SISTEM PENDETEKSI KEBAKARAN *REAL-TIME* MENGGUNAKAN ESP32-CAM DENGAN NOTIFIKASI BOT TELEGRAM

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna
Memperoleh Gelar Sarjana Program Strata satu (S-1)
dalam Ilmu Teknologi Informasi

Diajukan oleh:

AHMAD RAFI

NIM: 2108096017

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG

2025

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ahmad Rafi

NIM : 2108096017

Jurusan : Teknologi Informasi

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul:

SISTEM PENDETEKSI KEBAKARAN *REAL-TIME* MENGGUNAKAN ESP32-CAM DENGAN NOTIFIKASI BOT TELEGRAM

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian / karya saya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 25 Juni 2025

Pembuat Pernyataan,

Ahmad Rafi

NIM. 2108096017

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Dr. Hamka Ngaliyan Semarang
Telp. 024-7601295 Fax. 7615387

LEMBAR PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul	:	**SISTEM PENDETEKSI KEBAKARAN REAL-TIME MENGGUNAKAN ESP32-CAM DENGAN NOTIFIKASI BOT TELEGRAM**
Penulis	:	**Ahmad Rafi**
NIM	:	2108096017
Jurusan	:	Teknologi Informasi

Telah diujikan dalam sidang *tugas akhir* oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana dalam Ilmu Teknologi Informasi.

Semarang, 3 Juli 2025

DEWAN PENGUJI

Penguji I,

Hery Mustofa, M.Kom.
NIP. 198703172019031007

Penguji II,

Dr. Masy Ari Ulinuha, M.T.
NIP. 198108122011011007

Penguji III,

Nur Cahyo Hendro Wibowo, S.T., M.Kom.
NIP. 197312222006041001

Penguji IV,

Adzhal Arwani Mahfudh, M.Kom.
NIP. 199107032019031006

Pembimbing I,

Dr. Masy Ari Ulinuha, M.T.
NIP. 198108122011011007

Pembimbing II,

Adzhal Arwani Mahfudh, M.Kom.
NIP. 199107032019031006

NOTA DINAS

Semarang, 22 Mei 2025

Yth. Ketua Program Studi Teknologi Informasi
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum, wr.wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul	: Sistem Pendeteksi Kebakaran *Real-time* Menggunakan Esp32-Cam Dengan Notifikasi Bot Telegram
Penulis	: Ahmad Rafi
NIM	: 2108096017
Jurusan	: Teknologi Informasi

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqosah.

Wassalamu'alaikum, wr.wb.

Pembimbing I,

Dr. Masy Ari Ulinuha, ST., M.T.
NIP. 198108122011011007

NOTA DINAS

Semarang, 22 Mei 2025

Yth. Ketua Program Studi Teknologi Informasi
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang

Assalamu'alaikum, wr.wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul	: Sistem Pendeteksi Kebakaran *Real-time* Menggunakan Esp32-Cam Dengan Notifikasi Bot Telegram
Penulis	: Ahmad Rafi
NIM	: 2108096017
Jurusan	: Teknologi Informasi

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diujikan dalam Sidang Munaqosah.

Wassalamu'alaikum, wr.wb.

Pembimbing II,

Adzhal Arwani Mahfudz, M.Kom.
NIP. 199107032019031006

LEMBAR PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan syukur alhamdulillah, laporan tugas akhir skripsi ini dapat penulis selesaikan. Karya kecil ini penulis persembahkan untuk:

1. Kedua orang tua penulis tersayang dan tercinta Bapak Abdul Hadi dan Ibu Kiptiyah yang senantiasa memberikan semangat, dukungan penuh, dan doa kepada penulis.
2. Segenap Dosen serta pegawai dan seluruh Civitas akademik di lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo terkhusus program studi Teknologi Informasi.
3. Almamater Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

MOTTO

“Seorang pria tidak boleh mundur dalam pertarungan”

- Roronoa Zoro (Chapter 473, One Piece)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pendeteksi kebakaran *real-time* menggunakan ESP32-CAM dengan notifikasi bot Telegram. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen, yaitu sensor api 5 *channel*, sensor MQ-2 untuk deteksi asap dan gas, kamera ESP32-CAM untuk mengambil gambar, serta relay untuk mengaktifkan pompa air mini ketika kebakaran terdeteksi. Sistem terintegrasi dengan bot Telegram yang memungkinkan pengguna menerima notifikasi dan memantau kondisi kebakaran dari jarak jauh. Pengujian dilakukan untuk mengukur performa sistem dalam mendeteksi kebakaran dan memberikan respons yang tepat, seperti aktivasi alarm, pengambilan foto, dan pengiriman pesan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat berfungsi dengan baik dalam mendeteksi api, asap, dan gas, serta memberikan notifikasi *real-time* kepada pengguna. Sensor *Flame* 5 *channel* menunjukkan efektivitas dalam mendeteksi api, meskipun terdapat keterbatasan pada sudut 0° dan 180°. Keterbatasan ini terutama terlihat pada jarak 30 cm dan 50 cm untuk nyala api kecil, serta pada jarak 50 cm untuk nyala api besar. Sensor MQ-2 dapat mendeteksi keberadaan asap maupun gas LPG. Secara keseluruhan, sistem ini berhasil mengintegrasikan berbagai komponen untuk mendeteksi kebakaran dan mengirimkan notifikasi kepada pengguna melalui Telegram, yang dapat diakses kapan saja dan di mana saja.

Kata Kunci: *Sistem Pendeteksi Kebakaran, ESP32-CAM, Bot Telegram, Sensor Api 5 Channel, Sensor MQ-2, Notifikasi Real-time .*

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum. wr.wb.

Alhamdullilah, Puji Syukur atas kehadirat Allah SWT atas segala nikmat dan karunia-nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul "Sistem Pendeteksi Kebakaran *Real-time* Menggunakan Esp32-Cam Dengan Notifikasi Bot Telegram" dengan baik. Dengan tujuan dibuat skripsi ini sebagai salah satu bentuk syarat kelulusan pada program sarjana (S1) prodi Teknologi Informasi di Universitas Islam Negeri Walisongo. Di sisi lain, penulis juga bertujuan untuk memberikan pengetahuan kepada pembaca.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan banyak-banyak terimakasih kepada seluruh pihak yang memberi dukungan dan bantuan dari pelaksanaan skripsi hingga penyelesaian skripsi ini. Penulis mengakui bahwa apabila tanpa dibimbing, diberi arahan, dibina dan tanpa diberikan motivasi dari seluruh pihak, maka penulisan skripsi ini tidak akan berjalan dengan baik. Maka dari itu penulis mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada:

1. Allah SWT yang senantiasa menyayangi, menjaga, menolong, membimbing, memberikan kesehatan serta merahmati penulis dalam setiap keadaan.
2. Bapak Prof. Dr. H. Nizar, M.Ag. selaku Rektor Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.

3. Bapak Prof. Dr. Musahadi, M.Ag. selaku Dekan Fakultas Teknologi Informasi Universitas Islam Negeri Walisongo Semarang.
4. Bapak Dr. Khotibul Umam, S.T., M.Kom. selaku Ketua Program Studi Teknologi Informasi.
5. Bapak Dr. Masy Ari Ulinuha, M.T. serta Bapak Adzhal Arwani Mahfudh, M.Kom. selaku dosen pembimbing yang membimbing dengan sabar, memberi masukan, dan koreksi pada skripsi ini.
6. Bapak Dr. Masy Ari Ulinuha, M.T. selaku dosen wali yang telah membantu, serta membimbing selama masa perkuliahan.
7. Segenap Dosen serta pegawai dan seluruh Civitas akademik di lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo terkhusus program studi Teknologi Informasi.
8. Kedua orang tua penulis tersayang dan tercinta Bapak Abdul Hadi dan Ibu Kiptiyah yang senantiasa memberikan dukungan baik moral maupun materi serta doa dan kasih sayang.
9. Kakak Tercinta Abdul Qohhar, Atik Rohana, dan Mohamad Razid serta segenap keluarga besar yang selalu memberi dukungan, nasehat dan do'a kepada penulis.

10. Hesti Windyasari yang selalu memberikan bantuan, semangat, dan dukungan kepada penulis.
11. Teman-teman Teknologi Informasi yang selalu memberi dukungan khususnya kelas TI-A angkatan 2021.
12. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang terlibat dalam pembuatan skripsi ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.

Dalam pelaksanaan dan penyusunan skripsi, penulis menyadari bahwa tentunya masih jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan kritik serta saran yang membangun demi kesempurnaan penulisan skripsi ini, dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat untuk semua pihak.

Wassalamualaikum. wr.wb.

Semarang, 25 Juni 2025

Penulis,

Ahmad Rafi

NIM. 2108096017

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN iii
LEMBAR PENGESAHAN v
NOTA DINAS vii
NOTA DINAS ix
LEMBAR PERSEMBAHAN xi
MOTTO xiii
ABSTRAK xv
KATA PENGANTAR xvii
DAFTAR ISI xxi
DAFTAR GAMBAR xxv
DAFTAR TABEL xxvii
DAFTAR LAMPIRAN xxix
BAB I PENDAHULUAN 1
A. Latar Belakang Masalah 1
B. Rumusan Masalah 5
C. Tujuan Penelitian 5
D. Batasan Masalah 6
E. Manfaat Penelitian 6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 9
A. Kajian Teori 9
1. Kebakaran 9
2. Sistem Pendeteksi Kebakaran 10
3. Internet of Things 12

4. ESP32-CAM 14
5. Arduino IDE 23
6. Flame Sensor 5 Channel 25
7. Sensor MQ-2 28
8. Relay 29
9. Pompa Air 31
10. Buzzer 32
11. Telegram Bot 33
B. Kajian Penelitian yang Relevan 34
BAB III METODE PENELITIAN 41
A. Alat dan Bahan Penelitian 41
B. Jenis Penelitian 44
1. Analyze 45
2. Design 48
3. Development 64
4. Implementation 66
5. Evaluation 69
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 73
A. Implementation 73
1. Pengaturan Perangkat Keras 73
2. Integrasi Perangkat Lunak 74
B. Evaluation 79
1. Pengujian Flame Sensor 5 Channel 79
2. Pengujian Sensor MQ-2 84
3. Pengujian Kamera 89

4. Pengujian Keseluruhan Sistem 93
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 99
A. Kesimpulan 99
B. Saran 101
DAFTAR PUSTAKA 103
LAMPIRAN 109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 ESP32-S3 WROOM-CAM 15
Gambar 2.2 ESP32-S2 WROOM Pinout 16
Gambar 2.3 Konfigurasi OV2640 21
Gambar 2.4 Arduino IDE 24
Gambar 2.5 Flame Sensor 5 Channel 26
Gambar 2.6 Panjang gelombang cahaya 27
Gambar 2.7 Sensor MQ-2 29
Gambar 2.8 Relay 1 Channel 30
Gambar 2.9 Pompa Air DC 32
Gambar 2.10 Buzzer 33
Gambar 3.1 Metode Penelitian 45
Gambar 3.2 Rangkaian Sistem 49
Gambar 3.4 Blok Diagram Sistem 52
Gambar 3.5 Flowchart Sistem Kerja Alat 54
Gambar 3.6 Flowchart Komunikasi Data 56
Gambar 3.7 Alur Kerja Alat 57
Gambar 3.8 Skema Desain Alat 61
Gambar 3.9 Desain Tampilan Antarmuka Bot Telegram 63
Gambar 3.10 Activity Diagram Sistem 67
Gambar 4.1 Komponen sistem 73
Gambar 4.2 Miniatur Sistem 74
Gambar 4.3 Membuat Bot Telegram dari BotFather 75

Gambar 4.4 Program inisialisasi wifi dan Telegram 75
Gambar 4.5 Program deteksi api 76
Gambar 4.6 Program deteski asap dan gas 76
Gambar 4.7 Program permintaan foto 77
Gambar 4.8 Program mengirim data ke bot telegram 78
Gambar 4.9 Sudut Pengujian Flame sensor 5 channel 79
Gambar 4.10 Pengujian Flame sensor dengan api kecil 80
Gambar 4.11 Pengujian Flame sensor dengan api besar 82
Gambar 4.12 Dataset sensor MQ-2 85
Gambar 4.13 Pengujian MQ-2 dengan asap 87
Gambar 4.14 Pengujian MQ-2 dengan gas LPG..... 88
Gambar 4.15 Pengujian kamera ambil foto manual..... 90
Gambar 4.16 Pengujian kamera saat ada api..... 91
Gambar 4.17 Pengujian kamera saat ada gas/asap..... 91
Gambar 4.18 Pengujian ambil foto 5 kali 92
Gambar 4.19 Pengujian kamera dengan 3 chat id berbeda 92
Gambar 4.20 Pengujian deteksi api dan asap sekaligus 94
Gambar 4.21 Pengujian deteksi api dan gas sekaligus..... 95
Gambar 4.22 Pengujian fitur ambil foto..... 95
Gambar 4.23 Pengujian fitur info sensor 96

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi ESP32 S3 WROOM 19
Tabel 2.2 Spesifikasi Kamera OV2640.....21
Tabel 2.3 Spesifikasi *Flame* Sensor 5 *Channel*.....27
Tabel 2.4 Spesifikasi Relay 1 *Channel*.....30
Tabel 2.5 Daftar Kajian Penelitian yang Relevan.....34
Table 3.1 Daftar Alat 41
Table 3.2 Daftar Bahan 42
Table 3.3 Daftar Komponen.....43
Tabel 4.1 Pengujian *Flame* sensor dengan api kecil 81
Tabel 4.2 Pengujian *Flame* sensor dengan api besar.....83
Tabel 4.3 Pengujian MQ-2 dengan asap.....87
Tabel 4.4 Pengujian MQ-2 dengan gas LPG 89
Tabel 4.5 Pengujian kamera 93
Tabel 4.6 Pengujian keseluruhan sistem.....96

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1: Lembar Persetujuan Pembimbing 109
Lampiran 2: Lembar Pengesahan Proposal 110
Lampiran 3: Lembar Bimbingan Tugas Akhir 111
Lampiran 4: Dataset Mikrokontroler 113
Lampiran 5: Dataset Sensor 117
Lampiran 6: Gambar Sistem 120
Lampiran 7: Cara Menggunakan Alat 122
Lampiran 8: Source Code 127
Lampiran 9: Daftar Riwayat Hidup 140

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Menurut NFPA (National Fire Protection Association) kebakaran adalah suatu peristiwa oksidasi yang melibatkan tiga unsur yang harus ada, yaitu: bahan bakar, oksigen, dan sumber panas yang berakibat menimbulkan kerugian harta benda, cidera bahkan kematian. Bencana kebakaran akhir-akhir ini sering melanda wilayah Indonesia baik kebakaran hutan maupun kebakaran pemukiman (bangunan rumah atau gedung) (Marintan et al., 2024).

Menurut Dinas Pemadam Kebakaran dan Penyelamatan, sebanyak 17.768 kasus kebakaran terjadi di Indonesia pada tahun 2021 dengan 5.274 kasus di antaranya diakibatkan oleh arus pendek aliran listrik. (Dinas Pemadam Kebakaran dan Penyelamatan, 2021). Dalam kanal media berita online CNN Indonesia sepanjang 2021 di seluruh Indonesia, telah terjadi 17.768 kasus kebakaran. Banyak faktor yang menjadi pemicu terjadi kebakaran, termasuk kelalaian manusia, bencana alam dan faktor tak terduga seperti korsleting arus listrik

(Marintan et al., 2024). Dalam QS. Ar-Rum ayat 41 menjelaskan:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِى الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ اَيْدِى النَّاسِ لِيُذِيْقَهُمْ بَعْضَ الَّذِيْ عَمِلُوْا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُوْنَ ﴿٤١﴾

Artinya: "Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia. (Melalui hal itu) Allah membuat mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka agar mereka kembali (ke jalan yang benar)."

Musibah kebakaran sering dialami oleh masyarakat Indonesia yang umumnya terjadi begitu saja tanpa diketahui oleh orang sekitar sehingga menyebabkan kerugian materill maupun korban jiwa. Hal tersebut cenderung disebabkan oleh tidak berfungsinya peralatan penanggulangan kebakaran dengan baik (Pramayu et al., 2023).

Pada tahun 2001, Pusat Laboratorium dan Forensik Markas Besar Kepolisian Indonesia (Puslabfor Mabes Polri) menyatakan bahwa 80 persen kasus kebakaran terjadi di tempat tinggal, dan tempat kerja menempati peringkat kedua setelahnya. Kemudian sebanyak 20 persen penyebab utama kasus kebakaran adalah sarana yang kurang memadai, seperti kegagalan

sarana proteksi kebakaran, kesalahan prosedur, dan hambatan akses bantuan darurat (Pramayu et al., 2023).

Upaya untuk menjamin rasa aman pada pengguna gedung diperlukan, yang diwujudkan dalam bentuk kesiapan sistem proteksi kebakaran pasif maupun aktif. Antisipasi dimaksud tidak hanya dalam bentuk kesiapan dari segi sistem proteksi kebakaran yang tersedia, namun juga kesiapan individu sebagai bentuk pemahaman terhadap sistem proteksi kebakaran juga diperlukan (Pramayu et al., 2023). Disamping itu, proses informasi adanya kebakaran pada umumnya masih memakai cara manual, hal ini dilakukan karena belum memanfaatkan kecanggihan teknologi yang sekarang ini sangat berkembang pesat. Informasi kebakaran ini kurang cepat dan tepat khususnya pada satuan pemadam kebakaran (Novaldiyanto Nento et al., 2021).

Dalam konteks ini, Q.S Al-'Ankabut(29): 69 menyajikan inspirasi yang menarik. Ayat ini berbunyi:

وَالَّذِيْنَ جَاهَدُوْا فِيْنَا لَنَهْدِيَنَّهُمْ سُبُلَنَاۗ وَاِنَّ اللّٰهَ لَمَعَ الْمُحْسِنِيْنَ ۝٦٩

Artinya: "Dan orang-orang yang berjihad untuk (mencari keridhaan) Kami, benar-benar akan Kami tunjukkan kepada mereka jalan-jalan Kami. Dan sesungguhnya Allah benar-benar beserta orang-orang yang berbuat baik."

