

BAB V

IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

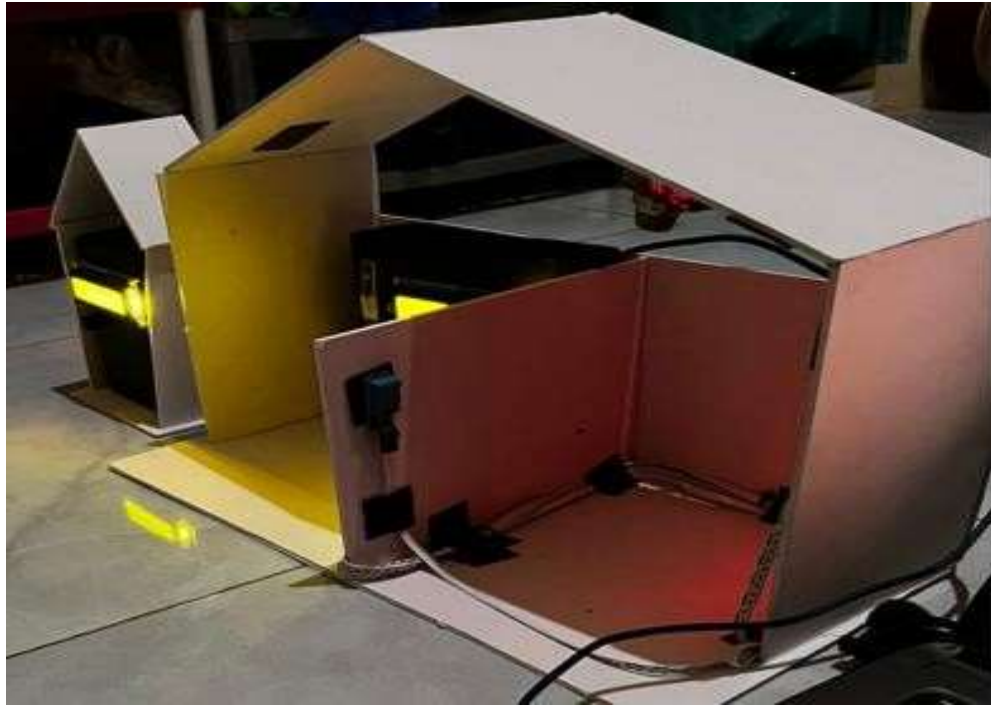
5.1 HASIL IMPLEMENTASI

Pada tahap ini penulis mengimplementasi hasil rancangan yang telah dibuat. Adapun hasil implementasi dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



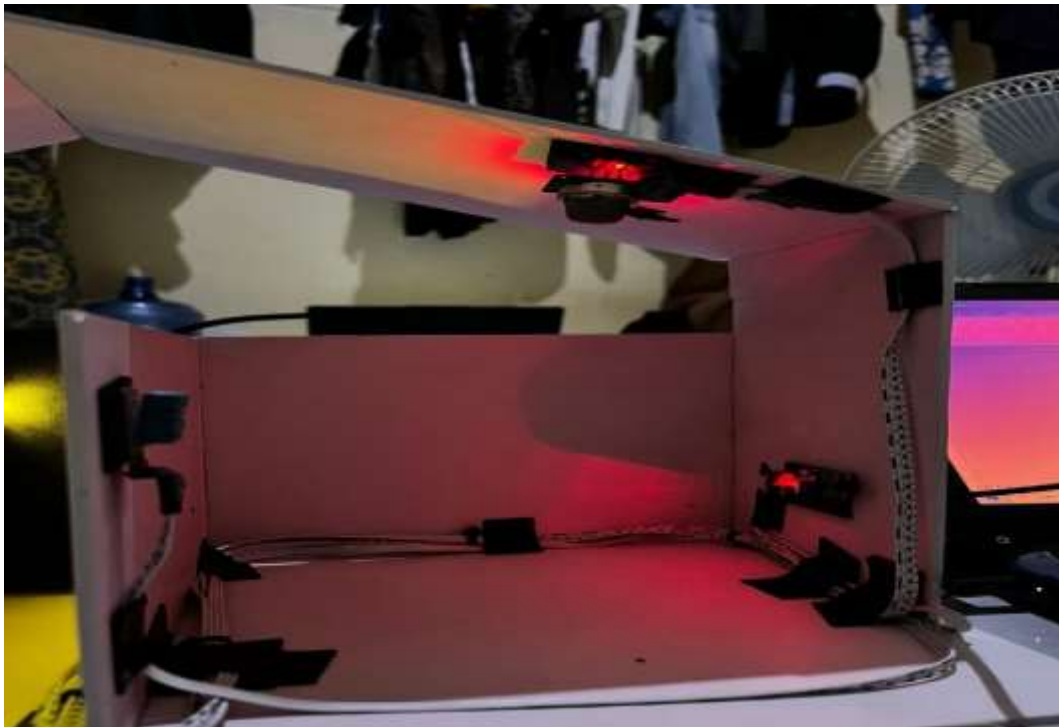
Gambar 5.1 Prototype Alat Pendeteksi kebakaran

