



Prototype sistem pencegahan kebakaran pada *medium voltage cubicle* berbasis IoT

Yondra Adi Purnomo¹, Tri Rijanto², IGP Asto Buditjahjanto³, Rifqi Firmansyah⁴

^{1,2,3,4}Universitas Negeri Surabaya

¹yondra.20033@mhs.unesa.ac.id, ²tririjanto@unesa.ac.id, ³asto@unesa.ac.id, ⁴rifqifirmansyah@unesa.ac.id

Info Artikel :

Diterima :
8 Januari 2025
Disetujui :
30 Januari 2025
Dipublikasikan :
10 Februari 2025

ABSTRAK

Kebakaran listrik dapat terjadi akibat panas yang dihasilkan oleh arus listrik pada penghantar dengan tahanan tertentu, yang pada tingkat tertentu dapat memicu kebakaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT) guna mendeteksi potensi kebakaran listrik pada *medium voltage cubicle* secara *real-time*. Sistem ini dirancang menggunakan ESP32 yang terintegrasi dengan sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu dan kelembapan serta sensor ACS217 untuk mengukur arus listrik AC dan DC. Data yang diperoleh diproses dan diklasifikasikan dalam tiga kondisi: aman (LED hijau), peringatan (LED kuning), dan bahaya (LED merah), dengan tambahan buzzer sebagai alarm serta push button untuk mereset sistem. Perangkat lunak Node-RED, InfluxDB, dan Ngrok digunakan untuk menyimpan, mengolah, serta menampilkan data dalam bentuk *dashboard* yang memudahkan pengguna dalam pemantauan dan pengambilan keputusan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca dan menampilkan data secara *real-time* dengan respons yang cepat dan akurat, memberikan peringatan dini bagi pekerja dalam mencegah kebakaran. Dengan demikian, sistem ini berpotensi untuk diimplementasikan sebagai solusi IoT dalam meningkatkan keselamatan industri, khususnya pada *medium voltage cubicle*.

Kata kunci: IoT, Kebakaran Listrik, *Medium Voltage Cubicle*, Sistem Pemantauan, ESP32.

ABSTRACT

Electrical fires can occur due to heat generated by electric current in conductors with certain resistance, which at certain levels can trigger fires. This research aims to develop an Internet of Things (IoT) based monitoring system to detect potential electrical fires in medium voltage cubicle in real-time. The system is designed using ESP32 integrated with DHT22 sensor to detect temperature and humidity and ACS217 sensor to measure AC and DC electric current. The data obtained is processed and classified into three conditions: safe (green LED), warning (yellow LED), and danger (red LED), with an additional buzzer as an alarm and a push button to reset the system. Node-RED, InfluxDB, and Ngrok software are used to store, process, and display data in the form of a dashboard that makes it easier for users to monitor and make decisions. The test results show that the system is able to read and display data in real-time with a fast and accurate response, providing early warning for workers in preventing fires. Thus, this system has the potential to be implemented as an IoT solution in improving industrial safety, especially in medium voltage cubicle.

Keywords : IoT, Electrical Fire, *Medium Voltage Cubicle*, Monitoring System, ESP32.



©2022 Penulis. Diterbitkan oleh Arka Institute. Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PENDAHULUAN

Bahaya kebakaran memiliki potensi tinggi untuk terjadi di berbagai aspek kehidupan. Kebakaran dapat menyebabkan kerugian yang signifikan, baik secara emosional maupun material. Oleh karena itu, diperlukan langkah-langkah pencegahan yang efektif, termasuk pemasangan alat deteksi kebakaran yang mampu mengidentifikasi tanda-tanda awal terjadinya kebakaran (Suhartini et al., 2023). Listrik, yang menjadi kebutuhan utama dalam kehidupan sehari-hari, juga menyimpan risiko terjadinya kebakaran. Bahaya kebakaran akibat listrik dapat dipicu oleh faktor teknis maupun non-teknis.

Salah satu komponen yang berisiko tinggi adalah box panel listrik. Dalam instalasi listrik, box panel listrik memiliki peran penting karena di dalamnya terdapat kabel-kabel, MCB, dan berbagai perangkat listrik lainnya yang berfungsi untuk mengatur jaringan listrik. Kebakaran sering kali disebabkan oleh korsleting listrik, yang terjadi akibat penggunaan alat penghantar dengan tingkat

keamanan yang tidak memadai. Hal ini dapat memicu percikan api yang berpotensi menimbulkan kebakaran (Mulyadi et al., 2023).

Menurut Setyo (2014), penyebab utama kebakaran adalah korsleting listrik pada peralatan instalasi listrik. Hal ini terutama terjadi akibat pemasangan instalasi listrik yang tidak memenuhi standar atau karena instalasi listrik yang sudah berusia tua. Selain itu, penggunaan, pemasangan, dan perlakuan yang kurang tepat terhadap peralatan listrik juga menjadi faktor yang memicu terjadinya korsleting listrik (Pratama & Marlim, 2023). Selain menerapkan peraturan untuk instalasi listrik dan menggunakan peralatan canggih, diperlukan dukungan berupa penerapan model sistem instalasi listrik dengan pengamanan yang menyeluruh (Arif, 2023). Untuk mengurangi risiko kebakaran pada panel listrik, salah satu langkah yang dapat dilakukan adalah memasang detektor kebakaran khusus untuk panel listrik guna mencegah terjadinya kebakaran.

Menurut Berilano tahun 2023, masalah pada kubikel muncul karena suhu dan kelembaban yang terlalu rendah atau tinggi, yang dapat menyebabkan adanya bintik-bintik air dan korosi pada komponen-komponen di dalam kubikel 20 kV (Achadiyah et al., 2022). Salah satu upaya diperlukan suatu sistem yang dapat mengontrol suhu dan kelembaban di dalam kubikel 20 kV (Sukoco et al., 2023). Menurut teori segitiga api, kebakaran dapat terjadi apabila terdapat tiga unsur utama, yaitu bahan bakar, oksigen, dan panas. Bahan bakar yang dapat memicu terjadinya api mencakup material dalam bentuk padat, cair, maupun gas (Panjaitan & Mulyadi, 2020).

Kebakaran listrik terjadi akibat panas yang dihasilkan oleh aliran arus listrik melalui media penghantar dengan hambatan tertentu, yang kemudian diubah menjadi energi panas. Pada tingkat arus listrik tertentu, hal ini dapat memicu kebakaran listrik (Yani et al., 2020). Risiko kebakaran listrik dapat diminimalkan jika instalasi listrik dipasang sesuai standar yang berlaku dan penggunaannya dilakukan dengan mematuhi aturan yang ditetapkan (Taufik et al., 2021). Menurut (Arif, 2023), suhu yang diizinkan untuk penggunaan adalah minimal 35 °C hingga maksimal 40 °C, dengan tingkat kelembaban di bawah 90%, sebagaimana tercantum dalam datasheet kubikel merek Schneider dan sesuai dengan standar IEC 62271-1.

Sistem manajemen kebakaran merupakan upaya untuk mengelola risiko kebakaran yang mencakup perencanaan, pelaksanaan, pemantauan, dan tindak lanjut (Musyafak, 2020). Secara umum, tujuan dari pemantauan adalah untuk mengumpulkan data atau wawasan yang dapat digunakan sebagai umpan balik untuk memenuhi kebutuhan tertentu (Imamuddin & Zulwisli, 2019; Yani et al., 2020). Sebuah sistem monitoring terdiri dari beberapa komponen utama: sensor, jaringan komunikasi, unit pemrosesan data seperti menggunakan Node-RED, dan antarmuka pengguna (Islamy & Wisudawati, 2023). Dikembangkan oleh IBM, Node-RED menggunakan pendekatan visual di mana pengguna dapat mengatur dan menghubungkan berbagai node menggunakan antarmuka berbasis web (Atmodjo et al., 2023; Garfatta et al., 2021). Node-RED sangat populer dalam pengembangan aplikasi *Internet of Things* (IoT) karena kemudahannya dalam mengintegrasikan berbagai perangkat dan layanan (Deepthi et al., 2020; Reddy et al., 2023).