Penggunaan istilah “jihad” dapat diartikan juga sebagai segala upaya dalam menghindari bencana yang akan terjadi kedepannya termasuk dalam berjihad untuk menghadapi resiko kebakaran. Jihad dalam permasalahan ini adalah dengan memanfaatkan teknologi yang ada saat ini, di mana sebagian besar orang memiliki smartphone. Dengan demikian, dikembangkan alat yang dapat mendeteksi tanda-tanda kebakaran dan langsung mengirimkan peringatan kepada pengguna melalui smartphone mereka (Napu et al., 2022).

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pendeteksi kebakaran *real-time* menggunakan esp32-cam dengan notifikasi bot telegram, penulis mencoba berinovasi untuk mengurangi dampak bencana. Dengan memanfaatkan ESP32-CAM dan bot Telegram, sistem ini dapat mengirimkan notifikasi secara *real-time*. Informasi visual yang cepat dan akurat juga memungkinkan dengan memonitoring keadaan gedung lewat foto yang diambil dari telegram sehingga para pengguna dapat menerima peringatan dini dan evakuasi yang lebih aman. Dengan sistem ini, respons terhadap kebakaran dapat dilakukan lebih cepat dan efisien, yang pada gilirannya dapat mengurangi korban jiwa dan kerugian materi secara signifikan. Upaya ini bertujuan meningkatkan keselamatan serta mengurangi

dampak negatif kebakaran melalui pemantauan dan pemberitahuan secara *real-time* .

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang disampaikan, maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem pendeteksi kebakaran *real-time* menggunakan ESP32-CAM dengan notifikasi bot Telegram?
2. Bagaimana performa sistem pendeteksi kebakaran *real-time* menggunakan ESP32-CAM?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian berdasarkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem pendeteksi kebakaran *real-time* menggunakan esp32-cam dengan notifikasi bot telegram.
2. Menguji performa sistem pendeteksi kebakaran *real-time* menggunakan ESP32-CAM.

D. Batasan Masalah

Agar dalam penyusunan proposal ini tidak keluar dari pokok pembahasan yang telah ditentukan, maka ruang lingkup pembahasan dibatasi pada:

1. Sistem yang dirancang berupa prototipe.
2. ESP32-CAM digunakan sebagai modul utama sistem sekaligus modul kamera.
3. Pendeteksi api menggunkan *Flame* Sensor 5 *Channel*.
4. Pendeteksi asap dan gas menggunakan sensor MQ-2.
5. Aplikasi *interface* menggunakan Bot Telegram.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari dirancangnya sistem monitoring ketersediaan dan kebersihan kamar mandi ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat Teoritis

   Penelitian ini diharapkan dapat menambah koleksi pustaka akademik dengan topik mengenai sistem pendeteksi kebakaran *real-time* menggunakan esp32-cam dengan notifikasi bot telegram dan hasil penelitian dapat dijadikan bahan referensi oleh peneliti berikutnya yang akan membahas mengenai sistem pendeteksi kebakaran *real-time* menggunakan esp32-cam dengan notifikasi bot telegram.

2. Manfaat Praktis

   a. Deteksi Dini Kebakaran

      Sistem ini dapat mendeteksi api dan asap secara dini, serta secara otomatis mengaktifkan penyiraman air untuk mengurangi risiko kebakaran. Notifikasi *real-time* ke Telegram memungkinkan pengguna untuk segera evakuasi dengan cepat.

   b. Pemantauan Jarak Jauh

      Sistem ini dilengkapi fitur pengambilan foto yang memungkinkan pemantauan kondisi gedung dari jarak jauh. Dengan akses gambar *real-time* , pengguna dapat menilai situasi dan mengambil keputusan yang tepat tanpa harus berada di lokasi, sehingga menambah keamanan dan kemudahan dalam penanganan kebakaran.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Kebakaran

Kebakaran, menurut NFPA (National Fire Protection Association), adalah peristiwa oksidasi yang melibatkan tiga komponen penting: bahan bakar, oksigen, dan sumber panas. Menurut NFPA, kebakaran dapat menyebabkan kerugian harta benda, cedera, atau kematian. Akhir-akhir ini, kebakaran hutan dan pemukiman semakin sering terjadi di Indonesia. Salah satu bencana non-alam yang sering terjadi adalah kebakaran pemukiman, terutama di kota-kota yang padat penduduk seperti Jakarta. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), diperkirakan jumlah penduduk Indonesia akan mencapai lebih dari 281 juta pada tahun 2024. Hal ini menyebabkan peningkatan kebutuhan akan tempat tinggal, terutama di kota-kota besar. Laju pertumbuhan penduduk yang cepat menyebabkan peningkatan kepadatan penduduk di kota-kota tersebut, yang pada gilirannya menyebabkan peningkatan kebutuhan

akan lahan pemukiman di perkotaan (Marintan et al., 2024).

Jurnal Nasional Perlindungan Kebakaran (NFPA) menyatakan bahwa sebanyak 1.338.500 kebakaran terjadi pada tahun 2020, menyebabkan 3.500 kematian dan 15.200 luka-luka, dengan kerugian total $21,9 miliar (Marintan et al., 2024). Sementara itu, Dinas Pemadam Kebakaran dan Penyelamatan mencatat 17.768 kebakaran di Indonesia pada tahun 2021, dengan 5.274 di antaranya disebabkan oleh arus pendek listrik (Dinas Pemadam Kebakaran dan Penyelamatan, 2021). Laporan ini disampaikan oleh situs berita online CNN Indonesia. Bencana alam, kelalaian manusia, dan sumber tak terduga seperti korsleting arus listrik adalah beberapa penyebab kebakaran (Marintan et al., 2024).

2. Sistem Pendeteksi Kebakaran

Peningkatan kesiapsiagaan dapat membantu mengurangi kerugian saat bencana terjadi. Sebagaimana diatur dalam UU Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, kesiapsiagaan merupakan salah satu fase dalam pengelolaan bencana. Ini mencakup persiapan dan perencanaan

untuk bertindak ketika bencana terjadi atau kemungkinan besar akan terjadi (Marintan et al., 2024).

Sistem deteksi kebakaran adalah salah satu bentuk kesiapsiagaan. Integrasi dengan sistem tanggap darurat sangat penting untuk penelitian mengenai deteksi bahaya kebakaran di dalam ruangan yang menggunakan sensor IoT. Ini karena dengan mengintegrasikan sistem ini dengan perangkat tanggap darurat yang sudah ada, seperti alarm kebakaran, sistem penyiram air otomatis, atau notifikasi darurat, respons terhadap bahaya kebakaran dapat dilakukan secara komprehensif dan terkoordinasi. Sebagai contoh, ketika sensor IoT mendeteksi kebakaran (Shaharuddin et al., 2023).

Dengan integrasi ini, deteksi dan tindakan mitigasi kebakaran dapat dilakukan dengan lebih baik, yang memungkinkan respons yang lebih cepat, tindakan yang terkoordinasi, dan manajemen kebakaran yang lebih baik. Selain itu, melakukan penyelidikan tentang protokol komunikasi dan interoperabilitas antara sistem deteksi kebakaran berbasis sensor IoT dengan sistem tanggap darurat yang ada dapat memastikan integrasi yang lancar, kompatibilitas, dan pertukaran informasi yang

efisien. Ini akan menghasilkan sistem tanggap darurat yang lebih terkoordinasi dan efisien ketika terjadi bahaya kebakaran (Shaharuddin et al., 2023).

3. Internet of Things

Internet of Things (IoT) telah menjadi topik populer dalam berita dan tren pemasaran, namun di balik hype tersebut, IoT telah berkembang menjadi teknologi penting dengan aplikasi di berbagai bidang. Teknologi ini berakar pada sistem informasi tersebar, jaringan sensor, dan komputasi tertanam. Istilah sistem IoT sebenarnya lebih akurat untuk menggambarkan penerapan teknologi ini dibandingkan dengan istilah Internet of Things, karena sebagian besar perangkat IoT saling terhubung untuk membentuk sistem khusus, bukan sekadar berfungsi sebagai perangkat akses umum dalam jaringan global (Serpanos & Wolf, 2018).

Menurut Ramaswamy dan Tripathi (2015), dalam dunia teknologi informasi (TI), ada pergeseran paradigma baru. *Things* dan Internet adalah kata gabungan. Internet adalah sistem jaringan komputer yang saling terhubung di seluruh dunia yang menggunakan standar Internet (TCP/IP) untuk melayani miliaran pengguna di seluruh dunia. Jutaan

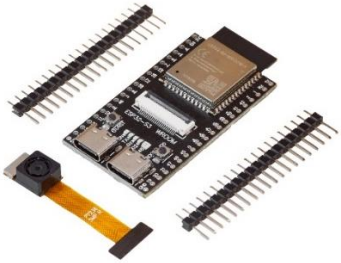
jaringan pribadi, publik, akademis, bisnis, dan pemerintah membentuk Internet, yang mencakup lingkup lokal hingga internasional. Ada banyak teknologi yang menghubungkan jaringan ini, seperti jaringan elektronik, nirkabel, dan optik.

Dunia yang diciptakan oleh *Internet of Things* (IoT) memiliki hampir semua benda yang dapat berinteraksi dan berkomunikasi dengan cara yang lebih cerdas daripada sebelumnya. Sebagian besar dari kita menganggap perangkat elektronik yang "terhubung", seperti komputer, server, tablet, ponsel pintar, dan telepon. Namun, sensor dan aktuator yang tertanam pada objek fisik, seperti jalan raya atau alat pacu jantung, juga dapat terhubung melalui jaringan, baik kabel maupun nirkabel. Jaringan-jaringan ini biasanya menggunakan protokol Internet Protocol (IP) yang sama dengan yang digunakan Internet, dan melalui jaringan-jaringan ini, volume data yang sangat besar dikirimkan ke komputer untuk di analisis. Benda-benda ini memiliki kemampuan untuk merasakan dan berkomunikasi dengan lingkungan sekitar mereka, yang memungkinkan mereka untuk memahami situasi yang kompleks dan merespons dengan cepat (Ramaswamy & Tripathi, 2015).

4. ESP32-CAM

ESP32 adalah keluarga Sistem pada Chip (SoC) yang terintegrasi, berbiaya rendah, dan hemat energi yang dikembangkan oleh perusahaan Cina, Espressif, dan diperkenalkan pertama kali pada tahun 2016 (Sabbatini Zürich, 2024). ESP32Cam adalah modul terpadu yang menggabungkan mikrokontroler ESP32 dengan modul kamera. Pengaturannya dapat dilakukan dengan menghubungkan komputer atau laptop. Untuk mengunggah program ke ESP32Cam, juga dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi open-source Arduino IDE. Dengan memanfaatkan fitur dan keunggulan mikrokontroler ESP32, ESP32Cam menjadi alat yang canggih dan terintegrasi untuk pemantauan dan keamanan rumah (Kusuma et al., 2023).

ESP32-CAM memiliki kamera kecil dengan modul termasuk kartu microSD slot. Gambar yang dibidik oleh ESP32-CAM dapat disimpan dalam kartu microSD (Sravani et al., 2020).



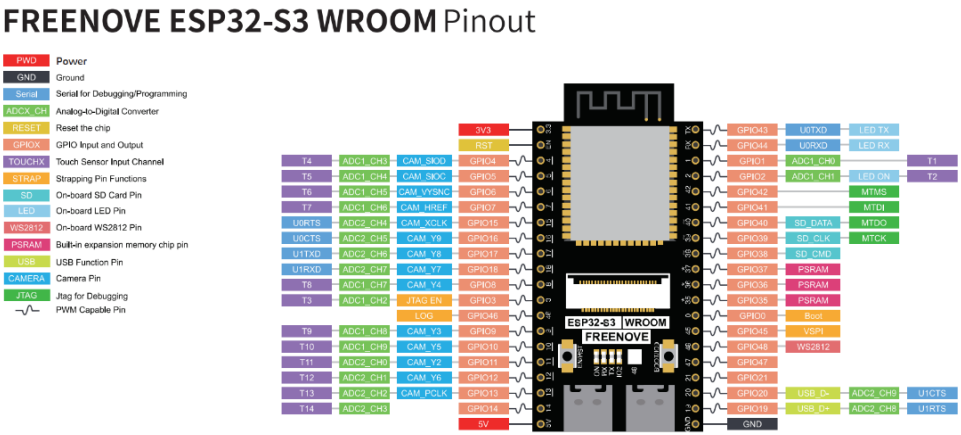
Gambar 2.1 ESP32-S3 WROOM-CAM

(arducam.com, 2024)

Pada penelitian ini penulis menggunakan ESP32-S3 WROOM-CAM. ESP32-S3 WROOM-CAM adalah modul berbasis ESP32-S3 yang dilengkapi dengan modul kamera, dirancang untuk aplikasi pemrosesan gambar dan proyek AI/IoT. Sebagai sistem berbasis mikrokontroler (MCU) berdaya rendah yang terintegrasi dalam chip (SoC), ESP32-S3 mendukung konektivitas nirkabel dengan Wi-Fi 2,4 GHz yang terintegrasi, serta Bluetooth® Low Energy (BLE) (Abu-Siada et al., 2023). Modul ini merupakan perkembangan dari seri ESP32 oleh Espressif Systems, yang menyediakan platform Wi-Fi dan Bluetooth berdaya rendah, dan ESP32-S3 menawarkan fitur AI yang lebih kuat serta

kemampuan pengolahan gambar untuk kebutuhan perangkat edge computing modern.

Port dari ESP32 ditunjukkan pada Gambar dibawah.



Gambar 2.2 ESP32-S2 WROOM Pinout

(github.com/Freenove, 2024)

a. 3V3 : Power 3.3V untuk supply modul dan sensor
b. RST : Reset mikrokontroler ESP32-S3
c. GPIO4 : GPIO, PWM, pin kamera CAM_SIOD (SCCB Data)
d. GPIO5 : GPIO, PWM, pin kamera CAM_SIOC (SCCB Clock)

e. GPIO6 : GPIO, PWM, pin kamera CAM_VSYNC (Vertical Sync)
f. GPIO7 : GPIO, PWM, pin kamera CAM_HREF (Horizontal Sync)
g. GPIO15 : GPIO, PWM, pin kamera CAM_XCLK (Clock Kamera)
h. GPIO16 : GPIO, PWM, pin kamera CAM_Y9 (Data Kamera)
i. GPIO17 : GPIO, PWM, pin kamera CAM_Y8 (Data Kamera)
j. GPIO18 : GPIO, PWM, pin kamera CAM_Y7 (Data Kamera)
k. GPIO8 : GPIO, PWM, pin kamera CAM_Y4 (Data Kamera)
l. GPIO3 : GPIO, PWM, pin untuk JTAG EN
m. GPIO46 : GPIO, PWM umum
n. GPIO9 : GPIO, PWM, pin kamera CAM_Y3 (Data Kamera)
o. GPIO10 : GPIO, PWM, pin kamera CAM_Y5 (Data Kamera)
p. GPIO11 : GPIO, PWM, pin kamera CAM_Y2 (Data Kamera)
q. GPIO12 : GPIO, PWM, pin kamera CAM_Y6 (Data Kamera)

r. GPIO13 : GPIO, PWM, pin kamera CAM_PCLK (Pixel Clock)
s. GPIO14 : GPIO, PWM umum
t. 5V : Power 5V dari USB
u. GND : Ground
v. GPIO19 : GPIO, PWM, jalur USB_D+ (data USB positif)
w. GPIO20 : GPIO, PWM, jalur USB_D- (data USB negatif)
x. GPIO21 : GPIO, PWM umum
y. GPIO47 : GPIO, PWM umum
z. GPIO48 : GPIO, PWM umum
aa. GPIO45 : GPIO, PWM umum
ab. GPIO0 : Boot mode saat startup, bisa GPIO, PWM
ac. GPIO35 : GPIO, PWM umum
ad. GPIO36 : PSRAM (ekspansi memori bawaan ESP32-S3)
ae. GPIO37 : PSRAM (ekspansi memori bawaan ESP32-S3)
af. GPIO38 : PSRAM (ekspansi memori bawaan ESP32-S3)
ag. GPIO39 : GPIO, PWM, pin SD_CMD (Command SD Card)

ah. GPIO40 : GPIO, PWM, pin SD_DATA (Data SD Card)

ai. GPIO41 : GPIO, PWM, pin SD_CLK (Clock SD Card)

aj. GPIO42 : GPIO, PWM umum

ak. GPIO1 : GPIO, PWM, ADC1_CH0 (input analog *channel* 0)

al. GPIO43 : GPIO, PWM, Serial U0TXD (TX data serial)

am. GPIO44 : GPIO, PWM, Serial umum atau GPIO biasa

Tabel 2.1 Spesifikasi ESP32 S3 WROOM
(alldatasheet.com, 2024)

Parameter	Spesifikasi
Core	Xtensa® dual-core 32-bit LX7 CPU, hingga 240 MHz
Memori	• 384 KB ROM • 512 KB SRAM • 16 KB SRAM in RTC • Up to 16 MB PSRAM
Tegangan Kerja	3V hingga 3.6V
Jumlah GPIO	Hingga 45 GPIO
ADC	2 x 12-bit ADC (hingga 20 *Channel*)

WiFi	802.11 b/g/n
Bluetooth LE	Bluetooth v5.0
Perangkat Tambahan	GPIO, SPI, LCD *interface*, *Camera interface*, UART, I2C, I2S, *remote control*, *pulse counter*, LED PWM, *full-speed* USB 2.0 OTG, USB Serial/JTAG *controller,* MCPWM, SDIO *host,* GDMA, TWAI® *controller (compatible with* ISO 11898-1), ADC, *touch sensor, temperature sensor, timers and watchdogs*

ESP32-S3 WROOM-CAM dilengkapi dengan modul kamera, Wi-Fi, dan Bluetooth bawaan. Kamera yang digunakan dalam penelitian ini adalah OV2640. Wi-Fi pada modul ini digunakan untuk menetapkan alamat IP, yang kemudian digunakan untuk mengonfigurasi kamera pada modul tersebut, seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini.