Pada gambar 5.1 merupakan prototype dari alat pendeteksi kebakaran yang di buat penulis.terdapat 2 buah ESP32 sebagai sistem kontrol pada alat pendeteksi kebakaran, 1 buah sensor IR-FLAME yang di gunakan untuk pendeteksi api pada ruangan, 1 buah sensor MQ-2 sebagai alat pendeteksi asap pada ruangan, 1buah sensor DHT11 yang digunakan untuk pendeteksi ruangan, 2 buah LCD16x2 yang berfungsi untuk menampilkan suhu dan data lainnya, 2 buah BUZZER sebagai alarm, dan 1 buah maps untuk pendeteksi lokasi kebakaran pada ruangan tersebut.



Gambar 5.2 Bentuk Gambar Rangkaian Samping

Gambar diatas merupakan bagian tampak samping, terlihat penempatan komponen yang disusun secara strategis untuk mengoptimalkan fungsionalitas deteksi. Sensor DHT11 dipasang pada dinding bagian dalam untuk memantau fluktuasi suhu dan kelembapan secara akurat sesuai dengan kondisi lingkungan internal. Di sisi lain, terlihat layar LCD yang diposisikan menghadap ke luar untuk memudahkan pembacaan status sistem secara fisik oleh pengguna. Kabel-kabel penghubung (jumper) diatur sedemikian rupa menggunakan perekat di sepanjang sudut bawah dinding untuk menjaga kerapian instalasi serta mencegah gangguan pada jalur deteksi sensor api dan gas yang diletakkan di area sentral. Rancangan ini memastikan bahwa meskipun komponen elektronik terintegrasi secara kompleks di ruang yang terbatas, setiap modul tetap dapat bekerja secara efektif tanpa saling menghalangi.



Gambar 5.3 Tampak Dalam Sensor

Pada bagian interior ruang kontrol, seluruh sensor utama diposisikan secara strategis untuk menjamin akurasi pembacaan parameter lingkungan di dalam kandang. Sensor MQ-2 ditempatkan pada bagian atas (langit-langit) maket untuk menangkap akumulasi asap atau gas yang massa jenisnya cenderung naik ke atas, sehingga deteksi kebocoran gas dapat dilakukan lebih cepat. Di sisi kanan, sensor IR-Flame dipasang menghadap ke area terbuka untuk memantau radiasi inframerah dari potensi nyala api secara langsung tanpa penghalang. Sementara itu, sensor DHT11 diletakkan pada dinding bagian kiri untuk memantau fluktuasi suhu dan kelembapan udara secara stabil. Pengaturan kabel (wiring management) dilakukan dengan menempelkan jalur kabel di sepanjang sudut dinding guna menjaga kerapian ruang sensor sekaligus melindungi kabel dari panas berlebih jika terjadi simulasi kebakaran.

