagai perangkat secara simultan melalui koneksi nirkabel menjadikan ESP32 sangat populer di kalangan pengembang IoT dan proyek otomas rumah. Dalam proyek ini, ESP32 digunakan sebagai platform utama untuk menghubungkan dan mengendalikan perangkat, memungkinkan komunikasi antar perangkat melalui jaringan lokal dan internet.

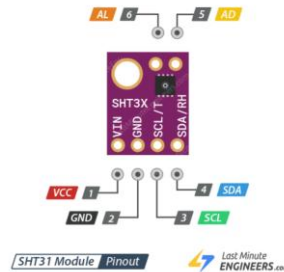


Gambar 2. 2 Pinout ESP32
sumber: (ESP32 Pinout, n.d.)

2.2.4 SHT31

Sensor SHT31 merupakan sensor digital yang berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembapan udara dengan tingkat akurasi serta stabilitas yang tinggi. Sensor ini dikembangkan oleh Sensirion AG dan mengintegrasikan elemen pengukuran suhu, kelembapan, serta rangkaian pemrosesan sinyal dalam satu chip sehingga mampu menghasilkan data yang akurat dan andal. Data hasil pengukuran kemudian diproses secara digital di dalam sensor dan dikirimkan ke mikrokontroler melalui antarmuka komunikasi I²C (*Inter-Integrated Circuit*), sehingga dapat mengurangi kesalahan yang umumnya terjadi pada transmisi sinyal analog. Sensor ini memiliki rentang pengukuran suhu antara -40°C hingga 125°C dengan akurasi mencapai $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$ pada kondisi tertentu, serta mampu mengukur kelembapan relatif (*Relative Humidity/RH*) pada rentang 0% hingga 100% RH dengan akurasi sekitar $\pm 2\%$ RH. Selain memiliki konsumsi daya yang rendah, SHT31 juga menawarkan waktu respons yang cepat dan kestabilan pengukuran dalam jangka panjang, sehingga banyak dimanfaatkan pada berbagai aplikasi seperti sistem pemantauan lingkungan, stasiun cuaca, rumah kaca, ruang penyimpanan, hingga sistem berbasis Internet of Things (IoT). Dengan karakteristik tersebut, SHT31 menjadi salah satu

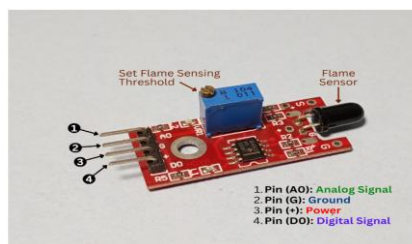
sensor yang sesuai untuk digunakan pada sistem monitoring suhu dan kelembapan secara real-time yang membutuhkan hasil pengukuran yang akurat dan konsisten.



Gambar 2. 3 Sensor Suhu dan Kelembapan SHT31
sumber: (SHT31, n.d.)

2.2.5 Sensor Api

Sensor api adalah perangkat yang dirancang untuk mendeteksi adanya api atau nyala api melalui deteksi radiasi inframerah atau cahaya yang dipancarkan oleh api. Sensor ini bekerja dengan menggunakan elemen optik yang sensitif terhadap panjang gelombang cahaya yang dihasilkan oleh api, seperti cahaya inframerah dan *ultraviolet*. Ketika sensor mendeteksi perubahan intensitas cahaya yang berada dalam spektrum api, sensor akan mengirimkan sinyal untuk menunjukkan bahwa ada potensi kebakaran. Sensor api banyak digunakan dalam aplikasi keselamatan seperti system deteksi kebakaran, terutama di area yang berisiko tinggi seperti hutan. Pada alat pendeteksi kebakaran hutan, flame sensor dapat dipasang untuk mendeteksi api kecil yang muncul di lahan terbuka, memberikan peringatan dini sebelum kebakaran meluas.

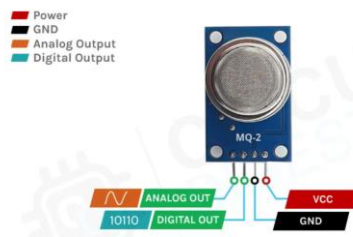


Gambar 2. 4 Pinout Sensor Api
sumber: (KY-026, n.d.)