Penggunaan sensor dalam monitoring bertanggung jawab untuk mengumpulkan data dari lingkungan atau peralatan yang dipantau, seperti suhu, tekanan, kelembaban, atau parameter spesifik lainnya (Pebralia et al., 2022). Hasil dari monitoring dapat disimpan dalam database seperti influxDB (Cicioğlu & Çalhan, 2021; Phutane, 2022; Radia et al., 2023). Proses monitoring supaya bisa diakses oleh pengguna lain dapat menggunakan tunnel yang aman salah satunya yakni NGROK (Parlika et al., 2021).

Sistem monitoring untuk mengumpulkan data menggunakan sensor dapat dilakukan kontrol menggunakan mikrokontroler salah satunya ESP32 (Wahyudi et al., 2023). ESP32 mampu menjalankan berbagai aplikasi IoT yang kompleks dengan konsumsi daya yang rendah, serta mendukung pengembangan perangkat lunak yang mudah menggunakan berbagai SDK dan kerangka kerja seperti Arduino IDE dan ESP-IDF (Rombekila & Entamoing, 2022). Pada penelitian ini menggunakan sensor DHT22 dan ACS712.

Beberapa penelitian terdahulu yang mendasari pada tujuan penelitian ini diantaranya adalah Basino et al. (2022) dalam penelitiannya mengembangkan sistem deteksi kebakaran yang memproses data sensor menggunakan mikrokontroler Atmega 328, dengan hasil pembacaan ditampilkan melalui aplikasi IDE dalam bentuk data deteksi kebakaran, pembacaan suhu, dan kondisi pada panel. Ketika sensor mendeteksi api atau suhu melebihi ambang batas yang ditentukan, sistem akan mengaktifkan buzzer dan LED sebagai peringatan. Sebaliknya, jika tidak terdeteksi tanda-tanda kebakaran atau suhu

kembali dalam batas normal, alarm akan otomatis dinonaktifkan. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi sensor dengan mikrokontroler dapat menjadi solusi efektif dalam sistem pemantauan kebakaran, yang relevan dengan penelitian ini dalam pengembangan sistem pencegahan kebakaran berbasis IoT.

Penelitian Simbar & Syahrin (2017) mengembangkan sistem pemantauan suhu otomatis pada mesin Ultrasonic Testing (UST) di PT. Krakatau Posco, menggantikan metode manual yang kurang efisien. Sistem ini menggunakan sensor MLX90614 untuk mendeteksi suhu plate baja, dengan data yang diproses oleh Arduino dan dikirim melalui modul RF 433MHz ke layar LCD 16x2. Pengujian menunjukkan bahwa meskipun terdapat selisih 2,58°C dibandingkan dengan termogun, hasilnya tetap linier dan dapat meningkatkan efisiensi proses line-on. Temuan ini relevan dengan penelitian ini dalam pengembangan sistem pemantauan suhu berbasis IoT untuk meningkatkan akurasi dan respons terhadap potensi bahaya.

Penelitian Nugraha (2019) mengungkapkan bahwa upaya pencegahan kebakaran telah diterapkan secara komprehensif melalui berbagai program pra-kebakaran, termasuk manajemen kebijakan, organisasi, prosedur, identifikasi risiko, pelatihan, serta perlindungan aktif dan pasif terhadap kebakaran. Selain itu, inspeksi rutin dan langkah-langkah pencegahan kerusakan juga telah dijalankan. Dalam aspek penanggulangan, tersedia tim tanggap darurat yang bertugas merespons insiden kebakaran.

Penelitian Romiyadi et al. (2023) berhasil merancang alat pendeteksi banjir berbasis Arduino Uno dan sensor ultrasonik HC-SR04, yang mampu mendeteksi ketinggian air dalam empat tahap dengan indikator LED dan buzzer sebagai peringatan dini. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berfungsi sesuai desain, memberikan peringatan bertahap dari siaga hingga bahaya, sehingga efektif dalam mendeteksi potensi banjir dan memungkinkan tindakan pencegahan lebih awal.

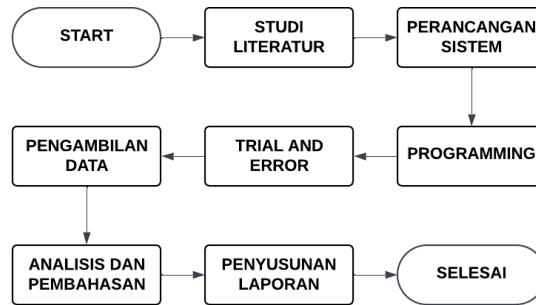
Meskipun penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem pemantauan kebakaran dan suhu berbasis sensor, penelitian-penelitian sebelumnya belum mengintegrasikan teknologi IoT untuk pemantauan jarak jauh dan *real-time*, serta belum adanya sistem yang secara khusus dirancang untuk mendeteksi potensi kebakaran listrik pada *medium voltage cubicle*. Oleh karena itu, penelitian ini akan mengembangkan sistem pemantauan berbasis IoT yang mampu mendeteksi potensi kebakaran listrik secara *real-time* pada *medium voltage cubicle*. Sistem ini mengintegrasikan ESP32 dengan sensor DHT22 dan ACS217 untuk membaca suhu dan arus listrik secara langsung, serta memproses data menggunakan Node-RED dan InfluxDB, yang ditampilkan melalui *dashboard* interaktif. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan indikator LED, buzzer peringatan, dan push button reset, sehingga memungkinkan respons cepat terhadap kondisi berbahaya. Dengan pendekatan ini, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efektivitas deteksi dini, mengoptimalkan langkah mitigasi, serta mendukung preventive maintenance secara berkala, sehingga dapat mengurangi risiko kebakaran listrik di lingkungan industri.

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

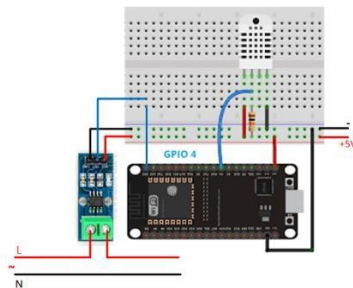
Metode penelitian kuantitatif digunakan dalam penelitian ini. Menurut Kasiram (2008) dalam buku yang ditulis, mengungkapkan bahwa penelitian kuantitatif yakni suatu proses menemukan pengetahuan data dapat berupa nomor yang dimanfaatkan untuk menganalisis pengetahuan mengenai apa yang ingin cari atau diketahui (Nurariyanto et al., 2022).