5.2 PENGUJIAN PRANGKAT LUNAK

5.2.1 Pengujian Telegram

Mekanisme peringatan dimulai ketika sensor-sensor menangkap sinyal adanya nyala api, asap dan kenaikan suhu ruangan yang cepat. Mikrokontroler kemudian memproses input tersebut untuk memberikan peringatan informasi bahaya ke bot Telegram melalui jaringan internet.

Tabel 5.1 Pengujian Telegram

Waktu notifikasi	Keterangan
0 Detik	Informasi Tidak Terkirim
5 Detik	Informasi Terkirim

Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 5.1 mengenai pengujian *notifikasi* Telegram, dapat dianalisis bahwa performa pengiriman informasi darurat sangat bergantung pada durasi transmisi data melalui jaringan *internet*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada durasi 0 detik, informasi dinyatakan tidak terkirim, yang mengindikasikan bahwa sistem memerlukan waktu proses (latensi) untuk mengunggah data dari mikrokontroler ke *server* sebelum sampai ke perangkat pengguna. Keberhasilan pengiriman pesan peringatan baru tercapai pada durasi 5 detik, di mana keterangan "Informasi Terkirim" mengonfirmasi bahwa seluruh parameter bahaya telah berhasil diterima oleh bot Telegram. Hal ini membuktikan bahwa fitur notifikasi jarak jauh dalam sistem ini memiliki *reliabilitas* yang baik dengan jeda waktu yang masih dalam batas toleransi untuk kategori sistem deteksi dini kebakaran.



Gambar 5.4 Tampilan Untuk Pengujian Menggunakan Telegram

Gambar 5. menunjukkan hasil pengujian fungsionalitas sistem peringatan dini melalui platform Telegram, yang berfungsi sebagai media komunikasi jarak jauh antara perangkat IoT dan pengguna. Dalam tampilan tersebut, terlihat bahwa bot secara otomatis mengirimkan pesan peringatan segera setelah sensor mendeteksi indikasi bahaya, yang diawali dengan notifikasi "Api terdeteksi!". Pesan tersebut menyajikan data parameter lingkungan secara *komprehensif* dan *real-time*, meliputi nilai suhu, *persentase* kelembaban, kadar asap (MQ-2), serta status sensor api. Selain data sensorik, bot juga mengirimkan informasi *koordinat* lokasi dalam bentuk tautan Google Maps, yang memungkinkan pengguna untuk memantau titik lokasi kejadian secara presisi melalui perangkat seluler. Hal ini membuktikan bahwa sistem mampu mentransmisikan paket data yang kompleks secara akurat dan terstruktur melalui jaringan *internet* untuk mendukung tindakan mitigasi yang cepat.

5.3 PENGUJIAN PERANGKAT KERAS

Proses pengujian dilaksanakan untuk memastikan efektivitas dan fungsionalitas sistem yang telah dirancang. Tahap ini bertujuan untuk memverifikasi bahwa alat bekerja secara optimal dan minim kendala. Setelah seluruh rangkaian uji coba rampung, dilakukan analisis komprehensif terhadap hasilnya guna menilai sejauh mana alat ini memenuhi target penelitian. Evaluasi kinerja dilakukan pada tiap unit perangkat untuk menjamin konsistensi antara desain teknis dan operasional di lapangan.

5.3.1 Pengujian Sensor IR-Flame, MQ2 dan DHT11

Rangkaian pengujian ini dilaksanakan untuk memvalidasi sensitivitas ketiga sensor utama dalam merespons indikasi kebakaran secara mendalam. Evaluasi pada flame sensor dititikberatkan pada korelasi antara jarak sumber api dengan durasi deteksi yang tercatat pada serial monitor. Secara paralel, performa sensor MQ-2 diuji melalui variasi konsentrasi asap guna menetapkan batas deteksi minimal serta kecepatan output sistem. Sementara itu, sensor DHT11 diuji menggunakan paparan suhu ekstrem dan kelembapan artifisial untuk merepresentasikan fluktuasi lingkungan saat fase awal kebakaran. Secara menyeluruh, prosedur ini bertujuan menjamin ketepatan serta efisiensi sistem dalam mendistribusikan sinyal peringatan dini berdasarkan parameter fisik lingkungan.