2.2.6 Sensor Asap MQ-2

MQ-2 merupakan sensor gas semikonduktor yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan asap dan berbagai gas mudah terbakar, seperti LPG,

metana, propana, hidrogen, dan hidrogen. Sensor ini bekerja dengan memanfaatkan perubahan konduktivitas material timah dioksida (SnO_2) ketika terpapar gas atau asap, sehingga menghasilkan sinyal listrik yang dapat diolah oleh mikrokontroler. Sensor MQ-2 memiliki sensitivitas yang tinggi terhadap asap hasil pembakaran, Apabila sensor mendeteksi peningkatan konsentrasi asap yang melebihi ambang batas yang telah ditentukan, sistem dapat mengirimkan notifikasi atau peringatan dini kepada petugas maupun masyarakat sehingga tindakan penanganan dapat segera dilakukan untuk meminimalkan penyebaran kebakaran.



Gambar 2. 5 Pinout Sensor MQ-2
sumber: (MQ-2, n.d.)

2.2.7 Panel Surya

Panel surya adalah perangkat yang mengkonversi energy matahari menjadi energy listrik melalui proses fotovoltaiik. Energi yang dihasilkan oleh panel surya dapat digunakan untuk memberikan daya pada sistem elektronik, termasuk perangkat seperti ESP32, serta mengisi ulang baterai untuk menyediakan daya cadangan saat kondisi cahaya matahari tidak tersedia. Pada sistem deteksi kebakaran hutan, panel surya digunakan sebagai sumber energy utama untuk menjaga agar ESP32 dan sensor lainnya tetap berfungsi secara mandiri tanpa ketergantungan pada sumber daya eksternal. Energi yang dihasilkan oleh panel surya ini akan disalurkan ke baterai yang terhubung dengan sistem, yang berfungsi untuk menyimpan energy cadangan, memungkinkan perangkat beroperasi secara kontinu meskipun dalam kondisi cuaca mendung atau pada malam hari. Panel surya yang akan digunakan adalah 20 Wp dan 12V.



Gambar 2. 6 Panel Surya
sumber: (*Solar Panel*, n.d.)

2.2.8 Baterai

Baterai Aki kering merupakan pilihan ideal untuk sistem tenaga surya dalam deteksi kebakaran hutan karena kepadatan energi yang tinggi, umur panjang, dan efisiensi pengisian daya yang baik. Dalam sistem ini, panel surya mengubah energi matahari menjadi listrik untuk mengisi baterai, yang kemudian menyuplai daya agar perangkat tetap beroperasi meskipun tidak ada sinar matahari langsung, seperti pada malam hari atau saat cuaca mendung.



Gambar 2. 7 Baterai Aki Kering
sumber: (*Battery*, n.d.)

2.2.9 Solar Charger Controller

Solar charge controller adalah komponen penting dalam sistem tenaga surya yang berfungsi untuk mengatur pengisian baterai. Komponen ini memastikan baterai terisi dengan benar tanpa berisiko overcharge, serta mengontrol arus listrik yang masuk dari panel surya ke baterai dan arus yang keluar ke beban.



Gambar 2. 8 Solar Charger Controller
sumber: (*Solar Charger Controller*, n.d.)

2.2.10 Telegram Bot

Telegram Bot adalah fitur dalam aplikasi Telegram yang memungkinkan pengiriman pesan otomatis melalui API. Bot ini dapat diintegrasikan dengan perangkat seperti ESP32, mikrokontroler berbasis IoT dengan fitur Wi-Fi. ESP32 dapat membaca data dari sensor, memprosesnya, lalu mengirimkan notifikasi ke Telegram menggunakan Telegram Bot API. Proses ini memanfaatkan koneksi internet untuk mengakses endpoint HTTP yang disediakan oleh Telegram.

Kombinasi ESP32 dan Telegram Bot sangat populer karena memungkinkan pengiriman notifikasi secara cepat dan aman, cocok untuk sistem IoT seperti pemantauan real-time atau peringatan berbasis kondisi tertentu. Integrasi ini menawarkan solusi yang efisien dan mudah diterapkan.



Gambar 2. 9 Logo Telegram
sumber: (Telegram, n.d.)

2.2.11 Spreadsheet

Spreadsheet merupakan media penyimpanan data berbentuk tabel yang banyak digunakan untuk mengelola, mencatat, dan menganalisis data secara terstruktur. Dalam penelitian ini, spreadsheet digunakan sebagai tempat penyimpanan data hasil pembacaan sensor suhu, sensor asap, dan sensor api. Data yang diperoleh dari setiap sensor dikirim oleh mikrokontroler melalui jaringan

internet menggunakan protokol HTTP, kemudian secara otomatis disimpan ke dalam spreadsheet. Penggunaan spreadsheet memudahkan proses pencatatan data secara real-time, pengelolaan data historis, serta pemantauan hasil pengukuran tanpa memerlukan sistem manajemen basis data yang kompleks.



Gambar 2. 10 Logo Google Spreadsheet
sumber: (*Spreadsheet*, n.d.)