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem monitoring kompleks untuk menangkap sinyal sensor di lapangan, mengolahnya menjadi *dashboard* yang memudahkan pengguna mendeteksi overheat, menganalisis potensi kejadian, menentukan langkah mitigasi, serta menjadwalkan preventive maintenance secara berkala. Data yang dikumpulkan mencakup sinyal suhu dan arus pada jaringan distribusi listrik dari sensor suhu, serta beberapa parameter lain yang dapat disimulasikan atau diinput secara manual. Studi ini dilakukan di PT Adhi Persada Beton, Mojokerto, serta Gedung A5 dan A8 Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya, Kampus Ketintang. Seluruh tahapan penelitian ditampilkan pada gambar berikut.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Perencanaan Monitoring Sistem

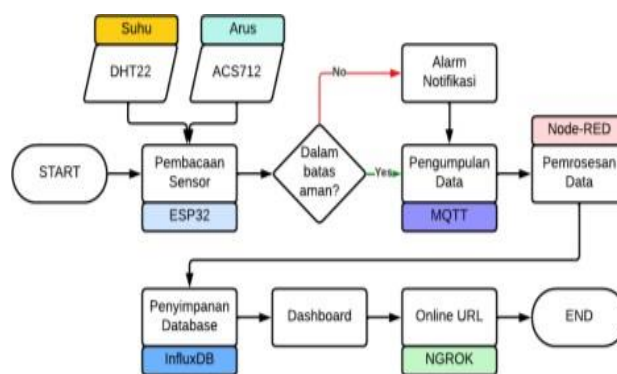


Gambar 2. Wiring Diagram

Pada Gambar di atas, sistem ini membutuhkan sensor suhu (DHT22) dan sensor arus listrik (ACS712) yang dihubungkan dengan ESP32 sebagai kontroler. Setiap sensor memiliki tiga pin: VCC, Data, dan GND. Pin VCC terhubung ke 5V ESP32 untuk menyuplai tegangan yang mengaktifkan sensor dan mentransfer data suhu atau arus. Pin GND dihubungkan ke GND ESP32 (0V), sedangkan pin Data mengirimkan sinyal pembacaan dari lapangan ke ESP32. Untuk mempermudah pengaturan kabel dan koneksi, digunakan breadboard sebagai tempat pin dan kabel jumper untuk menghubungkan pin dengan jarak tertentu.

Sementara itu, perencanaan software melibatkan instalasi Node-RED untuk menerima dan mengolah sinyal dari ESP32, termasuk perhitungan batas suhu dan arus serta pemberian umpan balik saat suhu melebihi batas tertentu. Data dari Node-RED dikirim ke InfluxDB untuk disimpan dalam basis data jangka panjang dan digunakan untuk membuat *dashboard* yang informatif. InfluxDB mencatat kejadian secara kronologis sehingga data dapat diakses sesuai kebutuhan. Node-RED dan InfluxDB dijalankan secara lokal melalui localhost, sementara NGROK digunakan untuk mengubah server lokal menjadi URL yang dapat diakses online melalui PC atau smartphone.

Desain Sistem



Gambar 3. Flowchart

Alur dari sistem disajikan dalam Gambar di atas, sensor suhu dan arus memberikan data numerik yang dibaca oleh ESP32 dan dikirim ke laptop melalui MQTT untuk diolah menggunakan Node-RED. Node-RED memproses data untuk mendeteksi kondisi suhu di luar batas normal (35-40°C) dan mengirimkan data ke InfluxDB, yang berfungsi sebagai basis data sekaligus platform pembuatan *dashboard*. *Dashboard* InfluxDB menampilkan data dalam bentuk grafik atau gauge, yang dapat diakses secara online melalui URL publik dengan bantuan NGROK. Sistem ini juga memberikan notifikasi dan alarm jika suhu melewati batas, memungkinkan operator segera melakukan pemeriksaan. Semua data sensor disimpan dalam database, menyediakan riwayat grafik yang mencatat nilai dan waktu kejadian secara presisi untuk analisis lebih lanjut.

Aspek Pengujian Sistem Monitoring

1. Pengujian Pembacaan Suhu

Pengujian dilakukan dengan mengarahkan sensor DHT22 ke jaringan distribusi listrik, untuk menguji suhu dari busbar atau perangkat lain. Untuk menguji perubahan suhu, sensor bisa diarahkan ke tempat lain untuk melihat apakah terjadi perubahan suhu yang signifikan.

2. Pengujian Pembacaan Arus

Pengujian dilakukan dengan melewati kabel fasa AC melalui sensor arus, dan melihat hasil pembacaannya. Untuk menguji perubahan arus, rangkaian dapat diberi beban yang mengakibatkan kenaikan arus listrik.

3. Pengujian Tampilan *Dashboard*

Dashboard akan menampilkan data yang diambil dari sensor suhu. Pengujian akan dilakukan apakah *dashboard* sudah menampilkan dengan benar pembacaan sensor DHT22 dan ACS712 melalui ESP32. Perlu diuji juga apakah *dashboard* dapat menampilkan suhu secara *real-time*. Dapat dipastikan juga pada tahap ini, bahwa *dashboard* sudah dapat diakses secara online melalui URL, baik dengan PC maupun smartphone.

4. Pengujian Perubahan Waktu Pembacaan

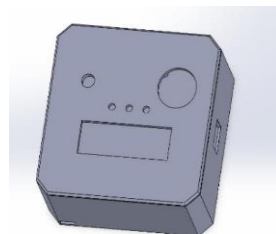
Terakhir, perlu dilakukan pengujian untuk melihat apakah database sudah dapat menyimpan data dengan baik. Pengujian dilakukan dengan mengubah rentang waktu yang dimonitoring.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam sistem ini, hardware menjadi komponen yang penting dikarenakan berfungsi sebagai penangkap sinyal dari lapangan, seperti suhu, kelembapan, dan arus. Komponen yang telah direncanakan pada bagian sebelumnya, disusun dalam sebuah wadah agar lebih terorganisir, dan mudah digunakan. Perancangan hardware ini terdiri dari pembuatan *hardcase*, pemasangan, dan terminasi komponen yang digunakan.

Pembuatan *Hardcase*

Guna mengakomodir komponen yang diperlukan untuk sistem ini, dibuat *hardcase* dengan bahan PLA+ dengan dimensi panjang 13 cm, lebar 12,5 cm, dan tinggi 6 cm. Case dicetak dengan ketebalan 2 mm untuk menjaga komponen tetap aman ketika terjadi benturan atau kondisi abnormal dari luar kotak.

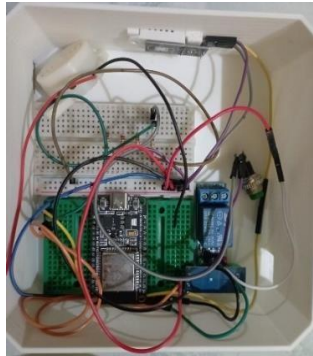


Gambar 4. Desain *Casing*

Pemasangan Komponen

Komponen yang digunakan untuk pembuatan sistem ini yang ditampilkan pada Gambar 5 terdiri dari 7 komponen, yaitu Esp32, Sensor DHT22, sensor arus ACS 217, *buzzer*, LCD 16 x 2, LED, dan *push button*. Daftar 7 komponen tersebut diintegrasikan untuk melakukan tugas mendeteksi suhu

kelembapan dan arus berlebih bila terdeteksi indikasi kebakaran. ESP32 digunakan sebagai pembaca dan pemanggilan data dari sensor DHT22 dan ACS217 yang kemudian data tersebut akan digunakan untuk mengatur buzzer dan LED, selain itu data-data yang didapat akan dikirim dan di visualisasikan dengan menggunakan serial komunikasi.



Gambar 5. Komponen-komponen Sistem

Wiring

Pada sistem yang sudah di tetapkan komponen – komponennya kemudian di lakukan wiring untuk menghubungkan antar sensor, buzzer, LCD, dan LED ke ESP32 dengan menggunakan project board serta kabel jumper yang disajikan pada Gambar 6 dibawah ini.