Tabel 5.2 Hasil Pengujian Sensor IR-Flame

No	JARAK API	INDIKATOR SENSOR	NOTIFIKASI TELEGRAM
1	5 cm	On	Terkirim
2	10 cm	On	Terkirim
3	20 cm	On	Terkirim
4	30 cm	On	Terkirim
5	40 cm	On	Terkirim
6	50 cm	On	Terkirim
7	60 cm	On	Terkirim
8	70 cm	On	Terkirim
9	80 cm	On	Terkirim
10	90 cm	On	Terkirim

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Sensor MQ2

NO	Status	Nilai ADC	Nilai Asap
1	Tidak ada asap	0	0 %
2	Tidak ada asap	122	11 %
3	Tidak ada asap	153	15 %
4	Asap terdeteksi	205	20 %
5	Asap terdeteksi	276	27 %
6	Asap terdeteksi	410	40 %

7	Asap terdeteksi	512	50 %
8	Asap terdeteksi	1023	100 %

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Sensor DHT11

NO	Keterangan	Status	Suhu ruangan	Kelembaban
1	Api tidak terdeteksi	Off	29 ⁰	69.00
2	Api tidak terdeteksi	Off	29 ⁰	69.00
3	Api terdeteksi	On	30 ⁰	70.00
4	Api terdeteksi	On	40 ⁰	75.00

Data hasil pengujian menegaskan bahwa penggabungan sensor flame, MQ2, dan DHT11 dalam arsitektur ESP32 berhasil membentuk sistem peringatan dini kebakaran yang presisi dan tanggap. Kolaborasi ketiga modul ini memberikan kemampuan bagi perangkat untuk melakukan pemantauan lingkungan secara komprehensif, mencakup pendeteksian spektrum inframerah api, kepadatan asap, serta perubahan termal secara simultan. Efektivitas sistem terlihat dari kecepatan pemrosesan data yang hanya membutuhkan waktu beberapa detik sejak parameter bahaya terdeteksi hingga pemicuan alarm dan transmisi koordinat lokasi. Hasil, konfigurasi sensor ini menjadi fondasi penting dalam teknologi IoT yang menjamin distribusi informasi kritis secara tepat waktu demi menekan dampak kerugian akibat kebakaran.

5.3.2 Pengujian LCD 16x2

Rangkaian LCD menampilkan seluruh informasi darurat yang diproses oleh ESP32. Layar ini secara dinamis memperbarui status berdasarkan pembacaan sensor MQ-2, flame sensor, dan DHT11. Jika terjadi anomali seperti deteksi api atau kenaikan panas yang ekstrem, LCD akan segera menampilkan pesan peringatan tersebut. Hal ini memastikan bahwa data yang dikumpulkan oleh sistem dapat dibaca secara fisik oleh pengguna di lokasi perangkat.

Tabel 5.5 Pengujian Rangkaian LCD16x2

Waktu	Status api	Status MQ2	Status DHT11	LCD	Delay	Status
0 Detik	Api tidak terdeteksi	0 %	Suhu 28 ⁰	Data kosong	0 Detik	Tidak Riset
5 Detik	Api terdeteksi	70 %	Suhu 30 ⁰	Data tampil	40 Detik	Riset

5.3.3 Pengujian Buzzer

Pengujian *buzzer* dilakukan untuk memvalidasi fungsionalitas sistem peringatan alarm sebagai indikator bahaya lokal bagi lingkungan sekitar. Komponen ini berperan *krusial* dalam memberikan respon instan ketika sensor mendeteksi keberadaan api, asap, atau kenaikan suhu yang melampaui ambang batas keamanan yang telah diprogram pada ESP32. Selain memverifikasi bunyi alarm, tahap pengujian ini juga memastikan bahwa *buzzer* mampu memberikan sinyal suara yang cukup kuat tanpa adanya penundaan (delay) yang berarti,

sehingga langkah evakuasi mandiri dapat segera dilakukan sebelum api menyebar lebih luas.