Gambar 2.3 Konfigurasi OV2640

Tabel 2.2 Spesifikasi Kamera OV2640 (alldatasheet.com, 2024)

Parameter	Spesifikasi
Ukuran Piksel	1.4 µm x 1.4 µm dengan teknologi OmniBSI untuk sensitivitas tinggi, *crosstalk* rendah, *noise* rendah, dan efisiensi kuantum yang lebih baik
Ukuran Optik	1/4"

Fitur Kontrol Otomatis Gambar	- *Automatic Exposure Control* (AEC) - *Automatic White Balance* (AWB) - *Automatic Band Filter* (ABF) - *Automatic Black Level Calibration* (ABLC)
Kontrol Program Gambar	*Frame rate*, AEC/AGC 16-*zone size/position/weight control, mirror dan flip, cropping, windowing, panning*
Format *Output* yang Didukung	RAW RGB, RGB565/555/444, CCIR656, YUV422/420, YCbCr422, dan kompresi
Kecepatan Transfer Gambar Maksimal	QSXGA (2592x1944): 15 fps, 1080p: 30 fps, 1280x960: 45 fps, 720p: 60 fps, VGA: 90 fps, QVGA: 120 fps

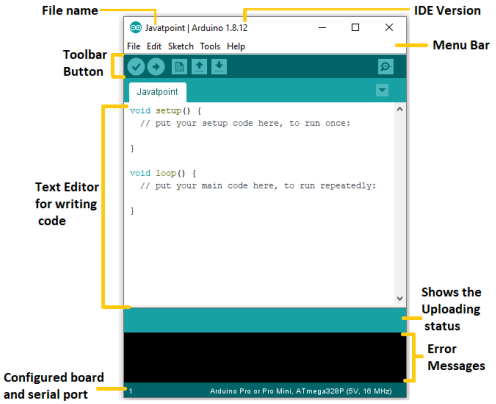
Interface Output	DVP (Digital Video Port) *parallel dan dual-lane MIPI Output*
Konsumsi Daya	- Aktif: 140 mA - Siaga: 20 μA

5. Arduino IDE

Arduino dirancang untuk pemula, bahkan bagi mereka yang tidak memiliki pengetahuan dasar dalam pemrograman, karena menggunakan bahasa C++ yang telah disederhanakan melalui penggunaan library. Arduino menggunakan perangkat lunak bernama Processing, yang dirancang khusus untuk menulis program yang dapat dijalankan pada papan Arduino. Processing sendiri adalah bahasa pemrograman yang menggabungkan elemen-elemen dari bahasa C++ dan Java (Kusumo & Ardiansyah, 2024).

Perangkat lunak Arduino IDE dapat diinstal pada berbagai sistem operasi, termasuk Windows, Linux, dan Mac OS. Arduino IDE bukan hanya sekadar alat pengembangan, melainkan merupakan kombinasi dari perangkat keras (hardware), bahasa pemrograman, dan lingkungan pengembangan

terintegrasi (Integrated Development Environment/IDE) yang canggih. IDE berperan penting dalam menulis program, mengompilasi program menjadi kode biner, dan mengunggahnya ke memori mikrokontroler (Kusumo & Ardiansyah, 2024).



Gambar 2.4 Arduino IDE

Software IDE Arduino IDE terdiri dari tiga komponen utama, yaitu:

a. Bagian pertama dari Software IDE Arduino adalah editor program yang digunakan untuk menulis dan mengedit kode menggunakan bahasa pemrograman Processing. Dalam konteks

Arduino, program yang ditulis disebut sebagai "sketch."

b. Komponen kedua dari Software IDE Arduino adalah compiler, yaitu modul yang bertugas mengonversi kode program yang ditulis dalam bahasa pemrograman Processing menjadi kode biner. Kode biner adalah satu-satunya format yang dapat dipahami oleh mikrokontroler.

c. Bagian ketiga dari Software IDE Arduino adalah uploader, yaitu modul yang bertugas memasukkan kode biner ke dalam memori mikrokontroler. Modul ini bertanggung jawab untuk mengirimkan program yang telah dikompilasi ke mikrokontroler agar dapat dijalankan (Kusumo & Ardiansyah, 2024).

6. *Flame* Sensor 5 *Channel*

Infrared Flame sensor 5 *Channel* adalah sensor api yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan titik api dengan memanfaatkan lima buah *Infrared* (IR) receiver yang terdapat pada modul sensor ini. Sensor ini dilengkapi dengan lima indikator LED (Light Emitting Diode) yang berfungsi sebagai penanda pendeteksian (Sakti et al., 2018).

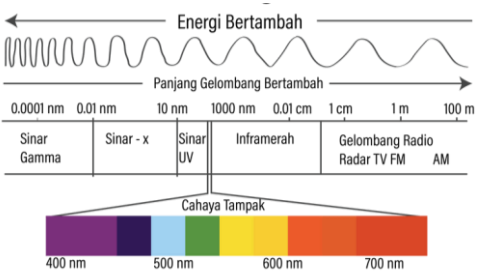
Infrared *Flame* sensor 5 *Channel* mendeteksi nyala api menggunakan metode optik. Sensor ini menggunakan transduser berupa Infrared (IR) sebagai sensor pengindera. Transduser ini berfungsi untuk mendeteksi penyerapan cahaya pada panjang gelombang antara 760 nm hingga 1100 nm, sehingga memungkinkan untuk membedakan spektrum cahaya pada api dari spektrum cahaya benda lain. Sensor ini memiliki Output analog dan digital, serta dilengkapi dengan potensiometer on board, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah (Sakti et al., 2018).

Gambar 2.5 Flame Sensor 5 Channel

(Sakti et al., 2018)

Desain sensor ini memungkinkan untuk mendeteksi sumber api dalam sudut 120°. Selain itu, sensor ini dilengkapi dengan resistor presisi 1% yang meningkatkan akurasi sinyal yang dihasilkan. Gambar

di bawah ini menampilkan rentang panjang gelombang cahaya yang dapat ditangkap oleh Infrared *Flame* sensor 5 *Channel*.



Gambar 2.6 Panjang gelombang cahaya (roboguru.ruangguru.com, 2024)

Tabel 2.3 Spesifikasi Flame Sensor 5 Channel (abra-electronics.com, 2024)

Parameter	Spesifikasi
Operating *Volt*age(VDC)	3.3 to 9
Outputs	5 Analog and 5 Digital
Adjustments	On-board potentiometer for adjusting the sensitivity
Detecting Range(°)	>120 degrees at approximately 80cm

Indicator LEDs	Five (one on each *Channel*) and one power indicator
Frequency	760nm to 1100nm
Board Diameter (mm)	40
Total Diameter (mm)	55
Height (mm)	15
Weight (gm)	8

7. Sensor MQ-2

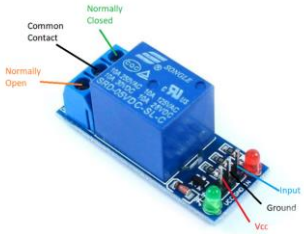
Dalam sensor MQ-2, terdapat empat pin penting, yaitu GND, Analog Output, VCC, dan Digital Output. Pin GND berfungsi sebagai ground, sedangkan pin VCC digunakan untuk memberikan suplai daya ke sensor. Pin Analog Output menghasilkan sinyal analog yang menunjukkan konsentrasi gas, dan pin Digital Output memberikan sinyal digital yang dapat digunakan untuk mendeteksi ambang batas konsentrasi gas tertentu. Selain itu, sensitivitas sensor dapat disesuaikan dengan menggunakan potensiometer yang terdapat pada modul (Kusumo & Ardiansyah, 2024).

Gambar 2.7 Sensor MQ-2

(Kusumo & Ardiansyah, 2024)

8. Relay

Relay adalah komponen penting yang berfungsi sebagai saklar otomatis. Relay memungkinkan kita untuk mengontrol perangkat listrik yang membutuhkan daya besar, seperti lampu atau motor, menggunakan sinyal listrik kecil dari mikrokontroler atau sensor. Relay terdiri dari kumparan elektromagnetik dan kontak yang akan membuka atau menutup sirkuit ketika arus listrik mengalir melalui kumparan. Relay adalah komponen elektronika yang dapat digunakan untuk menerapkan logika switching. Sebelum tahun 1970-an, relay berfungsi sebagai "otak" dari rangkaian pengendali. Namun, setelah tahun 1970-an, peran ini mulai digantikan oleh PLC (Programmable Logic Controller)(Alerafi et al., 2024).



Gambar 2.8 Relay 1 Channel
(components101.com, 2020)

Relay yang paling sederhana adalah Relay elektromagnetik, yang memberikan pergerakan mekanis saat menerima energi listrik. Secara sederhana, Relay elektromagnetik dapat didefinisikan sebagai alat yang menggunakan gaya elektromagnetik untuk menutup (atau membuka) kontak saklar. Saklar ini digerakkan secara mekanis oleh daya listrik, sehingga dapat disimpulkan bahwa Relay adalah komponen elektronika berupa saklar yang dioperasikan oleh arus listrik (Alerafi et al., 2024). Berikut spesifikasi Relay 1 *Channel*:

Tabel 2.4 Spesifikasi Relay 1 Channel
(alldatasheet.com, 2024)

Parameter	Spesifikasi
Tegangan	5 *Volt*
Output	1-10 *Ampere*

Jumlah pin	4
Arus saat *Relay* aktif	70Ma(tunggal). 140mA(keduanya)

9. Pompa Air

Pompa air didefinisikan sebagai alat mekanis yang digunakan untuk memindahkan cairan dengan tenaga mesin. Pompa air yang digunakan dalam hal ini adalah pompa air mini yang digerakkan oleh motor DC brushless, beroperasi pada tegangan 3 VDC hingga 6 VDC. Prinsip kerja pompa ini didasarkan pada penggunaan arus listrik yang diatur secara elektronik untuk menghasilkan gerakan rotasi. Motor DC brushless terdiri dari dua bagian utama, yaitu stator dan rotor. Stator adalah bagian yang statis dan terdiri dari kumparan listrik, sedangkan rotor adalah bagian yang berputar dan terdiri dari magnet permanen. Pada motor DC brushless, pengaturan arus dilakukan secara elektronik melalui komutasi elektronik, yang memastikan rotor dapat berputar terus-menerus tanpa memerlukan sikat mekanis. Hal ini mengurangi gesekan dan memperpanjang umur motor (Sairi et al., 2024).

Gambar 2.9 Pompa Air DC
(jogjarobotika.com, 2024)

10. Buzzer

Buzzer adalah komponen yang berfungsi mengubah arus listrik menjadi suara, dan prinsip kerja Buzzer hampir sama dengan speaker. Buzzer terdiri dari diafragma yang dilengkapi dengan kumparan. Ketika kumparan tersebut dialiri arus listrik, ia akan berfungsi sebagai elektromagnet. Kumparan akan tertarik ke dalam atau keluar tergantung pada polaritas magnetnya. Karena kumparan dipasang pada diafragma, setiap getaran diafragma yang terjadi secara bolak-balik akan membuat udara bergetar dan menghasilkan suara (Kusumo & Ardiansyah, 2024).

Gambar 2.10 Buzzer

(Kusumo & Ardiansyah, 2024)

11. Telegram Bot

Chatbot Telegram adalah program komputer yang menggunakan kecerdasan buatan (AI) untuk berkomunikasi dengan pengguna melalui aplikasi perpesanan seperti Telegram. Banyak bisnis menggunakan pembuat Chatbot atau platform pengembangan seperti Botpress untuk membuat Chatbot mereka sendiri. Chatbot Telegram ini berfungsi sebagai akun otomatis yang memberi pengguna berbagai layanan atau data (Fikri et al., 2024).

Telegram adalah program pesan instan gratis dan bersumber terbuka yang memungkinkan pengguna berkomunikasi melalui pesan grup maupun pesan pribadi. Selain itu, Telegram menawarkan akses kepada pengembang untuk menggunakan API bot, yang memungkinkan mereka

membuat bot di platform yang dapat terhubung dengan layanan aplikasi eksternal. Telegram dipilih karena merupakan layanan yang sangat disukai, dengan fitur Chatbot yang mudah digunakan di berbagai platform, termasuk komputer dan smartphone (Fikri et al., 2024).

B. Kajian Penelitian yang Relevan

Tabel 2.5 di bawah ini merupakan beberapa penelitian sebelumnya yang relevan berdasarkan pada kesamaan topik atau pemanfaatan teknologi yang menjadi referensi dari penelitian ini.

Tabel 2.5 Daftar Kajian Penelitian yang Relevan

Judul	Hasil
Prototype Sistem Monitoring Dan Pemadam Kebakaran Pada Bengkel Nihon Noss Berbasis Iot (Muhammad Kevin Pangeran, Subandi, 2024)	Pada jurnal penelitian ini berhasil mengimplementasi *prototype* sistem monitoring dan pemadam kebakaran pada bengkel nihon noss menggunakan sensor MQ-2 dan sensor *Flame* berbasis IoT, maka dapat diambil kesimpulan, Sensor *Flame* dapat mendeteksi keberadaan api dan pompa mini

	dapat menyemprokan air untuk memadamkan api, Sensor MQ-2 dapat mengukur kadar asap di dalam ruangan dan Mikrokontroler ESP32Cam dapat digunakan untuk mengambil gambar dan mengirimkan ke web server melalui jaringan internet (Kevin Pangeran & Subandi, 2024).
Sistem Peringatan Dan Penanganan Dini Kebakaran Berbasis Internet Of Things(IoT) (Aldo Napu, Olivia Kembuan, Kristofel Santa, 2022)	Pada jurnal ini berhasil dikembangkan sistem peringatan dan penanganan dini kebakaran berbasis IoT. Sistem menggunakan sensor IR *Flame* untuk mendeteksi api, DHT11 untuk suhu, dan MQ2 untuk mendeteksi gas di atas 300 PPM. Notifikasi dikirim melalui aplikasi Blynk, dan kondisi ruangan dipantau melalui kamera ESP32 CAM. Pompa air otomatis aktif saat api terdeteksi, sedangkan kipas

	menyala saat ada peningkatan gas. Sistem ini efektif sebagai solusi deteksi dini dan penanganan kebakaran secara otomatis (Napu et al., 2022).
Alat Pendeteksi Dini Kebakaran dan Pemadam Otomatis Dilengkapi dengan Video Streaming Berbasis Internet of Things (Ahmad Ramadhan, Jamaaluddin Jamaaluddin, Shazana Dhiya Ayuni, 2021)	Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem pendeteksi dini kebakaran dan pemadam otomatis yang dilengkapi dengan *video streaming* berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem menggunakan beberapa komponen utama seperti sensor MQ-7 untuk mendeteksi karbon monoksida, *Infrared Flame* Sensor untuk mendeteksi api, dan modul ESP32-CAM untuk merekam kondisi kebakaran secara *real-time* . Ketika sensor mendeteksi gas atau api, NodeMCU ESP8266 memproses sinyal dan mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Blynk

	ke smartphone. Pompa air otomatis aktif saat terdeteksi api, sementara kipas dan *Buzzer* juga akan merespon kondisi bahaya. Berdasarkan hasil pengujian, sistem terbukti mampu mendeteksi api dan asap dengan cepat, serta mengirimkan notifikasi dalam rata-rata waktu 2,6 hingga 4 detik, membuatnya efektif sebagai alat mitigasi kebakaran (Ramadhan et al., 2021).
Implementasi Home Security And Fire Detection System Berbasis Telegram (Muhamad Hafiz Servo Fadillansyadan Izza Anshory, 2022)	Penelitian ini mengembangkan sistem keamanan rumah dan deteksi kebakaran berbasis aplikasi Telegram, memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengendalikan rumah secara jarak jauh melalui smartphone. Sistem ini menggunakan kamera ESP32 CAM untuk mendeteksi wajah pada jarak

	10–100 cm, serta sensor gas MQ-2 yang mampu mendeteksi kebocoran gas pada jarak 0–5 cm. Saat terdeteksi kebakaran atau kebocoran gas, notifikasi "INDIKASI KEBAKARAN" akan langsung dikirimkan ke aplikasi Telegram pengguna dalam waktu 1–7 detik. Pengujian menunjukkan sistem ini efektif untuk meningkatkan keamanan rumah, terutama saat pengguna bepergian, meskipun respon sedikit lebih lambat pada siang hari dibandingkan pagi atau malam hari (Hafiz Servo Fadillansyah & Izza Anshory, 2022).

Sebagai dasar perancangan, peneliti merujuk pada referensi yang telah disajikan dalam Tabel 2.5 di atas. Penelitian ini memiliki perbedaan signifikan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan modul ESP32-S3

WROOM sebagai mikrokontroler, dilengkapi dengan kamera OV2640 untuk menangkap gambar guna memonitor keadaan gedung. Dibandingkan ESP32 biasa, ESP32-S3 WROOM memiliki keunggulan diantaranya menggunakan chipset Dual-core Xtensa LX7, memiliki ukuran flash 8 MB dibandingkan EPS32 yang 4 MB, memiliki jumlah GPIO lebih banyak, serta memiliki USB Port. Selain itu, digunakan juga *Flame* sensor 5 *Channel* untuk mendeteksi api dengan jangkauan yang lebih luas di dalam gedung yang mampu menjangkau 120°.Pompa air juga digunakan untuk memadamkan api saat terjadi kebakaran. Sistem ini juga dilengkapi dengan bot Telegram yang berfungsi sebagai notifikasi dan monitoring kondisi gedung, baik dalam situasi kebakaran maupun tidak. Dengan penerapan teknologi ini, peneliti berharap dapat meningkatkan efisiensi dan kenyamanan dalam mendeteksi berbagai kondisi penting di dalam gedung, serta memastikan keselamatan pengguna dengan menerima notifikasi secara *real-time* melalui Telegram.

BAB III
METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan gambaran langkah-langkah secara sistematis yang digunakan peneliti untuk memecahkan permasalahan yang diangkat, jadi metode penelitian ini mempunyai peranan yang sangat penting dalam penelitian tugas akhir.