Gambar 6. Wiring Komponen-komponen

Dalam wiring pada Gambar 6 juga menggunakan resistor untuk LED dan push button agar menghindari kerusakan pada ESP32 dan juga komponennya. Untuk LCD nya sendiri dikarenakan menggunakan komunikasi I2C sehingga pada wiring nya menggunakan SDA dan SCL pada ESP32 sedangkan untuk sensor-sensornya menggunakan analog input karena data yang didapat saat dilakukan pembacaan menghasilkan data ADC yang mana itu adalah data analog yang kemudian di proses oleh library dan program untuk menghasilkan data yang sesuai dengan yang diinginkan.

Perancangan Software

Dalam sistem ini, software menjadi suatu hal yang penting karena software menjadi pengatur input dan output dari hardware. Pada sistem ini menggunakan berbagai software yang di integrasikan secara bersamaan untuk menunjang alat dan komponen yang digunakan, selain pemrograman, terdapat juga software yang digunakan dalam sistem ini yaitu visualisasi data dan juga database untuk menyimpan datanya.

1. Instalasi Software

Dikarenakan Node-Red adalah software yang open source dan dapat download file .exe melalui tautan berikut <https://nodered.org/docs/getting-started/windows> kemudian install dan jalankan aplikasinya melalui command prompt . Setelah itu node-red dapat diakses di aplikasi browser secara localhost dengan memanggil port nya yaitu 1880.

InfluxDB, sebuah database time series dengan struktur fleksibel, digunakan untuk menyimpan data tanpa memerlukan struktur yang kaku. Instalasi dimulai dengan mendaftar akun di situs InfluxDB dan mengunduh aplikasi melalui tautan <https://download.influxdata.com/influxdb/releases/influxdb2-2.7.10-windows.zip>. Aplikasi dijalankan melalui command prompt dengan mengarahkan ke direktori instalasi dan menjalankan file aplikasinya. InfluxDB dapat diakses melalui browser menggunakan localhost pada port 8086, di mana pengguna dapat masuk dengan username dan password yang telah didaftarkan sebelumnya.

Ngrok adalah platform *tunneling* yang menghubungkan *localhost* ke internet melalui tautan yang diberikan, menggunakan protokol HTTP untuk komunikasi. Tidak semua port pada komputer dapat di-tunnel; hanya port yang tersedia dan aktif yang dapat digunakan. Instalasi dimulai dengan mendaftar akun di situs Ngrok dan mengunduh aplikasi melalui tautan <https://download.ngrok.com/>. Setelah diunduh, aplikasi dapat dijalankan melalui command prompt atau langsung dari file, kemudian port yang akan di-tunnel dimasukkan untuk mengaktifkan koneksi.

2. Pemrograman ESP32

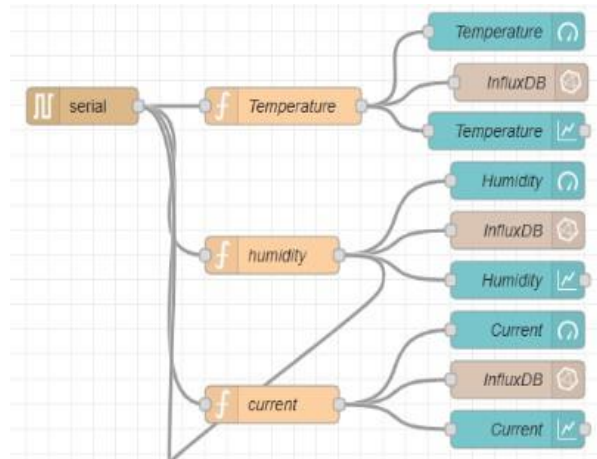
```
serial_com.ino
1  #include <DHT.h>
2  #include <Wire.h>
3  #include <LiquidCrystal_I2C.h>
4
5  #define DHTPIN 13
6  #define DHTTYPE DHT22
7  #define ACS_PIN 27
8  #define LED_HIJAU 19
9  #define LED_KUNING 18
10 #define LED_MERAH 5
11 #define RELAY_PIN 26
12 #define BUTTON_PIN 14
13
14 bool merahMenyala = false;
15 bool resetRequested = false;
16
17 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
18
19 const float VREF = 3.3;
20 const int ADC_RES = 4095;
21 const float sensitivity = 0.185;
22 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
23
24 float currentValue = 0;
25 float temperature = 0;
26 float humidity = 0;
27
28
29 void setup() {
30   Serial.begin(115200);
31   dht.begin();
32
33   pinMode(LED_HIJAU, OUTPUT);
34   pinMode(LED_KUNING, OUTPUT);
35   pinMode(LED_MERAH, OUTPUT);
36   pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
37   pinMode(BUTTON_PIN, INPUT);
```

Gambar 7. Program ESP32

Program ESP32 menggunakan Arduino IDE untuk membuat, menjalankan, dan mengunggah program dengan tiga library utama: DHT.h, Wire.h, dan LiquidCrystal_i2c.h. Library DHT.h mempermudah akses sensor DHT22 untuk membaca suhu dan kelembapan tanpa perhitungan manual. Data sensor digunakan untuk mengatur LED dan buzzer, ditampilkan di LCD, serta dikirim ke Node-RED dan InfluxDB. Sistem memiliki tiga kondisi: pertama, LED hijau menyala jika suhu <36°C dan kelembapan <83%, menandakan kondisi aman. Kedua, LED kuning menyala jika suhu 36–37°C dan kelembapan 83–85%, menunjukkan status warning. Ketiga, LED merah dan buzzer menyala jika suhu >40°C dan kelembapan >85%, dengan alarm terkunci hingga push button ditekan untuk reset.

Library Wire.h digunakan untuk komunikasi I2C dalam menampilkan data pada LCD dengan menghubungkan pin SDA dan SCL ke ESP32, sementara LiquidCrystal_I2C.h mempermudah visualisasi data tanpa perlu mengatur alamat LCD secara manual. Untuk sensor ACS712, data arus diperoleh melalui pin GPIO 27 pada ESP32 sebagai data ADC. Data ini dikonversi menjadi nilai arus menggunakan perhitungan: nilai ADC dibagi referensi ADC ESP32 (4096, 12-bit), dikalikan dengan tegangan referensi (3,3V). Hasilnya dimasukkan ke persamaan yang mempertimbangkan nilai ADC, tegangan referensi, dan sensitivitas sensor untuk menghasilkan output berupa nilai arus yang akurat.

3. Konfigurasi Sistem



Gambar 8. Konfigurasi Node-Red

Sistem menggunakan ESP32 untuk membaca data dari sensor suhu, kelembapan, dan arus, lalu mengirimkannya ke Node-RED melalui komunikasi serial seperti pada Gambar 8. Di Node-RED, data diterima oleh node serial in sebagai *string* mentah, yang kemudian diproses oleh *node function* untuk memecahnya menjadi parameter terpisah (suhu, kelembapan, arus) melalui parsing berbasis karakter pemisah. Data yang telah dipecah diteruskan ke jalur berbeda untuk diproses lebih lanjut dan ditampilkan secara visual di *dashboard* Node-RED menggunakan node seperti *ui_chart* dan *ui_gauge*, memungkinkan pengguna memantau kondisi sensor secara *real-time* tanpa melihat data mentah.