Tabel 5.6 Pengujian Buzzer

No	Status Api	Status MQ2	Status DHT11	Delay	Keterangan
1	Api tidak terdeteksi	0 %	Suhu 28 ⁰	0 Detik	Buzzer mati
2	Api terdeteksi	70 %	Suhu 30 ⁰	40 Detik	Buzzer aktif

5.3.4 Hasil Pengujian Keseluruhan

Berdasarkan hasil pengujian mulai dari pengujian sensor IR-Flame,MQ2, DHT11,LCD16x2 dan Buzze, maka berikut tabel data pengujian keseluruhannya.

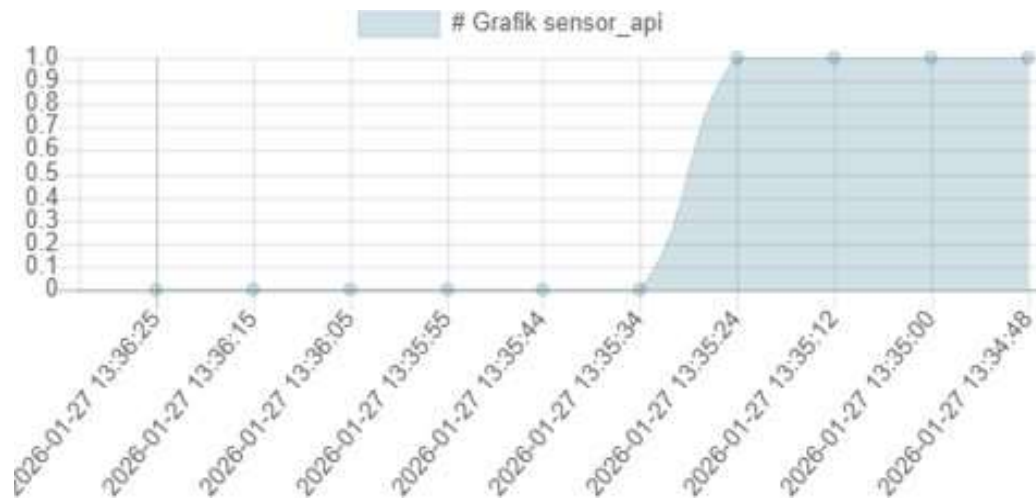
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Keseluruhan

Waktu Mendeteksi	Sensor Api	Sensor MQ2	Sensor DHT11	LCD 16x2	Buzzer	Delay
0 Detik	Api tidak terdeteksi	0 %	28 ⁰	Data kosong	Buzzer mati	0 detik
5 Detik	Api terdeteksi	11 %	30 ⁰	Data tampil	Buzzer aktif	40 Detik
5 Detik	Api terdeteksi	15 %	30 ⁰	Data tampil	Buzzer aktif	40 Detik
5 Detik	Api terdeteksi	20 %	30 ⁰	Data tampil	Buzzer aktif	40 Detik

5.3.5 Grafik Sensor Api

Grafik pada Gambar 5.5 tersebut merepresentasikan data aktivitas pendeteksian dari sensor api yang tercatat pada tanggal 27 Januari 2026, dalam kurun waktu pukul 13:34:48 hingga 13:36:25. Secara teknis, grafik ini menunjukkan transisi status sistem dari kondisi siaga menuju kondisi bahaya berdasarkan input digital yang diterima oleh mikrokontroler. Pada fase awal pengujian, yaitu antara pukul 13:34:48 hingga 13:35:34, sensor berada pada nilai logika rendah (low) atau 0, yang mengindikasikan bahwa tidak ada radiasi infra merah dari api yang terdeteksi di area pemantauan.