A. Alat dan Bahan Penelitian

Penelitian ini membutuhkan alat, bahan dan komponen elektronika sebagai berikut:

Table 3.1 Daftar Alat

No.	Nama	Spesifikasi	Keterangan
1.	Laptop	Dynabook R73/A	Untuk Desain alat dan program
2.	Solder		Untuk memasang komponen
3.	Multimeter		Untuk mengukur tegangan dan sambungan kabel
4.	Obeng		Untuk memasang kabel
5.	Mistar		Untuk mengukur

Table 3.2 Daftar Bahan

No.	Nama	Spesifikasi	Keterangan
1.	Arduino IDE		Untuk memasukkan program ke ESP32-S3 WROOM-CAM
2.	Bot Telegram		Untuk memonitoring kebakaran
3.	Miniatur Ruang Kelas	FST UIN Walisongo	Sebagai tempat simulasi sistem
4.	Kabel USB		Untuk uploud program dari laptop ke ESP32-S3 WROOM-CAM
5.	*Powersupplay*	9 V	Mengatur daya listrik
6.	Kabel jumper		Sebagai penyambung komponen
7.	Timah		Perekat sambungan komponen
8.	Papan PCB	*Board*	Menghubungkan komponen
9.	Wadah Kecil		Sebagai tempat air untuk pompa air
10.	Resistor		Sebagai pengatur alur listrik

Table 3.3 Daftar Komponen

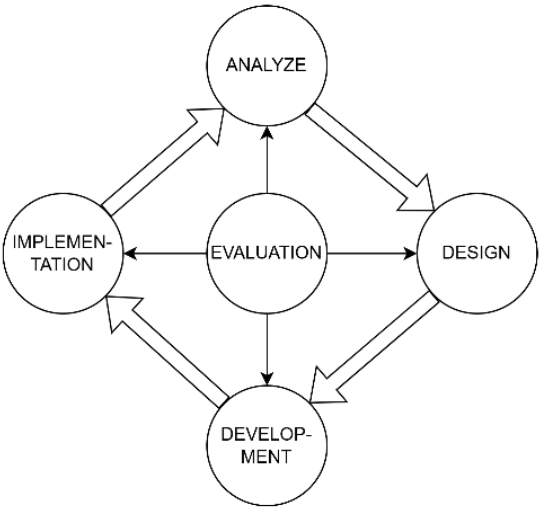
No.	Nama	Spesifikasi	Keterangan
1.	ESP32-CAM	ESP32-S3 WROOM-CAM	Pusat pengolahan data dan kamera
2.	Sensor Api	*Flame* Sensor 5 *Channel*	Untuk mendeteksi api di dalam gedung
3.	Sensor Gas	MQ-2	Untuk mendeteksi polutas gas
4.	Pompa Air Mini	DC	Untuk mempompa air jika terjadi kebakaran
5.	*Relay*	1 *Channel*	Mengendalikan tegangan dari ke pompa air mini
6.	*Buzzer*	-	Sebagai notifikasi fisik berupa bunyi jika terjadi kebakaran
7.	LED		Sebagai notifikasi fisik berupa lampu menyala

B. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D), Metode Penelitian dan Pengembangan (Research and Development) adalah metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan suatu produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut (Mahfudh et al., 2021). Metode ini bertujuan untuk menghasilkan produk melalui proses penemuan potensi masalah, mendesain dan mengembangkan suatu produk sebagai solusi terbaik(Waruwu, 2024). Penelitian dan pengembangan memiliki beberapa jenis dan tahapan. Model penelitian yang akan digunakan peneliti adalah jenis penelitian pengembangan model ADDIE. Model ini dikembangkan pada tahun 1970-an. Tahapan model meliputi *Analyze, Design, Develop, Implementation*, dan *Evaluate*. Pengembangan pada setiap tahapan saling terkait satu sama lain. Tahapan evaluasi berada di bagian terakhir, namun evaluasi digunakan untuk melakukan evaluasi pada setiap tahapan sebelumnya dimulai dari tahapan Analyze, Design, pengembangan dan implementasi (Waruwu, 2024).

Model ADDIE memiliki fleksibilitas tinggi, sehingga cocok digunakan dalam pengembangan sistem pendeteksi kebakaran. Meskipun fleksibel, model ini tetap efektif karena menyediakan kerangka kerja yang

terstruktur untuk merancang dan membangun sistem. Setiap tahap dalam model ADDIE juga melibatkan proses evaluasi dan revisi, sehingga sistem yang dikembangkan dapat disempurnakan dan disesuaikan dengan kebutuhan deteksi kebakaran secara *real-time.*



Gambar 3.1 Metode Penelitian

1. Analyze

Tahap Analyze merupakan tahap dalam penelitian yang yang dilakukan oleh peneliti untuk mengetahui permasalahan yang terjadi di lapangan. Tahap ini bertujuan untuk menentukan solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut (Arief et al., 2024).

Pada penelitian ini, Analyze dilakukan dengan melihat permasalahan berkaitan dengan sistem pendeteksi kebakaran yang ada sekarang. Tahapan Analyze meliputi beberapa langkah penting, mulai dari mengidentifikasi masalah sistem yang diperlukan untuk mengatasi berbagai kekurangan yang ditemukan. Selanjutnya pengumpulan data yang relevan untuk mendukung pengembangan solusi.

a. *Identifikasi Masalah*

Setiap penelitian memiliki latar belakang dan tujuan. Aspek latar belakang penelitian merupakan alasan dilakukannya penelitian. Setiap penelitian harus ada alasannya. Alasan bersumber dari Analisis masalah yang ditemukan. Analisis masalah sebagai temuan dari kesenjangan antara teori dengan fakta, kebijakan dengan pelaksanaan, apa yang seharusnya dengan kenyataannya (Waruwu, 2024). Oleh sebab itu, diperlukan identifikasi masalah untuk mengetahui apa yang kedepannya akan dikembangkan dalam penelitian.

Dalam penelitian ini, peneliti mengidentifikasi beberapa masalah pada sistem pendeteksi kebakaran yang ada yang berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut. Masalah yang

ditemukan oleh penulis pada sistem pendeteksi kebakaran yang ada adalah peringatan hanya dapat diketahui oleh penghuni gedung sehingga menimbulkan waktu respon yang lama ketika terjadi kebakaran baik bagi penghuni gedung maupun petugas pemadam kebakaran. Selain itu, monitoring diperlukan untuk membantu petugas pemadam kebakaran dalam mengidentifikasi sumber dan potensi kebakaran, sehingga mempermudah penanganan di lapangan. Dengan menerapkan teknologi *Internet of Things* (IoT).

Selain itu, untuk mensimulasikan sistem ini dalam skala kecil, peneliti juga membuat miniatur ruang kelas yang merepresentasikan kondisi kebakaran, meskipun dalam skala yang lebih kecil namun tetap mencerminkan keadaan aslinya. Miniatur ini berupa satu sampel ruang kelas di Gedung FST UIN Walisongo Semarang yang akan digunakan untuk mensimulasikan sistem pendeteksi kebakaran secara praktis.

b. Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, data dikumpulkan melalui studi literatur dan referensi yang relevan dengan topik penelitian untuk mengidentifikasi langkah-langkah yang paling tepat dalam

pengembangan sistem.. Sumber literatur diperoleh dari buku, jurnal penelitian, dan karya ilmiah yang berhubungan dengan sistem pendeteksi kebakaran *real-time* menggunakan ESP32-CAM dengan notifikasi bot Telegram. Penelitian terdahulu juga dianalisis untuk mengevaluasi kekurangan yang ada, sehingga penelitian ini dapat dikembangkan dengan lebih baik.

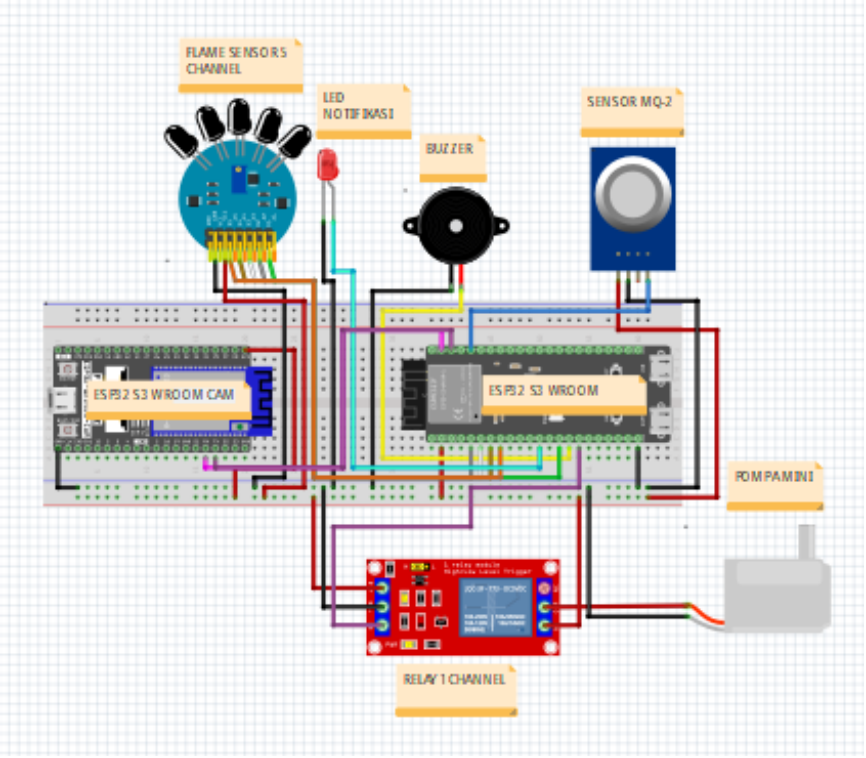
Pengukuran ruang kelas FST juga dilakukan untuk menentukan skala perbandingan pada miniatur yang akan dibuat. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan peneliti di ruang kelas 2.7 diketahui bahwa ukuran ruang kelas adalah panjang 7,4 meter dan lebar 5,6 meter. Dengan menggunakan skala perbandingan 1:20, diperoleh ukuran miniatur yang akan dibuat dengan panjang 37 cm dan lebar 28 cm.

2. Design

a. Rangkaian Sistem

Rangkaian sistem adalah hubungan antar komponen yang saling terhubung dan berinteraksi dalam satu kesatuan untuk

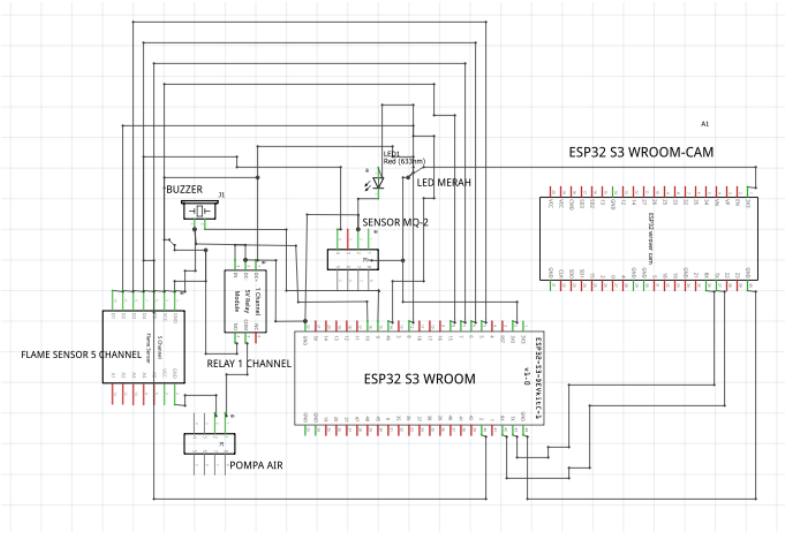
mencapai tujuan dari sistem yang dibangun. Berikut adalah rangkaian sistem pendeteksi kebakaran *real-time* menggunakan ESP32-CAM dengan notifikasi melalui bot Telegram:



Gambar 3.2 Rangkaian Sistem Pendeteksi Kebakaran Real-time Menggunakan ESP32-CAM Dengan Notifikasi Bot Telegram

Pada gambar 3.2 dapat dilihat gambaran rangkaian sistem yang akan dibuat. Terdapat 2

mikrokontroler yang sama yaitu ESP32 S3 dengan menggunakan chipset Dual-core Xtensa LX7 dimana satunya ditambahkan modul kamera OV2640.



Gambar 3.3 Skema Komponen

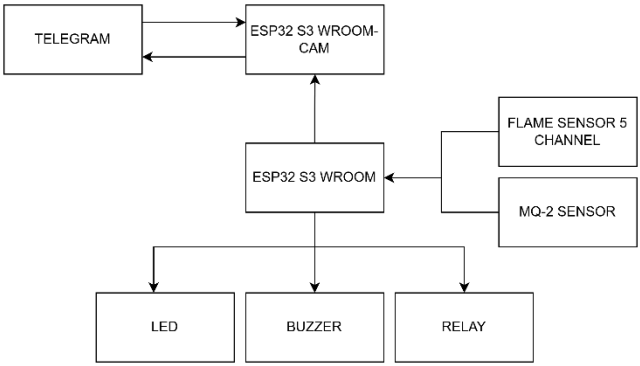
Pada Gambar 3.3 ditunjukkan skema rangkaian penyambungan kabel atau pin dari sistem pendeteksi kebakaran *real-time* menggunakan ESP32-CAM dengan notifikasi bot Telegram. ESP32-S3 WROOM-CAM berfungsi sebagai pusat pengolah data utama, dengan data yang diperoleh dari berbagai sensor yang terhubung ke ESP32 S3 WROOM. Komunikasi

antara ESP32-S3 WROOM-CAM dan ESP32-S3 WROOM dilakukan melalui koneksi serial menggunakan pin TX dan RX.

Pada skema rangkaian ini, ESP32-S3 WROOM terhubung dengan beberapa komponen utama meliputi, lima sensor api (*Flame* Sensor 1 hingga 5) masing-masing terhubung ke GPIO 3, 4, 5, 6, dan 7, yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan api dari berbagai arah. Sensor MQ-2, yang digunakan untuk mendeteksi asap atau gas berbahaya, dihubungkan ke GPIO 1. Relay 1 *channel* yang mengendalikan pompa air terhubung ke GPIO 10, memungkinkan ESP32 untuk mengaktifkan pompa secara otomatis saat kebakaran terdeteksi. Buzzer sebagai peringatan suara saat kondisi darurat dihubungkan ke GPIO 9. LED merah sebagai indikator kondisi darurat terhubung ke GPIO 8. Seluruh komponen mendapatkan catu daya dari VCC (3,3V) dan GND yang langsung terhubung ke ESP32-S3 WROOM, yang kemudian mengirimkan data sensor secara serial ke ESP32-S3 WROOM-CAM, sehingga sistem dapat bekerja secara optimal dalam mendeteksi dan merespons potensi kebakaran.

b. Blok Diagram Sistem

Blok diagram sistem digunakan sebagai acuan dalam proses pengembangan sistem, serta berfungsi sebagai alat untuk mengidentifikasi setiap komponen dan fungsinya agar sesuai dengan tujuan pembuatan sistem. Diagram ini membantu memastikan bahwa desain dan implementasi berjalan sesuai rencana dan memudahkan dalam pemahaman alur kerja sistem secara keseluruhan.



Gambar 3.4 Blok Diagram Sistem

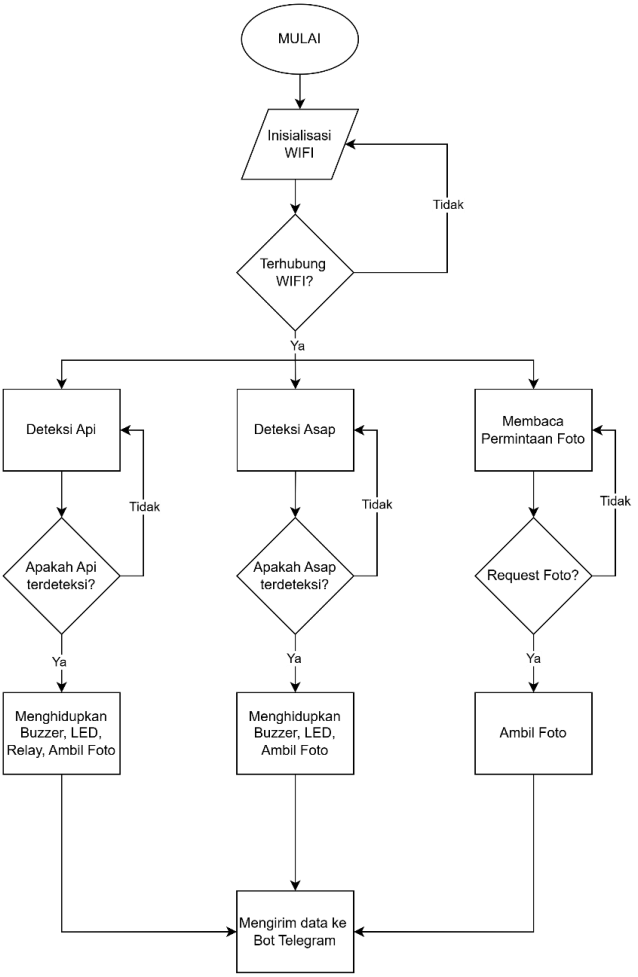
Berdasarkan blok diagram pada Gambar 3.4, dijelaskan bahwa *Flame* Sensor 5 *Channel* dan Sensor MQ-2 mengirimkan data input ke ESP32-S3 WROOM untuk mendeteksi keberadaan api dan gas. Selanjutnya, ESP32-S3

WROOM memproses data tersebut dan mengirimkan informasi secara serial ke ESP32-S3 WROOM-CAM, serta memberikan output ke LED, buzzer, dan modul relay. LED dan buzzer berfungsi sebagai indikator visual dan suara untuk memberikan peringatan saat terjadi kebakaran, sedangkan modul relay berperan sebagai saklar otomatis yang mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air. Selain itu, Telegram digunakan sebagai platform notifikasi untuk memberikan informasi secara *real-time* kepada pengguna ketika terjadi kebakaran. Telegram tidak hanya berfungsi sebagai output, tetapi juga sebagai input, yaitu dengan menyediakan kontrol jarak jauh seperti Ambil Foto dan Informasi Sensor.

c. *Flowchart*

Flowchart berfungsi sebagai panduan dalam pembuatan program dan memastikan kebenaran logika. Dalam penelitian ini, penting untuk menerapkan logika yang benar, karena kesalahan dapat menyebabkan hasil yang tidak sesuai. Flowchart mempermudah pemahaman alur kerja program, sehingga membantu memastikan sistem berjalan sesuai harapan.

Berikut adalah flowchart sistem kerja alat yang digunakan.



Gambar 3.5 Flowchart Sistem Kerja Alat

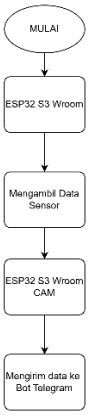
Gambar 3.5 menggambarkan alur kerja sistem yang dirancang. Ketika alat dinyalakan,

sistem akan melakukan konfigurasi ESP32-S3 WROOM-CAM untuk terhubung ke jaringan WiFi. Jika konfigurasi WiFi gagal, ESP32-S3 WROOM-CAM akan beralih menjadi pemancar WiFi, menampilkan SSID, dan menyediakan akses jaringan bagi pengguna untuk memilih dan mengonfigurasi WiFi yang tersedia.