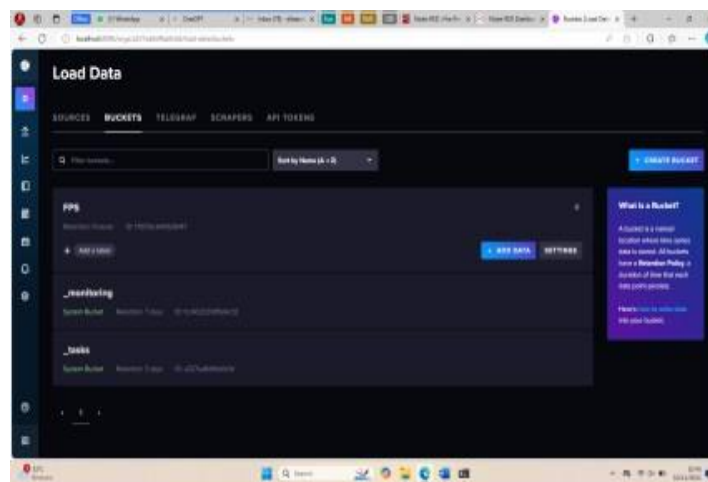


Gambar 9. Konfigurasi Serial COM

Selain menampilkan data di *dashboard* pada Gambar 10, sistem juga mengirimkan data ke database time-series InfluxDB untuk penyimpanan dan analisis lebih lanjut. Data dari sensor disusun dalam format JSON dan diteruskan ke node influxdb out, yang menyimpan data ke dalam bucket di InfluxDB. Bucket berfungsi untuk menyimpan data time-series dalam rentang waktu tertentu, dengan bucket bernama PSG seperti Gambar 11., yang digunakan untuk menyimpan data suhu, kelembapan, dan arus. Data disimpan selama 30 hari sebelum secara otomatis dihapus sesuai dengan pengaturan retention policy.

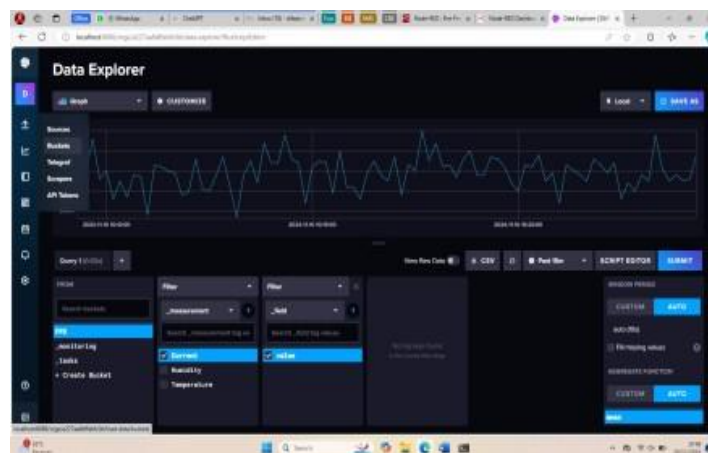


Gambar 10. Konfigurasi Pengiriman ke Database



Gambar 11. Bucket InfluxDB

Dalam InfluxDB, data dikelompokkan berdasarkan *measurement*, *field*, dan *tag*. *Measurement* mewakili jenis data yang disimpan, seperti suhu, kelembapan, atau arus, sedangkan *field* adalah nilai aktualnya, dan *tag* memberikan informasi tambahan seperti lokasi sensor. Data Explorer di Gambar 12. digunakan untuk memvisualisasikan data dalam grafik, dengan filter berdasarkan measurement untuk menampilkan nilai relevan pada sumbu grafik, memudahkan analisis data berdasarkan waktu dan parameter spesifik untuk pengambilan keputusan.



Gambar 12. Konfigurasi InfluxDB

Pengujian Sistem Pencegahan Kebakaran

Dalam pengujian sistem pencegah kebakaran, sensor di posisikan untuk membaca data yang melebihi kondisi-kondisi yang sudah ditentukan untuk mengetahui apakah sistem bekerja sesuai dengan yang di inginkan atau tidak. *Trial and error* dilakukan agar mengetahui bagian-bagian mana saja yang kurang dengan sistem.

1. Pengujian Sistem



Gambar 13. Kondisi Warning

Sistem dirancang untuk memantau suhu dan kelembapan guna mencegah kebakaran, dengan logika program yang memungkinkan pemberian notifikasi melalui LED dan buzzer. Jika suhu melebihi 40°C atau kelembapan di atas 85%, LED merah dan buzzer seperti Gambar 13., akan menyala sebagai alarm bahaya, menandakan kondisi berbahaya yang memerlukan tindakan segera. Jika suhu berada di rentang 36°C hingga 40°C atau kelembapan antara 83% hingga 85%, LED kuning menyala sebagai tanda waspada, memberi sinyal visual bahwa parameter mendekati batas berbahaya dan memungkinkan pengguna mengambil langkah pencegahan sebelum situasi memburuk.



Gambar 14. Kondisi Alarm

Ketika LED merah menyala dan buzzer aktif karena suhu atau kelembapan melewati ambang batas, sistem akan "mengunci" kondisi ini meskipun parameter kembali normal. Penguncian ini dirancang agar pengguna selalu menyadari adanya kondisi berbahaya yang telah terjadi.



Gambar 15. Reset Sistem

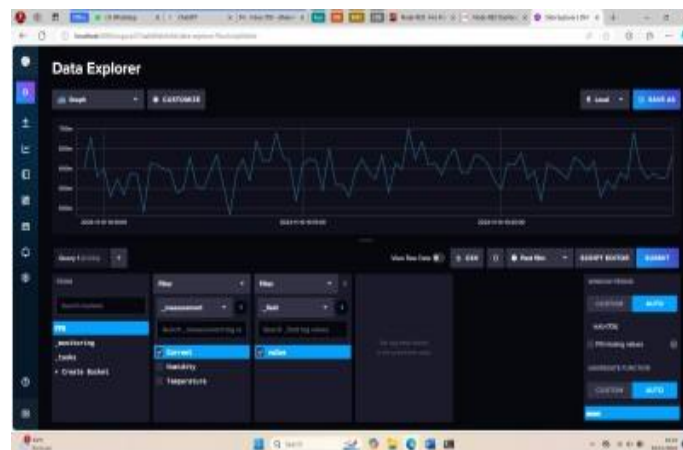
Untuk mengatasi kondisi alarm terkunci, sistem dilengkapi dengan *push button* yang berfungsi untuk mereset alarm. Ketika tombol ini ditekan, variabel merah menyala akan diatur ulang, sehingga LED merah dan *buzzer* akan mati.



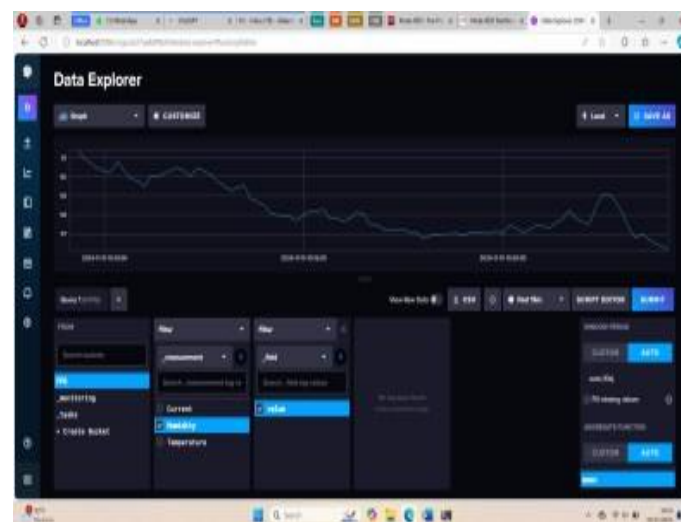
Gambar 16. Kondisi Aman

Jika suhu di bawah 36°C dan kelembapan kurang dari 83%, sistem mengaktifkan LED hijau yang ditampilkan pada Gambar 35. Kondisi ini menandakan bahwa lingkungan berada dalam keadaan aman. Semua alarm, baik berupa LED merah, kuning, maupun buzzer, tetap tidak aktif. Indikator ini memberi kepastian kepada pengguna bahwa tidak ada tindakan khusus yang perlu dilakukan.