Pada pukul 13:35:24, terjadi perubahan status secara signifikan di mana grafik menunjukkan lonjakan nilai ke angka 1.0. Nilai logika tinggi (high) ini merupakan validasi bahwa sensor telah berhasil mendeteksi keberadaan sumber api secara presisi. Status bahaya tersebut terpantau menetap hingga akhir periode pencatatan, yang menunjukkan bahwa api masih berada dalam jangkauan deteksi sensor. Secara fungsional, perubahan nilai digital pada grafik ini menjadi parameter pemicu (trigger) bagi sistem pusat untuk segera mengaktifkan mekanisme peringatan dini, yang meliputi aktivasi alarm suara serta pengiriman data koordinat lokasi menuju Pos Pemadam dan aplikasi Telegram pengguna.



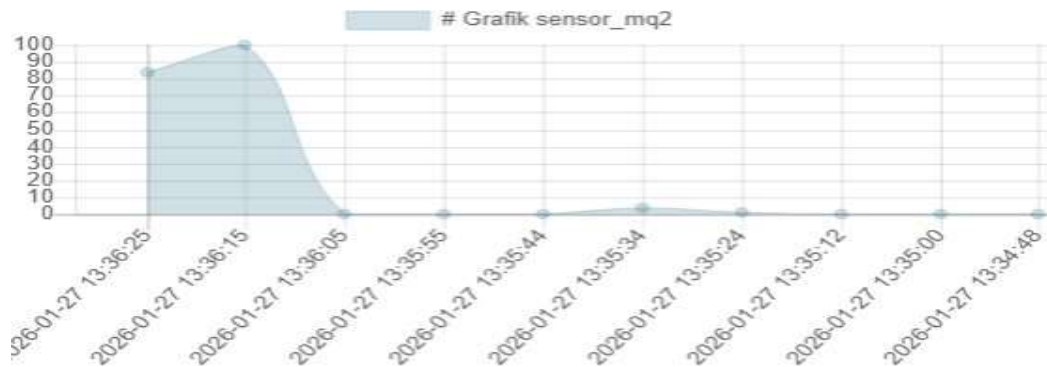
Gambar 5.5 Hasil Grafik Sensor Api

5.3.6 Grafik Sensor MQ2

Grafik pada Gambar 5.6 hasil pengujian sensor gas MQ-2 menunjukkan pola fluktuasi kadar gas yang terekam pada tanggal 27 Januari 2026 mulai pukul 13:34:48 hingga 13:36:25. Pada fase awal pengujian hingga pukul 13:35:44, grafik menunjukkan nilai yang stabil mendekati angka 0, yang mengindikasikan bahwa kondisi udara di sekitar miniatur rumah dalam keadaan normal tanpa adanya kebocoran gas atau asap yang terdeteksi. Namun, mulai pukul 13:36:05, terlihat adanya lonjakan nilai yang sangat signifikan hingga mencapai titik puncak di angka 100 pada pukul 13:36:15.

Kenaikan drastis pada grafik ini merepresentasikan respons sensor terhadap peningkatan konsentrasi gas yang pekat di area dapur. Dalam sistem perancangan ini, ketika nilai grafik mencapai ambang batas maksimal tersebut, mikrokontroler ESP32 secara otomatis mengaktifkan protokol keamanan darurat. Hal ini meliputi pengaktifan alarm suara melalui buzzer, pembaruan informasi pada layar LCD di Ruang Tamu, serta pengiriman notifikasi pesan bahaya secara real-time ke aplikasi

Telegram dan unit monitoring di Pos Pemadam agar tindakan penyelamatan dapat segera dilakukan.