Setelah terhubung ke jaringan, *Flame* Sensor dan Sensor MQ-2 akan mendeteksi keberadaan api dan asap. Jika *Flame* Sensor mendeteksi api, data akan dikirim ke ESP32-S3 WROOM yang kemudian mengaktifkan *Buzzer*, menyalakan LED merah, mengaktifkan *Relay* modul untuk menyalakan pompa air guna memadamkan api. Selanjutnya, ESP32-S3 WROOM memproses data tersebut dan mengirimkan informasi secara serial ke ESP32-S3 WROOM-CAM, yang kemudian mengirim notifikasi ke telegram dan mengambil foto. Jika Sensor MQ-2 mendeteksi asap, maka *Buzzer* akan menyala, LED merah akan aktif, dan mengambil foto namun *Relay* modul tidak akan menghidupkan pompa air. Untuk keperluan monitoring, pengguna dapat melakukan

permintaan pengambilan foto gedung, yang akan dikirimkan oleh sistem.

Semua data hasil deteksi api, asap, serta gambar yang diperoleh akan ditampilkan secara *real-time* melalui bot Telegram yang telah dikonfigurasi. Telegram Bot berfungsi sebagai antarmuka dan penghubung antara alat dan pengguna secara daring. Melalui Telegram Bot, pengguna dapat memasukkan perintah guna meminta data yang diperlukan. Selain mengetik perintah secara manual, pengguna juga dapat menggunakan tombol-tombol yang disediakan untuk mempermudah interaksi dengan sistem.

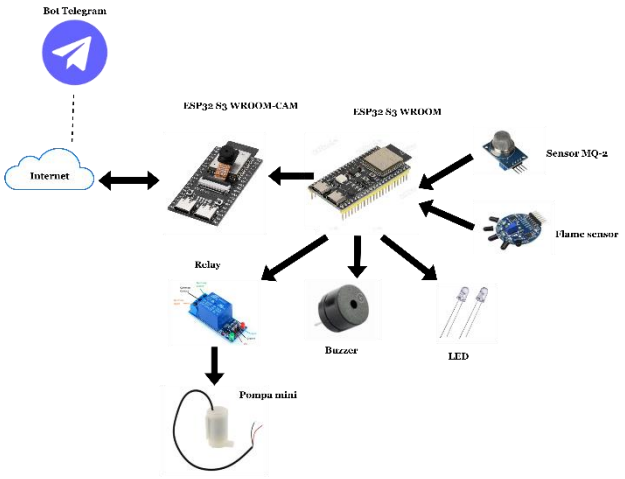


Gambar 3.6 Flowchart Komunikasi Data

d. Desain alat

Desain dan perancangan yang dibuat oleh peneliti masih bersifat hipotetis atau dalam tahap pengujian, karena efektivitasnya belum sepenuhnya terbukti. Berikut ini adalah Desain sistem pendeteksi kebakaran *real-time* menggunakan ESP32-CAM dengan notifikasi bot Telegram.

1) Desain perangkat keras



Gambar 3.7 Alur Kerja Alat

Berikut penjelasan komponen yang digunakan dalam Desain sistem pendeteksi kebakaran *real-time* menggunakan ESP32-CAM dengan notifikasi bot Telegram.

a) ESP32-S3 WROOM / ESP32-S3 WROOM-CAM berfungsi sebagai pusat pengolahan data dan kamera dalam sistem pendeteksi kebakaran *real-time* . Modul ini mengintegrasikan kemampuan pemrosesan data dengan fitur pengambilan gambar, memungkinkan pengolahan informasi yang diterima dari sensor-sensor, serta pengiriman notifikasi dan gambar kepada pengguna melalui bot Telegram.
b) *Flame* Sensor 5 *Channel* digunakan untuk mendeteksi api di dalam gedung. Sensor ini memiliki kemampuan untuk mendeteksi keberadaan api dengan akurasi tinggi melalui pengukuran cahaya inframerah yang dipancarkan oleh api.
c) Sensor MQ-2 berfungsi untuk mendeteksi polutan gas. Sensor ini mampu mendeteksi berbagai jenis gas, termasuk LPG dan metana, serta asap, sehingga dapat memberikan sinyal kepada sistem saat terdeteksi adanya

konsentrasi gas berbahaya yang mungkin mengindikasikan kebakaran.

d) Pompa Air Mini digunakan untuk memompa air jika terjadi kebakaran. Pompa ini diaktifkan oleh sistem ketika terdeteksi adanya api, bertujuan untuk memberikan penanganan awal dengan menyemprotkan air ke area yang terancam.

e) *Relay* 1 *Channel* berfungsi untuk mengendalikan tegangan yang disuplai ke pompa air mini. Dengan beroperasi sebagai saklar otomatis, *Relay* ini mengatur aliran listrik ke pompa berdasarkan perintah dari ESP32, memastikan pompa dapat dihidupkan saat diperlukan.

f) *Buzzer* berfungsi sebagai notifikasi fisik dengan menghasilkan bunyi jika terjadi kebakaran.

g) LED digunakan sebagai notifikasi fisik berupa lampu yang menyala. LED akan menyala saat terdeteksi adanya api atau gas.

h) Internet berfungsi sebagai penghubung antara mikrokontroler dan aplikasi yang digunakan oleh pengguna. Melalui koneksi internet, mikrokontroler dapat mengirim dan menerima data secara *real-time* , memungkinkan interaksi antara sistem dan pengguna dengan lebih efektif dan efisien.

i) Telegram berfungsi sebagai platform notifikasi untuk memberikan informasi *real-time* kepada pengguna saat terjadi kebakaran. Selain sebagai *Output*, Telegram juga dapat berfungsi sebagai input dengan menyediakan kontrol jarak jauh, seperti tombol Ambil Foto, Alarm OFF, atau perintah manual melalui chat untuk meminta gambar dari kamera yang terpasang pada gedung.

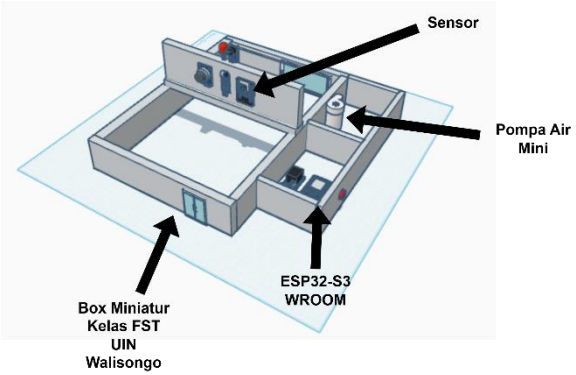
Desain alat pendeteksi kebakaran *real-time* menggunakan ESP32-CAM dengan notifikasi bot Telegram yang dirancang adalah sebagai berikut:

a) Box miniatur ruang kelas berfungsi sebagai tempat untuk menempatkan

mikrokontroler, sensor, dan relay, sekaligus sebagai simulasi sistem dalam kondisi nyata. Box ini tidak hanya melindungi perangkat elektronik dari risiko konsleting, tetapi juga memungkinkan pengujian sistem dalam skala kecil yang menyerupai kondisi sebenarnya. Box ini dibuat dengan menyamai ukuran ruang kelas di Gedung FST UIN Walisongo Semarang dengan perbandingan 1:20, dengan ukuran box 37 cm x 28 cm.

b) Pompa Air Mini digunakan untuk memompa air jika terjadi kebakaran.

c) Ember digunakan sebagai tempat penyimpanan air dari pompa mini.



Gambar 3.8 Skema Desain Alat

2) *Desain Tampilan Antarmuka Bot Telegram*

Aplikasi Telegram merupakan salah satu platform yang dapat digunakan dalam implementasi IoT. Aplikasi ini dapat diunduh secara gratis untuk perangkat Android, iOS, maupun PC, dan penggunaannya relatif mudah, bahkan bagi pemula. Setelah aplikasi Telegram diunduh dan diinstal, pengguna perlu melakukan registrasi untuk membuat akun menggunakan nomor ponsel.

Setelah akun berhasil dibuat, pengguna dapat membuat bot Telegram menggunakan layanan BotFather. BotFather memungkinkan pengguna memberikan nama bot sesuai keinginan. Setelah nama bot ditetapkan, pengguna akan mendapatkan token berupa kombinasi acak angka dan huruf. Token ini berfungsi sebagai autentikasi dan penghubung antara perangkat mikrokontroler dengan bot Telegram yang telah dibuat. Untuk mengirimkan notifikasi kebakaran, pengguna perlu mengetahui chat ID (bot ID) pengguna yang akan menerima notifikasi. Chat ID ini dapat diperoleh melalui interaksi

dengan bot atau menggunakan API Telegram untuk mengambil data percakapan yang masuk. Dengan demikian, bot akan dapat mengirimkan notifikasi kebakaran kepada pengguna yang telah ditentukan.

Desain aplikasi bot Telegram untuk sistem dapat dilihat pada Gambar 3.9 berikut.

Gambar 3.9 Desain Tampilan Antarmuka Bot Telegram

Aplikasi Telegram bot yang dibuat dilengkapi dengan tombol perintah untuk memudahkan pengguna dalam mengirim perintah ke ESP32-S3 WROOM-CAM, sehingga pengguna tidak perlu mengetik perintah yang diinginkan.

3. Development

a. Pengembangan perangkat keras

Pengembangan perangkat keras bertujuan untuk mendeteksi kebakaran secara *real-time* menggunakan ESP32-S3 WROOM-CAM. Sistem ini dilengkapi dengan *Flame* Sensor 5 *Channel* untuk mendeteksi keberadaan api dan Sensor MQ-2 untuk mendeteksi gas berbahaya sebagai indikasi kebakaran. Sinyal dari kedua sensor dikirimkan ke ESP32 untuk dianalisis. Jika ada indikasi kebakaran, ESP32 mengaktifkan LED dan buzzer sebagai peringatan visual dan suara.

Selain itu, sistem menggunakan Relay Modul sebagai saklar otomatis untuk mengaktifkan perangkat eksternal, seperti pompa air, yang membantu meredam api. Sistem ini juga terhubung ke Telegram untuk mengirim

notifikasi kebakaran secara *real-time* kepada pengguna. Melalui bot Telegram, pengguna dapat memantau kondisi lokasi, mematikan alarm, atau mengambil foto menggunakan kamera ESP32, yang memberikan kontrol jarak.

Untuk mensimulasikan sistem ini dalam skala kecil, peneliti juga mengembangkan miniatur ruang kelas yang merepresentasikan kondisi kebakaran, meskipun dalam skala yang lebih kecil namun tetap mencerminkan keadaan aslinya. Miniatur ini berupa satu sampel ruang kelas di Gedung FST UIN Walisongo Semarang yang akan digunakan untuk mensimulasikan sistem pendeteksi kebakaran secara praktis. Simulasi ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang lebih jelas tentang bagaimana sistem bekerja di dunia nyata.

b. Pengembangan perangkat lunak

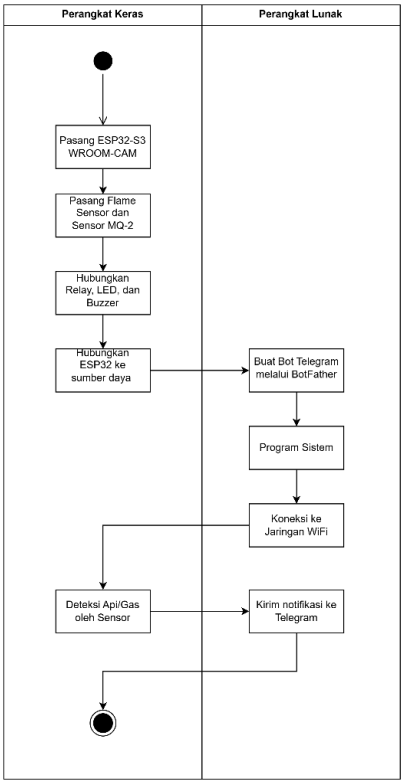
Pengembangan perangkat lunak melibatkan integrasi bot Telegram yang dibuat melalui layanan *BotFather*. Setelah mengunduh dan mendaftarkan akun di Telegram, pengguna membuat bot untuk menerima dan mengirim notifikasi kebakaran. Bot ini dihubungkan

dengan ESP32-S3 menggunakan token autentikasi dari *BotFather*.

Bot Telegram dilengkapi dengan perintah yang memudahkan pengguna untuk mengontrol perangkat, seperti mengambil foto atau memeriksa status sistem, tanpa perlu mengetik perintah manual. Sistem ini memungkinkan pengguna mendapatkan notifikasi kebakaran secara *real-time* dan memberikan kontrol jarak jauh melalui Telegram.

4. Implementation

Implementasi sistem pendeteksi kebakaran *real-time* ini mencakup integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak agar berfungsi sesuai dengan tujuan sistem. Tahapan ini melibatkan pengaturan komponen-komponen perangkat keras seperti ESP32-S3 WROOM-CAM, *Flame* Sensor 5 *Channel*, Sensor MQ-2, relay modul, LED, buzzer, dan bot Telegram untuk notifikasi. Berikut adalah activity diagram yang menggambarkan alur integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak dalam sistem ini.



Gambar 3.10 Activity Diagram Sistem

a. Pengaturan Perangkat Keras

Modul ESP32-S3 WROOM dilengkapi dengan kamera yang dapat mengambil gambar. ESP32-S3 bertindak sebagai pusat kendali utama. *Flame* Sensor 5 *Channel* dipasang untuk mendeteksi api dan akan mengirimkan sinyal ke ESP32 jika api terdeteksi. Selain itu, Sensor MQ-2

digunakan untuk mendeteksi gas berbahaya di udara sebagai tanda kebakaran. Sinyal dari kedua sensor ini dianalisis oleh ESP32 untuk menentukan adanya potensi bahaya kebakaran.

Relay modul terhubung dengan perangkat eksternal, seperti pompa air, yang dapat diaktifkan secara otomatis oleh ESP32 saat kebakaran terdeteksi. Selain itu, LED dan buzzer diaktifkan sebagai peringatan visual dan suara di lokasi sebelum notifikasi dikirim ke pengguna.

b. *Integrasi Perangkat Lunak*

Setelah sistem dinyalakan, ESP32 terhubung ke jaringan WiFi untuk mengakses internet. Bot Telegram yang dibuat melalui *BotFather* dihubungkan dengan ESP32 menggunakan token autentikasi untuk menerima dan mengirim pesan notifikasi. Ketika *Flame* Sensor atau Sensor MQ-2 mendeteksi tanda kebakaran, ESP32 secara otomatis mengirim notifikasi ke bot Telegram, yang berisi status deteksi dan dapat disertai foto dari kamera sebagai bukti visual.

Pengguna dapat mengakses bot Telegram untuk mengontrol sistem, seperti mematikan alarm atau mengambil foto untuk memantau

kondisi terkini. Bot Telegram dilengkapi dengan tombol perintah yang memudahkan pengguna untuk melakukan kontrol tanpa perlu mengetik perintah manual.

5. Evaluation

a. Pengujian Flame Sensor 5 Channel

Pengujian *Flame* Sensor 5 *Channel* dilakukan untuk mengukur sensitivitas sensor dalam mendeteksi api dari 5 sensor dan ukuran nyala, serta jarak 5 cm, 10 cm, dan 20 cm, cm, 30 cm, hinga 50 cm. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sumber api kecil, yaitu api dari satu buah lilin, serta sumber api besar, yaitu nyala lilin besar atau tiga buah lilin. Hasil pengujian dibandingkan dengan tegangan keluaran (VCD) dan respons perangkat output, berupa buzzer dan LED yang berfungsi sebagai indikator kebakaran, serta relay yang diaktifkan untuk menyalakan sistem pemompaan air.

b. Pengujian Sensor MQ-2

Pengujian Sensor MQ-2 dilakukan untuk mengukur sensitivitas sensor dalam mendeteksi keberadaan gas berbahaya, yaitu asap dan gas mudah terbakar. Asap yang diuji berasal dari

hasil pembakaran kertas tisu, sedangkan gas yang diuji berasal dari gas bensol pada korek api. Hasil pengujian dibandingkan dengan tegangan keluaran (VCD), nilai ADC (Analog to Digital Converter), dan respons perangkat output, seperti buzzer dan LED yang berfungsi sebagai indikator peringatan dini kebakaran.

c. *Pengujian Kamera*

Pengujian kamera pada modul ESP32-S3 WROOM-CAM dilakukan untuk memastikan bahwa sistem mampu mengambil dan mengirimkan gambar melalui bot Telegram secara andal dalam berbagai skenario. Pengujian meliputi pengambilan foto secara manual, saat terdeteksi api, saat terdeteksi asap, pengambilan foto secara berurutan sebanyak lima kali, serta pengambilan foto secara bersamaan oleh tiga pengguna (chat ID) yang berbeda. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa fitur pemantauan visual jarak jauh berjalan dengan baik dan responsif, serta mampu memberikan informasi visual secara *real-time* kepada pengguna saat terjadi kondisi darurat seperti kebakaran atau kebocoran gas.

d. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem bertujuan memastikan bahwa semua komponen terintegrasi dengan baik dalam mendeteksi kebakaran dan mengirimkan notifikasi secara *real-time* . Pengujian ini meliputi simulasi kebakaran dengan api dan gas, pengiriman foto, serta pemeriksaan respons LED, buzzer, relay, dan notifikasi yang dikirimkan oleh bot Telegram.

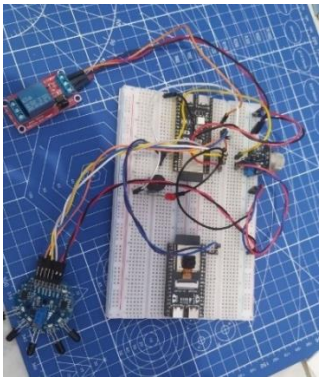
BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan menjelaskan hasil perancangan dan pembahasan pengujian pada prototipe sistem yang telah dibuat. Pengujian dilakukan untuk mengetahui hasil perancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang telah dibuat.

A. Implementation

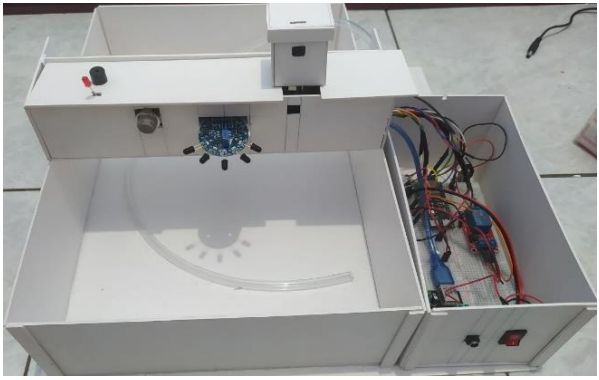
1. Pengaturan Perangkat Keras

Hal yang pertama dilakukan adalah memasang semua komponen sistem ke dalam satu rangkaian. Komponen yang digunakan berupa, ESP32 S3 Cam, sensor MQ-2, sensor api 5 *Channel*, LED merah, buzzer, relay, papan pcb, dan kabel jumper untuk menghubungkan antar komponen.