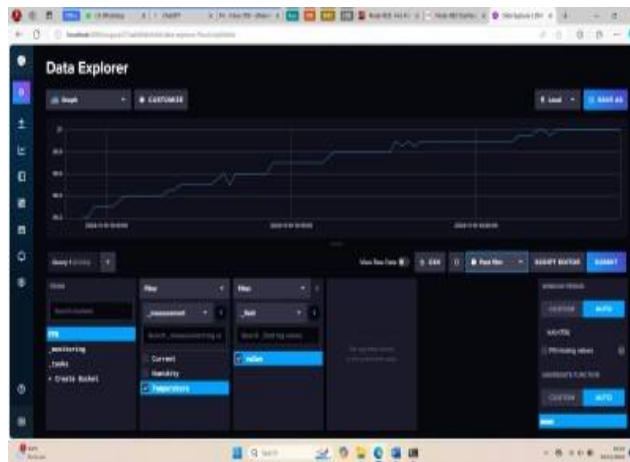
2. Pengujian *Database*



Gambar 17. Data Arus pada InfluxDB



Gambar 18. Data Kelembapan pada InfluxDB



Gambar 19. Data Suhu pada InfluxDB

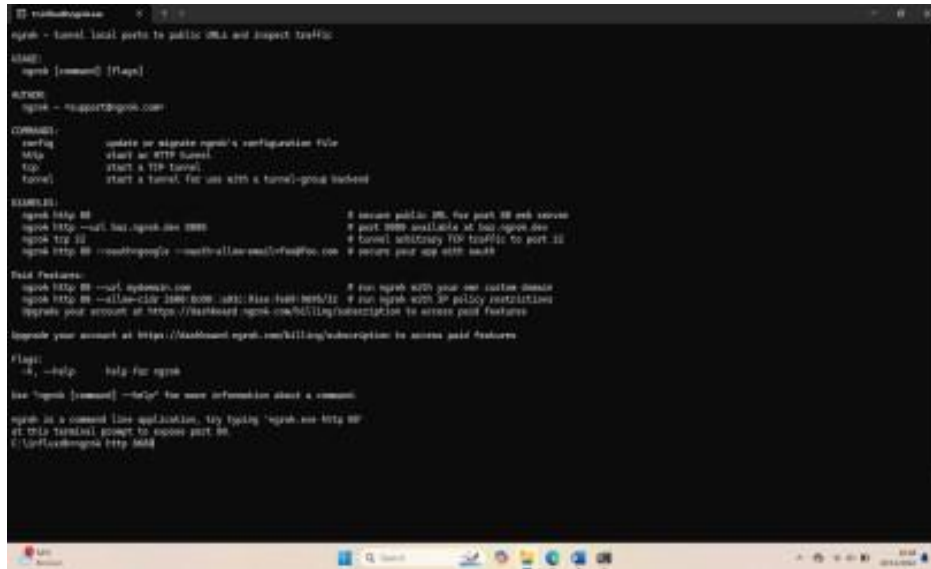
Pengujian InfluxDB dilakukan untuk memastikan data yang dikirim dari Node-RED tersimpan dengan benar dan dapat diakses untuk analisis lebih lanjut. Antarmuka Data Explorer di InfluxDB, seperti yang terlihat pada Gambar 17, 18, dan 19, menunjukkan bahwa data arus, kelembapan, dan suhu berhasil disimpan dan divisualisasikan dalam grafik sesuai dengan timestamp yang tepat. Data kelembapan dan suhu menunjukkan fluktuasi seiring waktu, sementara data arus terlihat stabil meskipun grafiknya tampak bervariasi karena skala yang sempit. Pengujian ini membuktikan bahwa integrasi antara Node-RED dan InfluxDB berjalan dengan baik dan data dapat disinkronkan dengan tepat.



Gambar 20. Dashboard Visualisasi Data InfluxDB

Gambar 20 menampilkan *dashboard* kompleks dengan grafik dan indikator gauge untuk memantau suhu, kelembapan, dan arus, yang diuji untuk memastikan keselarasan antara data yang ditampilkan di *dashboard* Node-RED dan yang disimpan di InfluxDB. Pengujian ini membuktikan bahwa tidak ada kehilangan data selama transmisi dan penyimpanan, serta mengonfirmasi kemampuan InfluxDB untuk menangani aliran data yang terus-menerus tanpa keterlambatan. InfluxDB juga mendukung visualisasi dan analisis data secara *real-time*, penting untuk respons cepat dalam sistem pencegahan kebakaran. Keseluruhan arsitektur, mulai dari pengumpulan data dengan ESP32 hingga penyimpanan di InfluxDB, berjalan efektif, memungkinkan analisis data historis untuk evaluasi performa dan pengambilan keputusan berbasis pola deteksi sensor.

3. Pengujian *Online Access*



Gambar 21. Tampilan Awal Ngrok

Dalam sistem ini, untuk memantau kebakaran secara berkala dan efisien, digunakan metode tunneling dengan Ngrok untuk menghubungkan *localhost* dengan internet. Langkah pertama adalah mengonfigurasi InfluxDB agar dapat diakses melalui HTTP, karena secara default, InfluxDB hanya dapat diakses di localhost seperti Gambar 21. Ngrok kemudian digunakan untuk membuat *tunnel* yang memungkinkan akses publik ke alamat lokal InfluxDB secara aman yang disajikan pada Gambar 22. Setelah menjalankan ngrok dengan perintah `ngrok http 8086`, Ngrok menghasilkan URL publik yang mengarah ke port lokal InfluxDB, memungkinkan pengguna mengakses *dashboard* tanpa pengaturan jaringan atau server tambahan, memastikan akses *online* yang mudah dan aman.



Gambar 22. URL yang diberikan Ngrok

Pada tahap pengujian, URL publik yang dihasilkan oleh Ngrok diuji untuk memastikan konektivitas dan aksesibilitas ke *dashboard* InfluxDB. Pengujian mencakup membuka URL tersebut di browser seperti yang sudah ditampilkan di Gambar 23, memverifikasi bahwa halaman login atau antarmuka InfluxDB muncul, dan memastikan bahwa semua fitur *dashboard*, seperti pembuatan query dan visualisasi data yang mana dari URL ngrok tersebut bisa langsung mengaksesnya yang dibuktikan di Gambar 43, berjalan tanpa hambatan. Selain itu, Ngrok memberikan keamanan tambahan dengan menyediakan protokol HTTPS, sehingga koneksi aman saat data dikirimkan melalui jaringan publik.