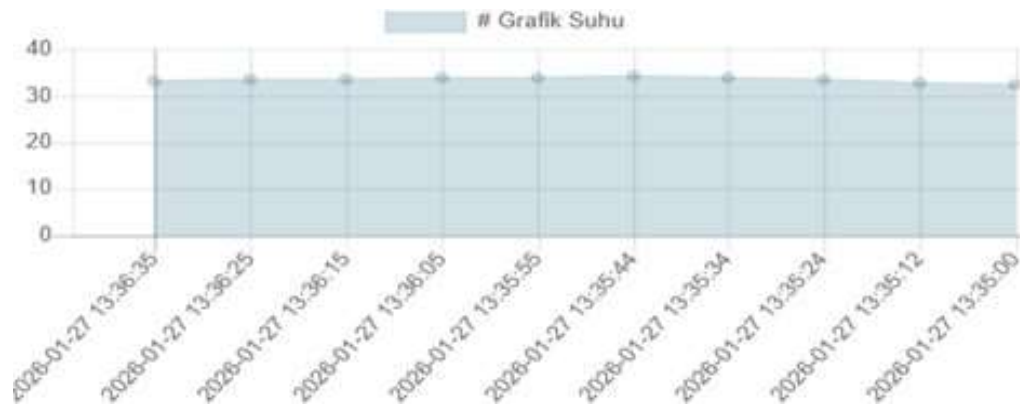
Gambar 5.6 Hasil Grafik Sensor MQ2

5.3.7 Grafik Sensor DHT11

Grafik hasil pengujian sensor suhu menunjukkan tren pemantauan kondisi termal ruangan yang terekam pada tanggal 27 Januari 2026, mulai pukul 13:35:00 hingga 13:36:35. Berdasarkan data tersebut, suhu ruangan terpantau berada pada rentang yang sangat stabil, yakni di kisaran 32°C hingga 34°C sepanjang periode pengujian. Nilai suhu tertinggi tercatat mencapai titik 34°C pada pukul 13:35:44, namun secara keseluruhan grafik menunjukkan garis yang cenderung mendatar tanpa adanya lonjakan panas ekstrem yang tiba-tiba.

Dalam perancangan sistem ini, data suhu yang dihasilkan oleh sensor DHT11 berfungsi sebagai parameter pelengkap untuk memverifikasi kondisi lingkungan secara real-time. Meskipun suhu berada dalam batas stabil, informasi ini tetap diolah oleh ESP32 untuk ditampilkan pada layar LCD dan dikirimkan sebagai bagian dari laporan situasi darurat ke aplikasi Telegram serta unit pemantauan di Pos Pemadam. Hal ini memastikan bahwa petugas dan pemilik

rumah mendapatkan gambaran utuh mengenai kondisi termal di lokasi saat sensor gas atau sensor api mendeteksi adanya indikasi kebakaran.



Gambar 5.7 Hasil Grafik Sensor DHT11

Berdasarkan data grafik hasil pengujian yang dilakukan pada tanggal 27 Januari 2026, sistem pemantauan kondisi lingkungan menunjukkan hasil yang sinkron antara parameter suhu dan kelembaban di dalam miniatur rumah. Grafik suhu menunjukkan stabilitas yang sangat tinggi dengan rentang nilai yang konstan antara 32°C hingga 34°C, di mana titik puncak 34°C tercatat pada pukul 13:35:44 sebelum kembali stabil di angka 33°C pada periode akhir pengujian. Konsistensi suhu ini menandakan bahwa tidak ada lonjakan panas ekstrem yang masuk ke area sensor DHT11 selama prosedur pengujian berlangsung.