Gambar 4.1 Komponen sistem

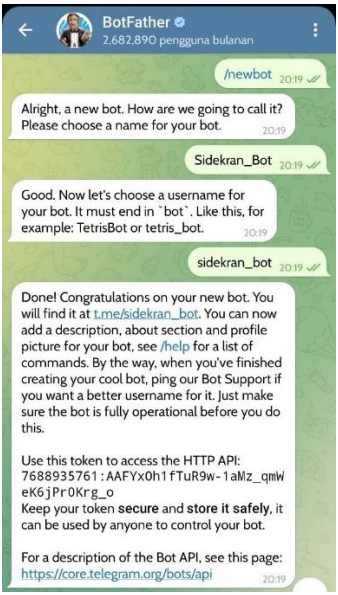
Setelah komponen terhubung semuanya, selanjutnya dapat dipasang ke miniatur yang sudah dibuat dengan menambahkan pipa dan pompa air mini yang dihubungkan ke relay.



Gambar 4.2 Miniatur Sistem

2. Integrasi Perangkat Lunak

Langkah pertama dalam pembuatan bot Telegram adalah membuat token bot melalui BotFather. Setelah itu, beri nama bot Telegram yang ingin dibuat. Setelah bot berhasil dibuat, bot tersebut sudah dapat diakses. Token yang diberikan oleh BotFather digunakan untuk mengintegrasikan sistem mikrokontroler ESP32-S3 dengan bot Telegram, dan nantinya token ini akan dimasukkan ke dalam kode program.



Gambar 4.3 Membuat Bot Telegram dari BotFather

Selanjutnya pengkodingan mikrokontroler yang digunakan dalam sistem. Terdapat dua mikrokontroler yang digunakan yaitu ESP32 S3 dan ESP32 S3 CAM yang artinya terdapat dua kodingan untuk masing-masing mikrokontroler. ESP32 S3 mengirimkan komunikasi serial ke mikrokontroler utama yaitu ESP32 S3 CAM.

a. Inisialisasi WiFi dan Bot Telegram

```
// === WIFI & TELEGRAM CONFIG ===
const char* ssid = "mandi";
const char* password = "sudahmandi";
String botToken = "7660602966:AAGDjtLf7xcbHYIj0BxJDp-o0IgUuX1bNIs";
```

Gambar 4.4 Program inisialisasi wifi dan Telegram

Potongan kode tersebut berfungsi untuk mengatur koneksi WiFi dan bot Telegram, di mana ssid dan password digunakan untuk menyambungkan ESP32-S3 ke jaringan WiFi, sedangkan botToken merupakan token autentikasi dengan bot Telegram.

b. Deteksi Api

```
if (flameValue == HIGH) {
Serial.println("🚨🔥 API TERDETEKSI!");
digitalWrite(LED_RED, HIGH);
digitalWrite(BUZZER, HIGH);
digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);  // Aktifkan pompa
status = "FIRE";
```

Gambar 4.5 Program deteksi api

Jika sensor *Flame* mendeteksi api (*Flame*Value == HIGH), maka sistem akan menampilkan peringatan di Serial Monitor, menyalakan LED merah sebagai indikator, mengaktifkan buzzer sebagai alarm, menyalakan pompa air melalui relay, dan mengubah status menjadi "FIRE" untuk menandakan adanya kebakaran.

c. Deteksi Asap dan Gas

```
} else if (gasValue > GAS_THRESHOLD) {
  Serial.println("🚨💨 GAS/ASAP TERDETEKSI!");
  digitalWrite(LED_RED, HIGH);
  digitalWrite(BUZZER, HIGH);
  digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);  // Pompa tidak aktif hanya karena gas
  status = "GAS";
```

Gambar 4.6 Program deteski asap dan gas

Jika sensor MQ-2 mendeteksi gas melebihi ambang batas, sistem akan menampilkan peringatan di Serial Monitor, menyalakan LED merah dan buzzer, tetapi tidak mengaktifkan pompa, serta mengubah status menjadi "GAS".

d. Permintaan Foto

```
// === KIRIM FOTO TELEGRAM ===
void sendPhotoTelegram(String target_chat_id) {
  camera_fb_t *fb = esp_camera_fb_get();
  if (!fb) {
    Serial.println("🚨 Gagal ambil gambar!");
    return;
  }

  client.setInsecure();
  if (client.connect("api.telegram.org", 443)) {
    String head = "--AaB03x\r\nContent-Disposition: form-data; name=\"chat_id\"\r\n\r\n" + target_chat_id +
    String tail = "\r\n--AaB03x--\r\n";

    uint32_t imageLen = fb->len;
    uint32_t totalLen = head.length() + imageLen + tail.length();

    client.println("POST /bot" + botToken + "/sendPhoto HTTP/1.1");
    client.println("Host: api.telegram.org");
    client.println("Content-Type: multipart/form-data; boundary=AaB03x");
    client.println("Content-Length: " + String(totalLen));
    client.println("Connection: close\r\n");

    client.print(head);
    client.write(fb->buf, imageLen);
    client.print(tail);
  }
  esp_camera_fb_return(fb);
  client.stop();
}
```

Gambar 4.7 Program permintaan foto

Fungsi sendPhotoTelegram mengambil foto menggunakan kamera ESP32, lalu mengirimkannya ke bot Telegram melalui koneksi HTTPS menggunakan WiFiClientSecure. Foto dikirim sebagai data multipart/form-data ke endpoint sendPhoto milik Telegram API. Jika pengambilan foto gagal, fungsi akan keluar tanpa mengirimkan apa pun.

e. Mengirim Data Ke Bot Telegram

```
// === BACA SERIAL DARI ESP32 S3 ===
void readSerialESP8266() {
  while (Serial.available()) {
    char c = Serial.read();
    if (c == '\n') {
      serialData.trim();
      Serial.println("🔔 Data dari ESP8266: " + serialData);
      if (serialData.startsWith("DATA:")) {
        lastSensorData = serialData;
        String status = serialData.substring(serialData.lastIndexOf(',') + 1);
        if (status != lastStatus) {
          if (status == "FIRE" || status == "GAS") {
            for (int i = 0; i < chat_count; i++) {
              sendMessage(chat_ids[i], "🚨 PERINGATAN BAHAYA: " + status);
              sendPhotoTelegram(chat_ids[i]);
            }
          }
          else if (status == "NORMAL") {
            for (int i = 0; i < chat_count; i++) {
              sendMessage(chat_ids[i], "✅ Kondisi kembali NORMAL");
            }
          }
          lastStatus = status;
        }
      }
      serialData = "";
    } else serialData += c;
  }
}
```

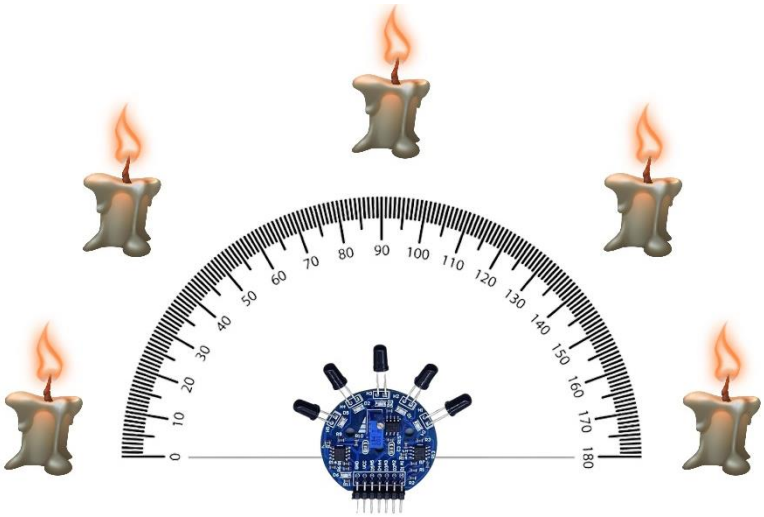
Gambar 4.8 Program mengirim data ke bot telegram

Fungsi ini membaca data dari port serial yang dikirim oleh ESP32S3. Jika data diawali dengan "DATA:", maka akan diproses untuk mengecek status terakhir (FIRE, GAS, atau NORMAL). Jika terjadi perubahan status, sistem akan mengirim pesan notifikasi (dan foto jika darurat) ke semua chat ID Telegram yang tersimpan.

B. Evaluation

1. Pengujian *Flame* Sensor 5 *Channel*

Pengujian *Flame* Sensor 5 *Channel* dilakukan untuk mengukur sensitivitas sensor dalam mendeteksi api dalam berbagai besaran. Hasil pengujian ini kemudian dibandingkan dengan respons perangkat output, seperti buzzer atau LED yang berfungsi sebagai indikator kebakaran, serta relay yang menyala untuk mengaktifkan sistem pemompaan air. Pengujian ini diharapkan dapat mengetahui kemampuan sensor dalam mendeteksi api.

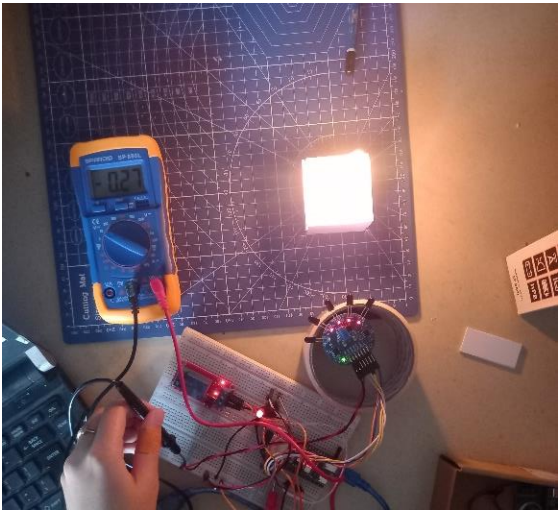


Gambar 4.9 Sudut Pengujian Flame sensor 5 channel

Skenario pengujian sensor berupa jarak dari 5 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm, dan 50 cm. Dengan sudut ukur 0°, 45°, 90°, 135°, dan 180°. Besaran api yang digunakan yaitu api kecil dan api bear, di mana api kecil menggunakan satu buah lilin dan api besar menggunakan tiga buah lilin. Berikut adalah hasil pengujiannya:

a. Pengujian Api Kecil

Pengujian *Flame* sensor 5 *channel* dengan api kecil menggunakan satu buah lilin. Pengujian dilakukan di ruang tamu dengan pencahayaan minim. Berikut hasil pengujian *Flame* sensor 5 *channel* dengan api kecil berupa satu buah lilin.



Gambar 4.10 Pengujian Flame sensor dengan api kecil

Tabel 4.1 Pengujian Flame sensor 5 channel dengan api kecil

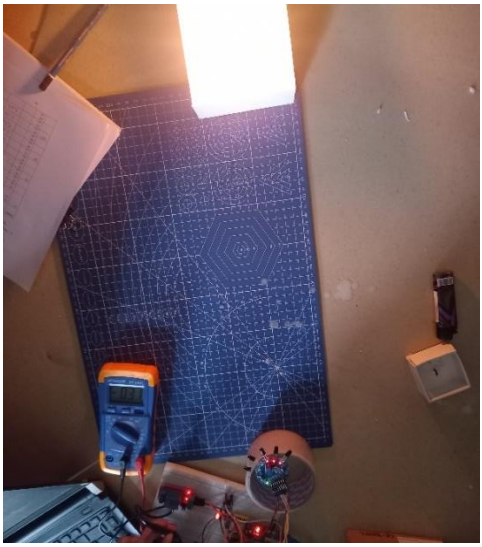
Jarak	Sudut	Alarm	Relay
5 cm	0°	Aktif	Aktif
	45°	Aktif	Aktif
	90°	Aktif	Aktif
	135°	Aktif	Aktif
	180°	Aktif	Aktif
10 cm	0°	Aktif	Aktif
	45°	Aktif	Aktif
	90°	Aktif	Aktif
	135°	Aktif	Aktif
	180°	Aktif	Aktif
20 cm	0°	Aktif	Aktif
	45°	Aktif	Aktif
	90°	Aktif	Aktif
	135°	Aktif	Aktif
	180°	Aktif	Aktif
30 cm	0°	Tidak	Tidak
	45°	Aktif	Aktif
	90°	Aktif	Aktif
	135°	Aktif	Aktif
	180°	Tidak	Tidak
50 cm	0°	Tidak	Tidak
	45°	Aktif	Aktif
	90°	Aktif	Aktif
	135°	Aktif	Aktif
	180°	Tidak	Tidak

Pengujian menunjukkan *Flame* sensor 5 *channel* di atas dapat mendeteksi api kecil berupa satu buah lilin pada jarak hingga 20 cm di semua sudut, terutama sudut tengah (45°–135°). Pada jarak 30 cm hingga 50 cm, deteksi menurun pada

sudut ekstrem (0° dan 180°). Meski demikian, implementasi sensor ini di ruangan nyata masih belum sepenuhnya efektif untuk deteksi dini kebakaran. Sensor hanya dapat mendeteksi api yang berada dalam jangkauan langsung, sehingga api harus cukup dekat atau cukup besar untuk terdeteksi.

b. Pengujian Api Besar

Pengujian *Flame* sensor 5 *channel* dengan api besar menggunakan tiga buah lilin. Pengujian dilakukan di ruang tamu dengan pencahayaan minim. Berikut hasil pengujian *Flame* sensor 5 *channel* dengan api besar berupa tiga buah lilin.



Gambar 4.11 Pengujian Flame sensor dengan api besar

Tabel 4.2 Pengujian Flame sensor 5 channel dengan api besar

Jarak	Sudut	Alarm	Relay
5 cm	0°	Aktif	Aktif
	45°	Aktif	Aktif
	90°	Aktif	Aktif
	135°	Aktif	Aktif
	180°	Aktif	Aktif
10 cm	0°	Aktif	Aktif
	45°	Aktif	Aktif
	90°	Aktif	Aktif
	135°	Aktif	Aktif
	180°	Aktif	Aktif
20 cm	0°	Aktif	Aktif
	45°	Aktif	Aktif
	90°	Aktif	Aktif
	135°	Aktif	Aktif
	180°	Aktif	Aktif
30 cm	0°	Aktif	Aktif
	45°	Aktif	Aktif
	90°	Aktif	Aktif
	135°	Aktif	Aktif
	180°	Aktif	Aktif
50 cm	0°	Tidak	Tidak
	45°	Aktif	Aktif
	90°	Aktif	Aktif
	135°	Aktif	Aktif
	180°	Tidak	Tidak

Pengujian menunjukkan *Flame* sensor 5 *channel* di atas efektif mendeteksi api besar pada jarak hingga 30 cm di semua sudut, terutama sudut tengah (45°–135°). Pada jarak 50 cm, deteksi

menurun pada sudut ekstrem (0° dan 180°). Meski demikian, implementasi sensor ini di ruangan nyata masih belum sepenuhnya efektif untuk deteksi dini kebakaran. Sensor hanya dapat mendeteksi api yang berada dalam jangkauan langsung, sehingga api harus cukup dekat atau cukup besar untuk terdeteksi.

2. Pengujian Sensor MQ-2

Pengujian Sensor MQ-2 dilakukan untuk mengukur sensitivitas sensor dalam mendeteksi keberadaan gas berbahaya. Hasil pengujian ini kemudian dibandingkan dengan respons perangkat output. Sensor melakukan kalibrasi setiap 1 menit dengan menggunakan threshold nilai ADC(Analog Digital Converter). Skema algoritma kalibrasi dapat dilihat pada rumus berikut:

$$\text{RATA-RATA} = \frac{sum}{numSamples}$$

$$\text{GAS_ THRESHOLD} = (\text{RATA} - \text{RATA} \times 0.05) + \text{RATA-RATA}$$

Dimana:

sum= total nilai analog dari 100

$numSamples$ = 100

0.05= ambang deteksi gas/asap

Perhitungan ini digunakan untuk menentukan ambang deteksi gas atau asap. Pertama, dihitung rata-rata dari 100 sampel data analog $\frac{sum}{numSamples}$ Lalu, ambang batas (GAS_THRESHOLD) ditentukan dengan menambahkan 5% dari nilai rata-rata tersebut, semakin kecil nilai ambang batas yang digunakan maka sensor akan lebih sensitif dalam mendeteksi gas. Jika pembacaan sensor melebihi ambang ini, berarti terdeteksi adanya gas.

Pengujian sensor MQ-2 tidak dilakukan dengan alat pembanding karena keterbatasan mendapatkan alat ukur standar. Untuk itu, pengujian dilakukan dengan mengacu pada dataset dari sensor MQ-2.

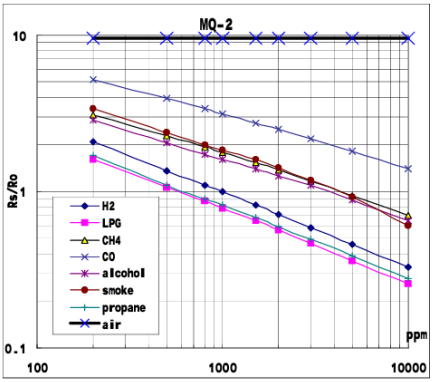


Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-2 for several gases.
in their: Temp: 20℃、
Humidity: 65%、
O_2 concentration 21%
RL=5kΩ
Ro: sensor resistance at 1000ppm of H_2 in the clean air.
Rs:sensor resistance at various concentrations of gases.

Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-2

Gambar 4.12 Dataset sensor MQ-2

Dalam gambar dataset sensor MQ-2 di atas dapat diketahui karakteristik dan sensitifitas pada

berbagai macam jenis gas. Dari beberapa jenis gas tersebut jenis LPG dan asap(smoke) yang akan diujikan dalam pengujian sensor MQ-2 ini.