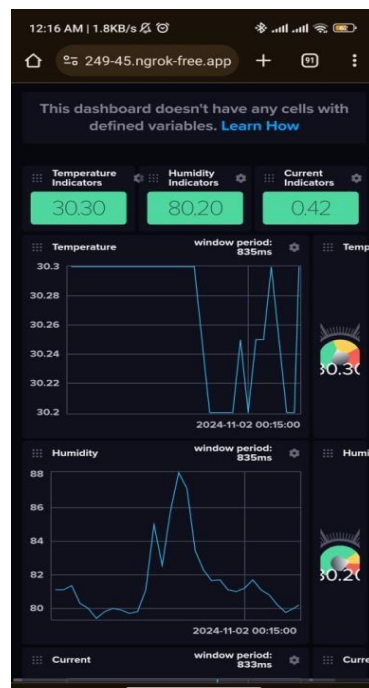


Gambar 23. Akses URL Ngrok

Selain dapat di akses di komputer atau laptop, URL yang diberikan oleh Ngrok juga dapat dilihat pada *mobile phone* dengan URL yang sama, namun membutuhkan internet untuk mengaksesnya seperti pada Gambar 25, terlihat bahwa *dashboard* influxdb dapat tertampil namun dengan menyesuaikan ukuran layar secara otomatis influxdb akan mengurangi beberapa ukuran *chart* dan *gauge* agar cukup untuk dilihat di layar *mobile phone* secara menyeluruh.



Gambar 24. Online Akses *Dashboard* InfluxDB



Gambar 25. Online Akses *Dashboard* InfluxDB di *Mobile Phone*

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian sistem pencegahan kebakaran yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem ini mampu mendeteksi perubahan suhu dan kelembapan secara *real-time* serta memberikan respons yang sesuai terhadap kondisi lingkungan. Pengujian sensor menunjukkan bahwa ketika suhu melebihi 40°C atau kelembapan di atas 85%, sistem segera mengaktifkan LED merah dan buzzer sebagai alarm bahaya. Hal ini membuktikan bahwa sistem dapat memberikan peringatan dini yang efektif bagi pengguna agar segera mengambil tindakan pencegahan.

Lebih lanjut, pengujian terhadap kondisi peringatan menegaskan bahwa sistem dapat mendeteksi parameter yang mendekati ambang batas berbahaya. Ketika suhu berkisar antara 36°C hingga 40°C atau kelembapan berada antara 83% hingga 85%, LED kuning menyala sebagai indikasi waspada. Ini menunjukkan bahwa sistem tidak hanya berfungsi sebagai alarm darurat, tetapi juga memiliki fitur peringatan dini untuk menghindari kondisi kritis.

Dalam aspek penguncian alarm, pengujian menunjukkan bahwa setelah kondisi berbahaya terdeteksi dan alarm diaktifkan, sistem tetap mempertahankan status tersebut meskipun parameter kembali normal. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa pengguna menyadari adanya kondisi berbahaya yang telah terjadi dan dapat mengambil langkah korektif yang diperlukan. Namun, sistem juga dilengkapi dengan fitur reset melalui *push button* yang memungkinkan pengguna untuk mengembalikan sistem ke kondisi normal setelah memastikan keamanan lingkungan.

Selain itu, pengujian terhadap database yang menggunakan InfluxDB membuktikan bahwa data yang dikirim dari Node-RED tersimpan dengan baik dan dapat diakses untuk analisis lebih lanjut. Visualisasi data dalam InfluxDB menunjukkan bahwa data arus, suhu, dan kelembapan yang dikirim oleh sensor dapat ditampilkan secara akurat sesuai dengan timestamp yang benar. Hal ini menegaskan bahwa integrasi antara sistem sensor, Node-RED, dan InfluxDB berjalan dengan baik, memungkinkan analisis historis dan evaluasi performa sistem secara lebih mendalam.

Untuk memastikan aksesibilitas sistem secara online, dilakukan pengujian menggunakan Ngrok, yang memungkinkan dashboard InfluxDB dapat diakses dari luar jaringan lokal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat diakses secara aman melalui URL yang dihasilkan oleh Ngrok tanpa mengalami kendala dalam menampilkan data *real-time*. Pengujian lebih lanjut menunjukkan bahwa dashboard InfluxDB juga dapat diakses melalui perangkat *mobile* dengan penyesuaian ukuran tampilan agar tetap informatif dan mudah dibaca.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Romiyadi et al. (2023), yang menunjukkan bahwa alat yang dikembangkan dalam penelitiannya berhasil memberikan peringatan dini terhadap potensi banjir melalui kombinasi LED dan buzzer. Dengan hasil pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa sistem pencegahan kebakaran berbasis IoT yang dikembangkan telah memenuhi ekspektasi dalam mendeteksi dan merespons kondisi kebakaran secara *real-time*. Integrasi antara sensor, sistem alarm, database, serta akses online berjalan dengan optimal, memastikan sistem dapat diandalkan untuk mencegah dan menangani potensi kebakaran pada *medium voltage cubicle* secara efektif.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa prototype sistem pencegahan kebakaran berbasis IoT pada *medium voltage cubicle* telah berhasil mengintegrasikan dua sensor utama, yaitu sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu dan kelembapan, serta sensor ACS217 untuk mengukur arus DC maupun AC. Sistem ini mampu membaca data secara *real-time* melalui ESP32, yang memungkinkan pemantauan kondisi dengan cepat dan efektif. Selain itu, sistem dilengkapi dengan indikator berupa LED berwarna merah, kuning, dan hijau untuk menunjukkan status kondisi sensor, serta buzzer yang mengeluarkan suara peringatan ketika terdeteksi adanya potensi bahaya kebakaran. Adanya *push button* juga memudahkan operator untuk mereset sistem setelah kondisi aman terjamin. Dengan demikian, prototype ini dapat diimplementasikan di industri yang memerlukan sistem pencegahan kebakaran berbasis IoT pada *medium voltage cubicle*.

Namun, dari hasil pengujian yang dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut. Salah satunya adalah penerapan komunikasi wireless, seperti MQTT atau Lo-Ra, yang dapat meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi sistem dalam hal instalasi dan pengoperasian, terutama pada lokasi yang memiliki kendala dalam pengaturan kabel. Untuk implementasi yang lebih optimal di industri, penggunaan perangkat kontrol yang lebih canggih, seperti PLC atau mini PC berbasis Raspberry Pi, disarankan untuk menggantikan ESP32 agar memenuhi standar industri yang lebih tinggi.