Sejalan dengan data suhu, grafik kelembaban juga menunjukkan tren yang stabil namun cenderung mengalami peningkatan gradual secara perlahan. Pada awal pengujian, nilai kelembaban berada di angka 57%, kemudian mulai merangkak naik secara stabil hingga mencapai puncaknya di angka 65% pada pukul 13:35:00. Peningkatan kelembaban yang teratur ini, dipadukan dengan suhu yang stabil, memberikan informasi komprehensif mengenai kondisi termal ruangan

secara real-time. Seluruh data dari kedua grafik ini secara terus-menerus dikirimkan ke unit pusat untuk ditampilkan pada LCD serta diteruskan sebagai laporan kondisi lingkungan ke aplikasi Telegram dan unit monitoring di Pos Pemadam.



Gambar 5.8 Hasil Grafik Kelembaban

5.4 ANALISIS SISTEM SECARA KESELURUHAN

Berdasarkan rangkaian uji coba yang telah dilaksanakan, baik pada tiap-tiap komponen secara individu maupun pada integrasi sistem secara menyeluruh, maka dapat dirumuskan poin-poin kesimpulan sebagai berikut:

1. Sensor

Hasil analisis menunjukkan bahwa efektivitas sistem sangat dipengaruhi oleh kemampuan sensor dalam mengidentifikasi perubahan parameter fisik secara presisi. Melalui pengujian Flame Sensor, teramati bahwa jarak sumber api berkorelasi langsung terhadap durasi respon perangkat. Sementara itu, Sensor MQ2 berperan dalam mengidentifikasi konsentrasi asap guna menetapkan ambang batas peringatan, dan Sensor DHT11 berfungsi memantau dinamika suhu serta kelembapan secara kontinu. Integrasi ketiga sensor ini menjamin data lingkungan dikonversi menjadi informasi akurat untuk menginisiasi protokol darurat.

2. LCD16x2

Modul LCD beroperasi sebagai jembatan komunikasi visual yang mentransformasikan data digital dari mikrokontroler menjadi informasi yang mudah dipahami oleh pengguna di area kejadian. Kemampuan layar dalam memperbarui pesan secara real-time sangat vital untuk menyampaikan jenis gangguan yang terdeteksi secara instan. Dengan adanya representasi teks pada layar, individu di sekitar perangkat dapat langsung mengidentifikasi apakah alarm dipicu oleh asap, api, atau panas ekstrem tanpa memerlukan perangkat tambahan.

3. Buzzer

Analisis terhadap *buzzer* mengonfirmasi bahwa alarm suara adalah metode paling efisien untuk memicu kewaspadaan segera di lokasi fisik. Parameter keberhasilan utama pada bagian ini adalah minimalisasi jeda waktu antara deteksi sensor dengan aktifnya suara peringatan. Sinyal audio tersebut berfungsi sebagai stimulus utama untuk memulai prosedur evakuasi, menjamin bahwa ancaman kebakaran tetap terdeteksi oleh orang di sekitar walaupun mereka tidak memiliki akses langsung ke ponsel atau *notifikasi* alarm.

4. Arduino IDE

Secara teknis, penggunaan platform Arduino IDE dengan basis bahasa C/C++ merupakan pusat kendali dari seluruh alur otomatisasi alat. Poin krusial dalam analisis ini adalah pemilihan library yang tepat untuk memastikan kode program berjalan secara optimal. Logika pemrograman yang dirancang memungkinkan ESP32 untuk melakukan pemrosesan data dari berbagai input

sensor secara simultan (*parallel handling*) serta mengoordinasikan respon aktuator dan transmisi data nirkabel secara konsisten.

5. Telegram

Pemanfaatan API Telegram sebagai sarana penyampaian informasi, keunggulan sistem ini dalam ekosistem IoT. Begitu mikrokontroler memvalidasi adanya ancaman, infrastruktur internet digunakan untuk mendistribusikan data darurat secara global ke perangkat pengguna. Format pesan yang terstruktur memastikan pemilik rumah atau pihak berwenang menerima rincian kejadian yang komprehensif, mulai dari penyebab alarm hingga informasi posisi geografis yang tepat untuk mempercepat tindakan bantuan.