Selama pengujian, diamati kenaikan nilai ADC (Analog to Digital Converter) pada mikrokontroler, yang menunjukkan peningkatan konsentrasi asap maupun gas LPG. Ketika nilai ADC melebihi ambang batas tertentu, alarm aktif sebagai indikator deteksi. Nilai ADC tersebut kemudian dikonversi menjadi tegangan keluaran (VDC – Voltage Direct Current) menggunakan rumus:

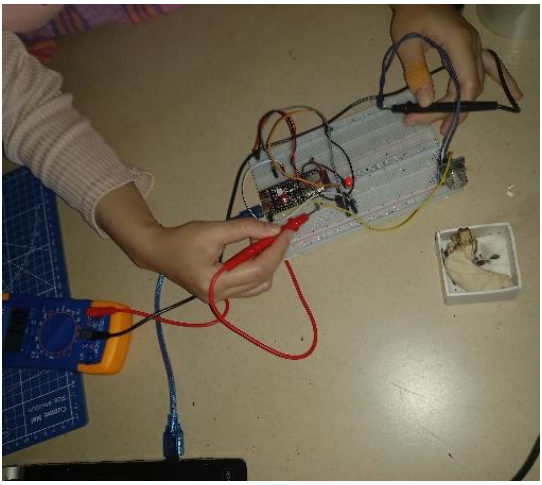
$$\text{VDC} = \frac{ADC}{4095} \times 3{,}3\text{V}$$

Dimana:
ADC = hasil pembacaan dari nilai analog sensor (nilai antara 0 – 4095)
4095 = nilai maksimum ADC 12-bit ESP32-S3
3,3V = tegangan yang digunakan

a. Pengujian Asap

Pengujian sensor MQ-2 dilakukan dengan menggunakan jenis gas berupa asap (smoke). Asap dihasilkan dari proses pembakaran tisu,

kemudian didekatkan ke sensor. Berikut hasil pengujiannya:



Gambar 4.13 Pengujian MQ-2 dengan asap

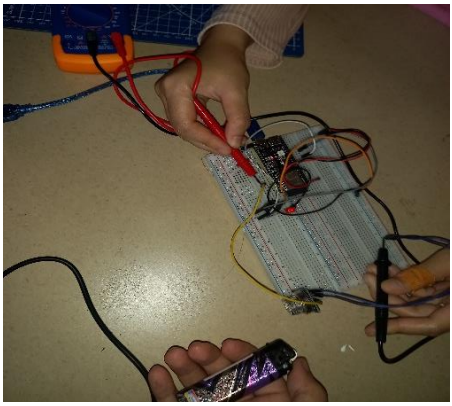
Tabel 4.3 Pengujian MQ-2 dengan asap

Pengujian	**Tegangan Keluaran (VDC)**	**Nilai ADC**	**Alarm**
1.	2,06	2565	Aktif
2.	2,18	2713	Aktif
3.	1,75	2173	Aktif
4.	1,63	2019	Aktif
5.	1,68	2085	Aktif
6.	1,91	2375	Aktif
7.	2,22	2761	Aktif
8.	2,46	3058	Aktif
9.	2,33	2893	Aktif
10.	1,88	2341	Aktif

Pengujian sensor MQ-2 dengan asap di sebelumnya menunjukkan bahwa seluruh percobaan berhasil mendeteksi keberadaan asap. Nilai ADC berkisar antara 2019 hingga 3058, dengan tegangan keluaran 1,63 V hingga 2,46 V. Hal ini membuktikan bahwa sensor MQ-2 mampu mendeteksi asap secara konsisten dan memicu alarm saat mendeteksi peningkatan konsentrasi gas.

b. Pengujian Gas LPG

Pengujian sensor MQ-2 dilakukan dengan menggunakan jenis gas berupa gas LPG. Gas ini dihasilkan dari bensol pada korek api, kemudian didekatkan ke sensor. Berikut hasil pengujiannya:



Gambar 4.14 Pengujian MQ-2 dengan gas LPG

Tabel 4.4 Pengujian MQ-2 dengan gas LPG

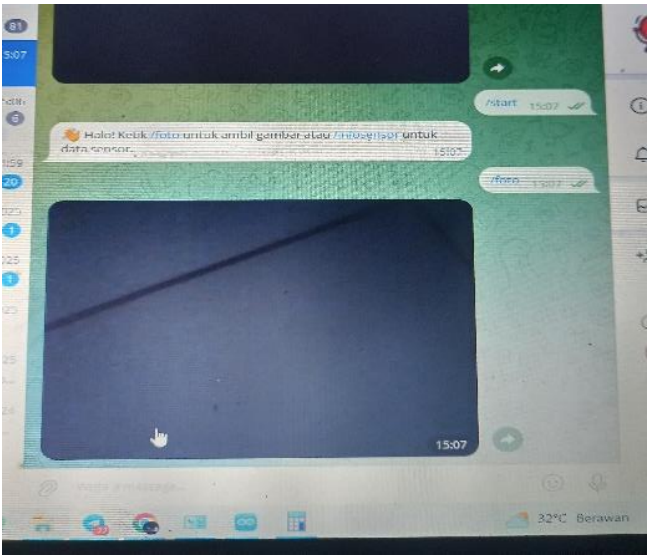
Pengujian	Tegangan Keluaran (VDC)	Nilai ADC	Alarm
1.	1,58	1961	Aktif
2.	1,69	2105	Aktif
3.	1,83	2275	Aktif
4.	1,8	2245	Aktif
5.	1,71	2125	Aktif
6.	1,79	2229	Aktif
7.	1,66	2063	Aktif
8.	1,7	2111	Aktif
9.	1,71	2123	Aktif
10.	1,59	1981	Aktif

Pengujian sensor MQ-2 terhadap gas di atas menunjukkan bahwa seluruh percobaan berhasil memicu alarm. Nilai ADC berada pada rentang 1961 hingga 2275, dengan tegangan keluaran antara 1,58 V hingga 1,83 V. Hasil ini menunjukkan bahwa sensor MQ-2 dapat mendeteksi keberadaan gas dengan baik dan memberikan respons yang konsisten saat konsentrasi gas meningkat.

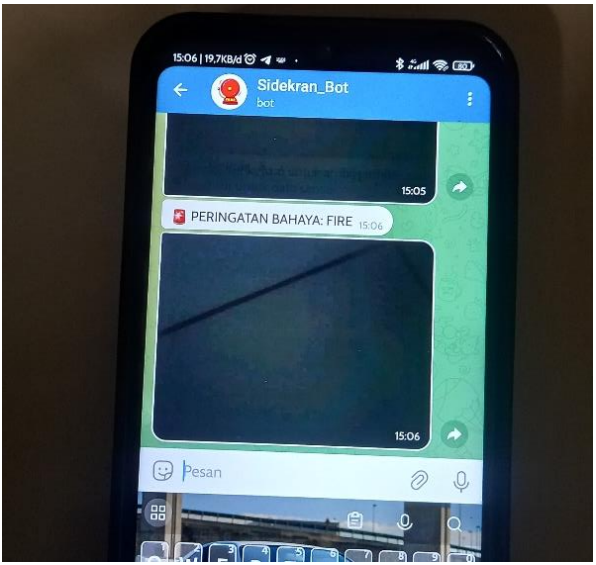
3. Pengujian Kamera

Pengujian kamera ESP32-S3 WROOM-CAM dilakukan untuk memastikan apakah perintah

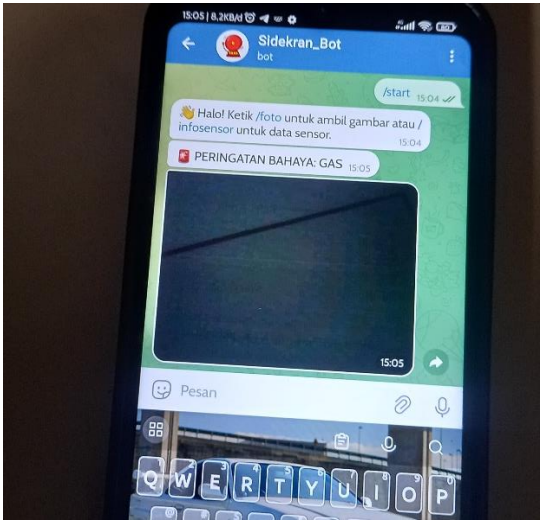
pengambilan gambar yang dikirim melalui bot Telegram berhasil diproses dan gambar tersebut terkirim ke pengguna. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa fungsi pemantauan jarak jauh berjalan dengan baik serta mampu memberikan informasi visual secara *real-time* kepada pengguna saat terjadi kebakaran.



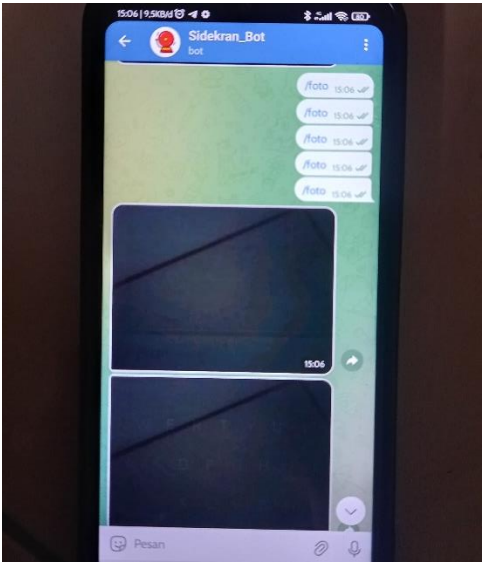
Gambar 4.15 Pengujian kamera ambil foto manual



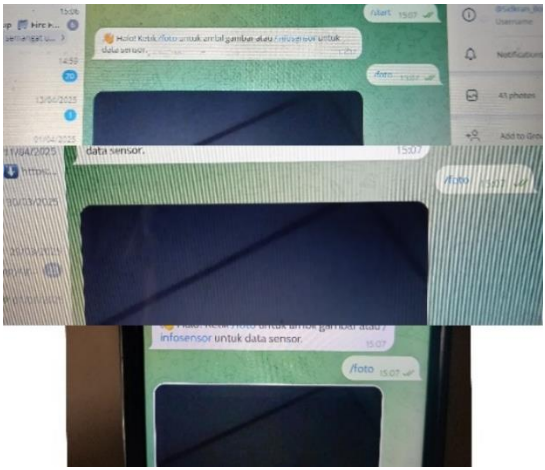
Gambar 4.16 Pengujian kamera saat ada api



Gambar 4.17 Pengujian kamera saat ada gas/asap



Gambar 4.18 Pengujian kamera ambil foto 5 kali berturut-turut



Gambar 4.19 Pengujian kamera dengan 3 chat id berbeda

Tabel 4.5 Pengujian kamera

No.	Jenis Pengujian	Hasil
1.	Ambil foto manual	Foto berhasil dikirim
2.	Ambil foto saat ada api	Foto berhasil dikirim
3.	Ambil foto saat ada asap	Foto berhasil dikirim
4.	Ambil foto 5 kali berturut-turut	Foto berhasil dikirim
5.	Ambil foto bersamaan dengan 3 chat id berbeda	Foto berhasil dikirim

Hasil pengujian kamera di atas menunjukkan fitur pengambilan dan pengiriman foto berfungsi dengan baik dalam berbagai kondisi, termasuk saat terdeteksi api, asap, pengambilan berturut-turut, dan pengiriman ke beberapa chat ID.

4. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem bertujuan untuk memastikan bahwa seluruh komponen terintegrasi dengan baik dalam mendeteksi kebakaran dan mengirim notifikasi secara *real-time* . Pengujian

mencakup simulasi kebakaran menggunakan api dan gas, pengiriman foto melalui kamera, serta pemeriksaan respons LED, buzzer, relay, dan notifikasi yang dikirimkan oleh bot Telegram.

Gambar 4.20 Pengujian deteksi api dan asap sekaligus

Gambar 4.21 Pengujian deteksi api dan gas sekaligus

Gambar 4.22 Pengujian fitur ambil foto

Gambar 4.23 Pengujian fitur info sensor

Tabel 4.6 Pengujian keseluruhan sistem

Jenis Pengujian	Alarm	Relay	Kamera	Bot Telegram	Waktu Respon (detik)
Deteksi Api	Aktif	Aktif	Ambil Foto	Mengirim Pesan dan Foto	7,37
Deteksi Asap	Aktif	Tidak Aktif	Ambil Foto	Mengirim Pesan dan Foto	8,69
Deteksi Gas	Aktif	Tidak Aktif	Ambil Foto	Mengirim Pesan dan Foto	6,69
Deteksi Api dan Asap sekaligus	Aktif	Aktif	Ambil Foto	Mengirim Pesan dan Foto	23,25
Deteksi Api dan Gas sekaligus	Aktif	Aktif	Ambil Foto	Mengirim Pesan dan Foto	23,85
Fitur Ambil Foto	Tidak Aktif	Tidak Aktif	Ambil Foto	Mengirim Foto	5,28
Fitur Info Sensor	Tidak Aktif	Tidak Aktif	Tidak Aktif	Mengirim Pesan	4,41

Tabel 4.6 menunjukkan sistem merespons dengan baik terhadap deteksi api, asap, dan gas, dengan respon dari alarm, kamera, dan pengiriman pesan melalui Telegram. Waktu respon berkisar antara 4 hingga 23 detik tergantung jenis deteksi, dan fitur tambahan seperti foto manual serta info sensor juga berfungsi dengan baik.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Hasil dari penelitian yang telah dilaksanakan oleh peneliti, maka dapat disimpulkan:

1. Sistem Pendeteksi Kebakaran *Real-time* Menggunakan Esp32-Cam Dengan Notifikasi Bot Telegram berupa *prototype* dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Sistem dapat diakses lewat Bot Telegram yang memungkinkan pengguna dapat menerima notifikasi dari mana pun dan kapan pun. Pengguna dapat memantau kondisi gedung dengan menggunakan fitur pada Bot Telegram yaitu ambil foto dan info sensor, alarm LED dan buzzer juga berhasil digunakan sebagai pendeteksi fisik ketika terjadi kebakaran. Pompa air mini juga berhasil digunakan ketika terdeteksi kebakaran.
2. *Flame* sensor 5 *channel* dapat bekerja semestinya, baik dengan api besar maupun kecil sensor bisa mendeteksi api. *Flame* sensor 5 *channel* punya keterbatasan dalam mendeteksi ketika api ada pada sudut 0 derajat dan 180 derajat. Untuk api kecil hanya bisa terdeteksi sampai jarak uji 20 cm sedangkan untuk api besar bisa sampai jarak uji 30 cm. Meski demikian, implementasi sensor

ini di ruangan nyata masih belum sepenuhnya efektif untuk deteksi dini kebakaran. Sensor hanya dapat mendeteksi api yang berada dalam jangkauan langsung, sehingga api harus cukup dekat atau cukup besar untuk terdeteksi. Selain itu, penggunaan sensor ini terbatas di dalam ruangan karena paparan sinar matahari dapat mengganggu kinerjanya.

3. Sensor MQ-2 mampu mendeteksi keberadaan gas berbahaya seperti LPG dan asap, yang ditandai dengan naiknya tegangan output saat terpapar gas atau asap. Namun, kinerja sensor ini dipengaruhi oleh arah angin. Jika asap atau gas tidak langsung menuju sensor, maka meskipun berada dalam jarak dekat, sensor mungkin tidak dapat mendeteksinya secara akurat.
4. Flame sensor 5 channel dan sensor MQ-2 saling melengkapi dalam mendeteksi kebakaran. MQ-2 mendeteksi asap atau gas sebagai indikasi awal, sedangkan flame sensor dan kamera berfungsi sebagai validator untuk memastikan adanya api. Kombinasi ini memungkinkan deteksi kebakaran lebih dini sebelum api membesar.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, peneliti memberikan beberapa saran yang dapat meningkatkan kualitas dan kinerja sistem ini:

1. Penerapan kalibrasi yang lebih akurat untuk sensor MQ-2.
2. Penambahan sensor suhu untuk deteksi kebakaran yang lebih akurat.
3. Pemanfaatan website pada sistem guna monitoring sistem yang lebih mudah.
4. Pengujian yang lebih kompleks untuk lebih mengetahui kemampuan sensor.
5. Merapihkan antar komponen pada sistem dengan menyoldernya pada PCB.

DAFTAR PUSTAKA

Abu-Siada, A., Crebier, J.-C., Gao, Z., Fu, K., Aranda, E. D., Jabbar, M., Baig, A., Tariq Iqbal, M., Jamil, M., & Khan, J. (2023). Blockchain-Based Peer-to-Peer Energy Trading System Using Open-Source Angular Framework and Hypertext Transfer Protocol. *Electronics 2023, Vol. 12, Page 287*, *12*(2), 287. https://doi.org/10.3390/ELECTRONICS12020287

Alerafi, N., Bachtiar, Y., & Sriyanti, R. (2024). *Prototype* Smart Gor Menggunakan Nodemcu Esp8266 Untuk Kontrol Lampu Otomatis. *Jurnal BATIRSI*, *8*(1), 34–39. https://e-journal.stmik-tegal.ac.id/index.php/batirsi/article/view/69

Arief, U. M., Afdam, D. H., Sukamta, S., Dzulfikar, A. M., Yarman, I. N., Widiatningrum, T., Baswara, S. Y., & Prasetya, J. A. (2024). Development of Learning Media for Hydroponic Systems Based on the Internet of Things. *Edu Komputika Journal*, *11*(1), 88–96. https://doi.org/10.15294/EDUKOM.V11I1.10912

Chandra, Y., Radwitya, E., & suwanda, I. (2024). Rancangan Bangun *Prototipe* Monitoring dan Kontrol Pompa Air Pengisian Tandon Air Tempat Wudhu Dengan Sumber Air

Sumur Gali. *Electrical Network Systems and Sources*, *3*(2), 44–48. https://doi.org/10.58466/ENTRIES.V3I2.1619

Fikri, M., Tri Wahyuningtyas, D., Ummah Firdausi, S., & Mahmudi, K. (2024). Insect Trap Light Berbasis Internet Of Thing (Iot) Berbantuan Bot Telegram Untuk Mengatasi Serangan Hama Pada Pertanian. *Jurnal Agro Indragiri*, *9*(2), 67–77. https://doi.org/10.32520/JAI.V9I2.3205

Hafiz, M., & Candra, O. (2021). Perancangan Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis Mikrokontroller dan Aplikasi Map dengan Menggunakan IoT. *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, *7*(1), 53–63. https://doi.org/10.24036/JTEV.V7I1.111420

Hafiz Servo Fadillansyah, M., & Izza Anshory. (2022). Implementasi Home Security And Fire Detection System Berbasis Telegram. *Prosiding Sains Nasional Dan Teknologi*, *12*(1), 520–526. https://doi.org/10.36499/psnst.v12i1.7007

Kevin Pangeran, M., & Subandi. (2024). *Prototype* Sistem Monitoring Dan Pemadam Kebakaran Pada Bengkel Nihon Noss Berbasis Iot. *4th Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi (SENAFTI)*, *3*(1), 261–272.