Dengan demikian, sistem ini dapat diadaptasi untuk berbagai kondisi penggunaan, memastikan keandalan dan kemudahan integrasi dengan sistem yang ada di lingkungan industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Achadiyah, A. N., Irawan, N. D., & Bramasta, Y. D. Y. (2022). Remote Terminal Unit (RTU) Scada Pada Kubikel Tegangan Menengah 20kV. *Metrotech (Journal of Mechanical and Electrical Technology)*, 1(1), 1–7. <https://doi.org/10.33379/metrotech.v1i1.947>
- Arif, Z. (2023). Penerapan Deteksi Kebakaran Berbasis Iot Dengan Sensor Suhu Dan Gas Pada Toko Kacamata Optik Asia. *Prosiding Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi (SENAFTI)*, 2(2), 2108–2116.
- Atmodjo, D., Harijanja, R., Firizqi, J. D., & Kurniawan, R. D. (2023). Governance of Iot Devices Using Node-Red Orchestrator and Web-Based Dashboard. *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, 4(5), 1179–1190. <https://doi.org/10.52436/1.jutif.2023.4.5.1336>
- Basino, B., Prayitno, P., Sobri, S., Siahaan, J. P., & Mustofa, M. B. (2022). Rancang Bangun Detector Kebakaran Panel Listrik Berbasis Mikrocontroller Atmega 328 Pada Kapal Penangkap Ikan. *Aksara: Jurnal Ilmu Pendidikan Nonformal*, 8(1), 697. <https://doi.org/10.37905/aksara.8.1.697-712.2022>
- Cicioğlu, M., & Çalhan, A. (2021). Smart agriculture with *Internet of Things* in cornfields. *Computers & Electrical Engineering*, 90, 106982. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.106982>
- Deepthi, B. K., Kolluru, V. R., Varghese, G. T., Narne, R., & Srimannarayana, N. (2020). IoT based smart environment using node-red and MQTT. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 12(5), 21–26.
- Garfatta, I., Klai, K., Graiet, M., & Gaaloul, W. (2021). A Solidity-to-CPN Approach Towards Formal Verification of Smart Contracts. *2021 IEEE 30th International Conference on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises (WETICE)*, 69–74. <https://doi.org/10.1109/WETICE53228.2021.00024>
- Imamuddin, M., & Zulwisli, Z. (2019). Sistem Alarm Dan Monitoring Kebakaran Rumah Berbasis Nodemcu Dengan Komunikasi Android. *Voteteknika (Vocational Teknik Elektronika Dan Informatika)*, 7(2), 40. <https://doi.org/10.24036/voteteknika.v7i2.104093>
- Islamy, I., & Wisudawati, L. M. (2023). Sistem Monitoring Smart Garden Tanaman Cabai Berbasis IoT Menggunakan Protokol MQTT, Node Red, dan Telegram Bot. *Jurnal Teknotan*, 17(3), 197. <https://doi.org/10.24198/jt.vol17n3.6>
- Kasiram, M. (2008). *Metode Penelitian Kuantitatif-Kualitatif*. UIN Malang Press.
- Mulyadi, R., Putra, N., & Angelin, N. (2023). Sosialisasi Mitigasi Bencana Kebakaran Menggunakan Alat Deteksi Kebakaran Berbasis IOT Pada Mahasiswa Trem Institusi Kesehatan dan Teknologi AL Insyirah. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Teknik*, 6(1), 33. <https://doi.org/10.24853/jpmt.6.1.33-42>
- Musyafak, A. M. H. (2020). Sistem Manajemen Kebakaran di Rumah Sakit. *HIGEIA (Journal of Public Health Research and Development)*, 4(Special 1), 158–169. <https://doi.org/10.15294/higeia.v4iSpecial201.39387>
- Nugraha, R. (2019). Penerapan Sistem Manajemen Kebakaran Di Pt. Adiluhung Saranasegara Indonesia, Bangkalan. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 7(3), 378. <https://doi.org/10.20473/ijosh.v7i3.2018.378-386>
- Nurariyanto, K., Zuhrie, M. S., Suprianto, B., & Rusimanto, P. W. (2022). Sistem Positioning Pada Four-Wheeled Omnidirectional Mobile Robot Menggunakan Metode Gyrodometry Berbasis PI-Fuzzy Controller. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(1), 77–87. <https://doi.org/10.26740/jte.v11n1.p77-87>
- Panjaitan, B., & Mulyadi, R. R. (2020). Rancang Bangun Sistem Deteksi Kebakaran Pada Rumah Berbasis IoT. In *Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik LIMIT'S* (Vol. 16, Issue 2, pp. 1–10). Universitas

Satya Negara Indonesia.

- Parlika, R., Wijaya, D. C. M., Nisaa', T. A., & Rahmawati, S. (2021). Sistem Integrasi BOT Register Terhadap Website Pengolah Data Menggunakan Akses NGROK. *Jurnal Ilmiah SINUS*, 19(2), 1. <https://doi.org/10.30646/sinus.v19i2.531>
- Pebralia, J., Rustan, R., Bintana, R. R., & Amri, I. (2022). Sistem monitoring kebakaran hutan berbasis *Internet of Things (IoT)*. *Indonesian Physics Communication*, 19(3), 183–189.
- Phutane, R. V. (2022). E-voting Maintained by Privacy and Transparency with Public Block Chain. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 10(7), 1695–1699.
- Pratama, A., & Marlim, Y. N. (2023). Rancang Bangun Alat Peringatan Kebakaran Dengan Sensor Suhu dan Asap Menggunakan Arduino. *Jurnal Mahasiswa Aplikasi Teknologi Komputer Dan Informasi (JMApTeKsi)*, 4(1), 29–32.
- Radia, M. A. A., Nimr, M. K. El, & Atlam, A. S. (2023). IoT-based wireless data acquisition and control system for photovoltaic module performance analysis. *E-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 6, 100348. <https://doi.org/10.1016/j.prime.2023.100348>
- Reddy, V. M. K., V, M. K., S, L. B., & Nanda Kumar, K. (2023). IOT based Smart Meter Using Node-Red. *2023 International Conference on Artificial Intelligence and Smart Communication (AISC)*, 931–934. <https://doi.org/10.1109/AISC56616.2023.10084984>
- Rombekila, A., & Entamoing, B. L. (2022). Prototype Sistem Smart Sistem Smart Home Berbasis IoT dengan Handphone Android Menggunakan NODEMCU ESP32. *Jurnal Teknik AMATA*, 3(1), 32–37. <https://doi.org/10.55334/jtam.v3i1.275>
- Romiyadi, R., Tri Dewi, M., & Abidin Rozani, B. (2023). Perancangan Alat Pendeteksi Banjir Menggunakan Arduino Uno Berbasis Sensor Ultrasonik. *Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer*, 19(2), 973. <https://doi.org/10.35889/progresif.v19i1.1537>
- Setyo, B. (2014). Korsleting Listrik Penyebab Kebakaran Pada Rumah Tinggal Atau Gedung. *Edu Elekrika Journal*, 3(2). <https://doi.org/10.15294/eej.v3i2.4250>
- Simbar, R. S. V., & Syahrin, A. (2017). Prototype Sistem Monitoring Temperatur Menggunakan Arduino Uno R3 Dengan Komunikasi Wireless. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(4), 48. <https://doi.org/10.22441/jtm.v5i4.1225>
- Suhartini, S., Peslinof, M., & Afrianto, M. F. (2023). Rancang Bangun Sistem Deteksi Kebakaran pada Ruang Berbasis *Internet of Things (IoT)*. *STRING (Satuan Tulisan Riset Dan Inovasi Teknologi)*, 7(3), 329. <https://doi.org/10.30998/string.v7i3.15493>
- Sukoco, Y., Nailul Izzati, & Humaidillah Kurniadi Wardana. (2023). Pengukuran Tahanan Isolasi Terminal Incoming Gardu Kubikel 20KV di PT Haleyora Power Region 3 Jawa Timur Area Mojokerto. *Elconika: Jurnal Teknik Elektro*, 1(2), 32–41. <https://doi.org/10.33752/elconika.v1i2.4162>
- Taufik, R., Bangsa, I. A., & Latifa, U. (2021). Implementasi Instrumentasi pada Sistem Deteksi Kebakaran Rumah Berbasis IoT. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 7(2), 184–193. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4659949>
- Wahyudi, R. T., Ardiantoro, L., & Rosita, Y. D. (2023). Monitoring Kinerja Motor Pompa Berbasis Iot Menggunakan ESP32. *Seminar Nasional Fakultas Teknik*, 2(1), 23–29. <https://doi.org/10.36815/semastek.v2i1.145>
- Yani, M. A. H., Arridha, R., Yusrifan, Saman, Y., & Syam, S. (2020). Sistem Monitoring Asap Berbasis *Internet of Things* Untuk Pencegahan Kebakaran Pada Pasar di Kabupaten Fakfak. *Jurnal Informasi, Sains Dan Teknologi*, 3(1), 27–34. <https://doi.org/10.55606/isaintek.v3i1.30>