Kusuma, H. A., Wijaya, S. B., & Nusyirwan, D. (2023). Sistem Keamanan Rumah Berbasis Esp32-Cam Dan Telegram Sebagai Notifikasi. *Infotronik : Jurnal Teknologi Informasi Dan Elektronika*, *8*(1), 30–38. https://doi.org/10.32897/INFOTRONIK.2023.8.1.2291

Kusumo, B., & Ardiansyah, T. (2024). Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis Mikrokontroler Esp32. *JURNAL ELEKTRO*, *12*(1), 48–68. https://doi.org/10.61488/JETRO.V12I1.440

Mahfudh, A. A., Ramadhani, S., & Fathoni, M. A. R. (2021). Sistem Keamanan Ruangan Berbasis Arduino Uno R3 Dengan Sensor PIR dan Fingerprint. *Walisongo Journal of Information Technology*, *3*(2), 95–106. https://doi.org/10.21580/WJIT.2021.3.2.9616

Marintan, S., Hidayat, W., Manurung, J., Nababan, D., & Saragih, F. L. (2024). Kesiapsiagaan Penghuni Apartemen The Reiz Condo Dalam Menghadapi Keadaan Darurat Kebakaran Tahun 2023. *Jurnal Ners*, *8*(1), 901–909. https://doi.org/10.31004/JN.V8I1.27704

Napu, A., Kembuan, O., & Santa, K. (2022). Sistem Peringatan Dan Penanganan Dini Kebakaran Berbasis Internet Of Things(IoT). *JOINTER : Journal of Informatics Engineering*,

3(01), 10–16. https://doi.org/10.53682/JOINTER.V3I01.45

Novaldiyanto Nento, K., Panji Asmara, B., & Nasibu, I. Z. (2021). Rancang Bangun Alat Peringatan Dini Dan Informasi Lokasi Kebakaran Berbasis Arduino Uno. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, *3*(1), 13–18. https://doi.org/10.37905/JJEEE.V3I1.8339

Pramayu, A. P., Rahmawati, H. N., Tantia, A. A., Putra, A. P., & Fauzia, R. N. (2023). Tinjauan Persepsi Penghuni Gedung terhadap Sistem Proteksi Kebakaran di Gedung Y Tahun 2022 sebagai Bagian dari Budaya K3. *Malahayati Nursing Journal*, *5*(3), 670–684. https://doi.org/10.33024/mnj.v5i3.8059

Ramadhan, A., Jamaaluddin, J., Shazana,), & Ayuni, D. (2021). Alat Pendeteksi Dini Kebakaran dan Pemadam Otomatis Dilengkapi dengan Video Streaming Berbasis Internet of Things. *Seminar Nasional Fortei Regional 7*, 645–649.

Ramaswamy, S., & Tripathi, R. (2015). Internet of Things (IoT): A Literature Review. *Journal of Computer and Communications*, *3*, 164–173. https://doi.org/10.4236/jcc.2015.35021

Sabbatini Zürich, M. (2024). *Hardening IoT Devices: An Analysis of the ESP32 Microcontroller* [University of Zurich]. http://www.csg.uzh.ch/

Sairi, A. P., Apriyani, A., Arohmah, L. D., Raden, U., & Palembang, F. (2024). Pembuatan Alat Pompa Air Tenaga Surya untuk Sistem Irigasi Pertanian: Uji Coba di Laboratorium. *Juwara Jurnal Wawasan Dan Aksara*, *4*(1), 160–169. https://doi.org/10.58740/JUWARA.V4I1.99

Sakti, B., Siregar, H. R., & Hafidh. (2018). Rancang Bangun Finer (Fire Point Detector on Isolation Cable) Sebagai Alat Upaya Pencegahan Terjadinya Kebakaran pada Rumah Tinggal. *KITEKTRO: Jurnal Online Teknik Elektro*, *3*(2), 30–38.

Serpanos, D., & Wolf, M. (2018). *Internet-of-Things (IoT) Systems* (1st Edition). Springer.

Shaharuddin, S., Abdul Maulud, K. N., Syed Abdul Rahman, S. A. F., Che Ani, A. I., & Pradhan, B. (2023). The role of IoT sensor in smart building context for indoor fire hazard scenario: A systematic review of interdisciplinary articles. In *Internet of Things (Netherlands)* (Vol. 22). Elsevier B.V. https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100803

Sravani, T., Suryanarayana, G., & Tatavarthy, M. (2020). IoT Based Home Monitoring System [Blekinge Institute of Technology]. In *Bachelor Thesis in Electrical Engineering Dept. of Mathematics and Nature Sciences Blekinge Institute of Technology*. www.bth.se/didd

Waruwu, M. (2024). Metode Penelitian dan Pengembangan (R&D): Konsep, Jenis, Tahapan dan Kelebihan. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, *9*(2), 1220–1230. https://doi.org/10.29303/JIPP.V9I2.2141

LAMPIRAN

Lampiran 1: Lembar Persetujuan Pembimbing

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Proposal Skripsi ini telah disetujui oleh Pembimbing untuk dilaksanakan Seminar Proposal.

Disetujui pada
Hari : Senin
Tanggal : 18 November 2024

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Dr. Masy Ari Ulinuha, M.T.	Adzhal Arwani M, M.Kom.
NIP. 19810812 201101 1007	NIP. 19910703 201903 1006

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknologi Informasi

Dr. Khotibul Umam, S.T., M.Kom.
NIP. 19790827 201101 1007

Lampiran 2: Lembar Pengesahan Proposal

KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Dr. Hamka Ngaliyan Semarang
Telp. 024-7601295 Fax. 7615387

LEMBAR PENGESAHAN

Naskah proposal skripsi berikut ini:

Judul	: **SISTEM PENDETEKSI KEBAKARAN REAL-TIME MENGGUNAKAN ESP32-CAM DENGAN NOTIFIKASI BOT TELEGRAM**
Penulis	: **Ahmad Rafi**
NIM	: 2108096017
Jurusan	: Teknologi Informasi

Telah diujikan dalam seminar proposal skripsi oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang pada Kamis, 12 Desember 2024.

Semarang, 14 Januari 2025

DEWAN PENGUJI

Penguji I,
Hery Mustofa, M.Kom.
NIP. 198703172019031007

Penguji II,
Dr. Masy Ari Ulinuha, M.T.
NIP. 198108122011011007

Penguji III,
Nur Cahyo H.W, S.T., M.Kom.
NIP. 197312222006041001

Penguji IV,
Siti Nur'aini, M.Kom.
NIP. 19840101312018012001

Dipindai dengan CamScanner

Lampiran 3: Lembar Bimbingan Tugas Akhir

Lembar Bimbingan Tugas Akhir

Nama : Ahmad Rafi
NIM : 2108096017
Jurusan : Teknologi Informasi
Judul : Sistem Pendeteksi Kebakaran Real-Time Menggunakan Esp32-Cam Dengan Notifikasi Bot Telegram
Dosen : Dr. Masy Ari Ulinuha, M.T.

Pembimbing I

No.	Tanggal Bimbingan	Rincian Kegiatan Bimbingan	Tanda Tangan Pembimbing
1.	29 Oktober 2024	Bab I, Bab II,dan Bab III	Ok
2.	15 November 2024	Revisi Bab I, Bab II,dan Bab III	Ok
3.	17 April 2025	Perihal penambahan Mikrokontroler	Ok
4.	9 Mei 2025	Bab IV dan Bab V	Ok
5.	22 Mei 2025	Revisi Bab IV dan Bab V	Ok

Lembar Bimbingan Tugas Akhir

Nama : Ahmad Rafi
NIM : 2108096017
Jurusan : Teknologi Informasi
Judul : Sistem Pendeteksi Kebakaran Real-Time Menggunakan Esp32-Cam Dengan Notifikasi Bot Telegram
Dosen : Adzhal Arwani Mahfudz, M.Kom.

Pembimbing II

No.	Tanggal Bimbingan	Rincian Kegiatan Bimbingan	Tanda Tangan Pembimbing
1.	18 November 2024	Bab I, Bab II,dan Bab III	
2.	20 Mei 2025	Bab IV dan Bab V	
3.	22 Mei 2025	Revisi Bab IV dan Bab V	

Lampiran 4: Dataset Mikrokontroler

1 Module Overview

Note:

Check the link or the QR code to make sure that you use the latest version of this document:
https://www.espressif.com/documentation/esp32-s3-wroom-1_wroom-1u_datasheet_en.pdf

1.1 Features

CPU and On-Chip Memory

- ESP32-S3 series of SoCs embedded, Xtensa® dual-core 32-bit LX7 microprocessor (with single precision FPU), up to 240 MHz
- 384 KB ROM
- 512 KB SRAM
- 16 KB SRAM in RTC
- Up to 16 MB PSRAM

Wi-Fi

- 802.11b/g/n
- Bit rate: 802.11n up to 150 Mbps
- A-MPDU and A-MSDU aggregation
- 0.4 μs guard interval support
- Center frequency range of operating channel: 2412 ~ 2484 MHz

Bluetooth

- Bluetooth LE: Bluetooth 5, Bluetooth mesh
- Speed: 125 Kbps, 500 Kbps, 1 Mbps, 2 Mbps
- Advertising extensions
- Multiple advertisement sets
- Channel selection algorithm #2
- Internal co-existence mechanism between Wi-Fi and Bluetooth to share the same antenna

Peripherals

- 36 GPIOs
  - 4 strapping GPIOs
- SPI, LCD interface, Camera interface, UART, I2C, I2S, remote control, pulse counter, LED PWM, full-speed USB 2.0 OTG, USB Serial/JTAG controller, MCPWM, SDIO host controller, GDMA, TWAI® controller (compatible with ISO 11898-1), ADC, touch sensor, temperature sensor, timers and watchdogs

Integrated Components on Module

- 40 MHz crystal oscillator
- Up to 16 MB Quad SPI flash

Antenna Options

- ESP32-S3-WROOM-1: On-board PCB antenna
- ESP32-S3-WROOM-1U: External antenna via a connector

Operating Conditions

- Operating voltage/Power supply: 3.0 ~ 3.6 V
- Operating ambient temperature:
  - 65 °C version: −40 ~ 65 °C
  - 85 °C version: −40 ~ 85 °C
  - 105 °C version: −40 ~ 105 °C

Certification

- RF certification: See certificates
- Green certification: RoHS/REACH

Test

- HTOL/HTSL/uHAST/TCT/ESD

3 Pin Definitions

3.1 Pin Layout

The pin diagram below shows the approximate location of pins on the module. For the actual diagram drawn to scale, please refer to Figure 10.1 *Module Dimensions*.

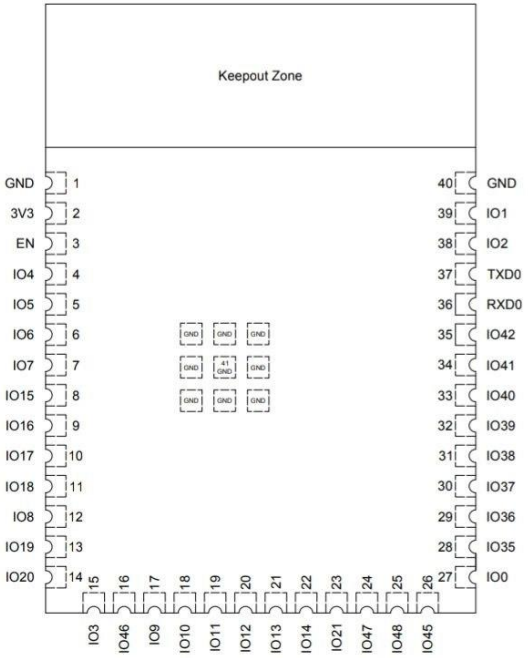


Figure 3: Pin Layout (Top View)

Note A:
The pin diagram is applicable to ESP32-S3-WROOM-1 and ESP32-S3-WROOM-1U, but the latter has no antenna keepout zone.
To learn more about the keepout zone for module's antenna on the base board, please refer to *ESP32-S3 Hardware Design Guidelines* > Section *Positioning a Module on a Base Board*.

3.2 Pin Description

The module has 41 pins. See pin definitions in Table 3 *Pin Definitions*.

For explanations of pin names and function names, as well as configurations of peripheral pins, please refer to *ESP32-S3 Series Datasheet*.

Table 3: Pin Definitions

Name	No.	Type [a]	Function
GND	1	P	GND
3V3	2	P	Power supply
EN	3	I	High: on, enables the chip. Low: off, the chip powers off. Note: Do not leave the EN pin floating.
IO4	4	I/O/T	RTC_GPIO4, **GPIO4**, TOUCH4, ADC1_CH3
IO5	5	I/O/T	RTC_GPIO5, **GPIO5**, TOUCH5, ADC1_CH4
IO6	6	I/O/T	RTC_GPIO6, **GPIO6**, TOUCH6, ADC1_CH5
IO7	7	I/O/T	RTC_GPIO7, **GPIO7**, TOUCH7, ADC1_CH6
IO15	8	I/O/T	RTC_GPIO15, **GPIO15**, U0RTS, ADC2_CH4, XTAL_32K_P
IO16	9	I/O/T	RTC_GPIO16, **GPIO16**, U0CTS, ADC2_CH5, XTAL_32K_N
IO17	10	I/O/T	RTC_GPIO17, **GPIO17**, U1TXD, ADC2_CH6
IO18	11	I/O/T	RTC_GPIO18, **GPIO18**, U1RXD, ADC2_CH7, CLK_OUT3
IO8	12	I/O/T	RTC_GPIO8, **GPIO8**, TOUCH8, ADC1_CH7, SUBSPICS1
IO19	13	I/O/T	RTC_GPIO19, GPIO19, U1RTS, ADC2_CH8, CLK_OUT2, **USB_D-**
IO20	14	I/O/T	RTC_GPIO20, GPIO20, U1CTS, ADC2_CH9, CLK_OUT1, **USB_D+**
IO3	15	I/O/T	RTC_GPIO3, **GPIO3**, TOUCH3, ADC1_CH2
IO46	16	I/O/T	**GPIO46**
IO9	17	I/O/T	RTC_GPIO9, **GPIO9**, TOUCH9, ADC1_CH8, FSPIHD, SUBSPIHD
IO10	18	I/O/T	RTC_GPIO10, **GPIO10**, TOUCH10, ADC1_CH9, FSPICS0, FSPIIO4, SUBSPICS0
IO11	19	I/O/T	RTC_GPIO11, **GPIO11**, TOUCH11, ADC2_CH0, FSPID, FSPIIO5, SUBSPID
IO12	20	I/O/T	RTC_GPIO12, **GPIO12**, TOUCH12, ADC2_CH1, FSPICLK, FSPIIO6, SUBSPICLK
IO13	21	I/O/T	RTC_GPIO13, **GPIO13**, TOUCH13, ADC2_CH2, FSPIQ, FSPIIO7, SUBSPIQ
IO14	22	I/O/T	RTC_GPIO14, **GPIO14**, TOUCH14, ADC2_CH3, FSPIWP, FSPIDQS, SUBSPIWP
IO21	23	I/O/T	RTC_GPIO21, **GPIO21**
IO47 [c]	24	I/O/T	SPICLK_P_DIFF,**GPIO47**, SUBSPICLK_P_DIFF
IO48 [c]	25	I/O/T	SPICLK_N_DIFF,**GPIO48**, SUBSPICLK_N_DIFF
IO45	26	I/O/T	**GPIO45**
IO0	27	I/O/T	RTC_GPIO0, **GPIO0**
IO35 [b]	28	I/O/T	SPIIO6, **GPIO35**, FSPID, SUBSPID
IO36 [b]	29	I/O/T	SPIIO7, **GPIO36**, FSPICLK, SUBSPICLK
IO37 [b]	30	I/O/T	SPIDQS, **GPIO37**, FSPIQ, SUBSPIQ
IO38	31	I/O/T	**GPIO38**, FSPIWP, SUBSPIWP

Cont'd on next page

Table 3 – cont'd from previous page

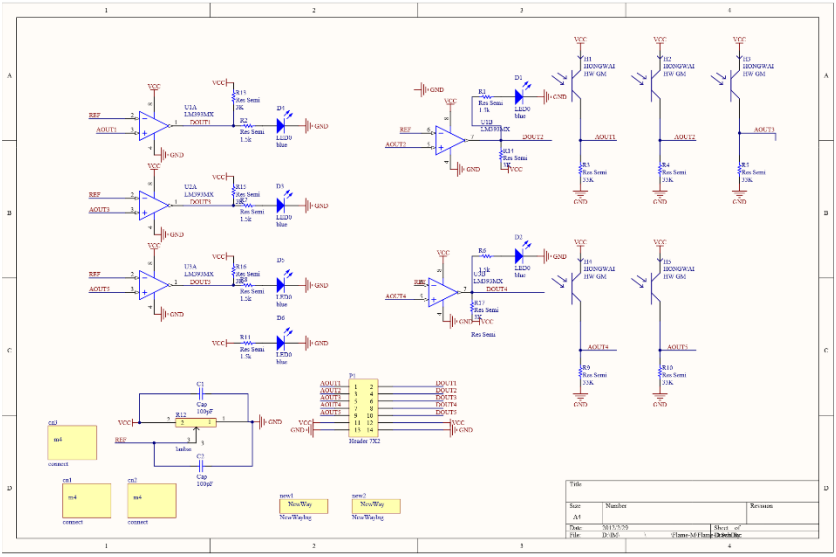
Name	No.	Type [a]	Function
IO39	32	I/O/T	**MTCK**, GPIO39, CLK_OUT3, SUBSPICS1
IO40	33	I/O/T	**MTDO**, GPIO40, CLK_OUT2
IO41	34	I/O/T	**MTDI**, GPIO41, CLK_OUT1
IO42	35	I/O/T	**MTMS**, GPIO42
RXD0	36	I/O/T	**U0RXD**, GPIO44, CLK_OUT2
TXD0	37	I/O/T	**U0TXD**, GPIO43, CLK_OUT1
IO2	38	I/O/T	RTC_GPIO2, **GPIO2**, TOUCH2, ADC1_CH1
IO1	39	I/O/T	RTC_GPIO1, **GPIO1**, TOUCH1, ADC1_CH0
GND	40	P	GND
EPAD	41	P	GND

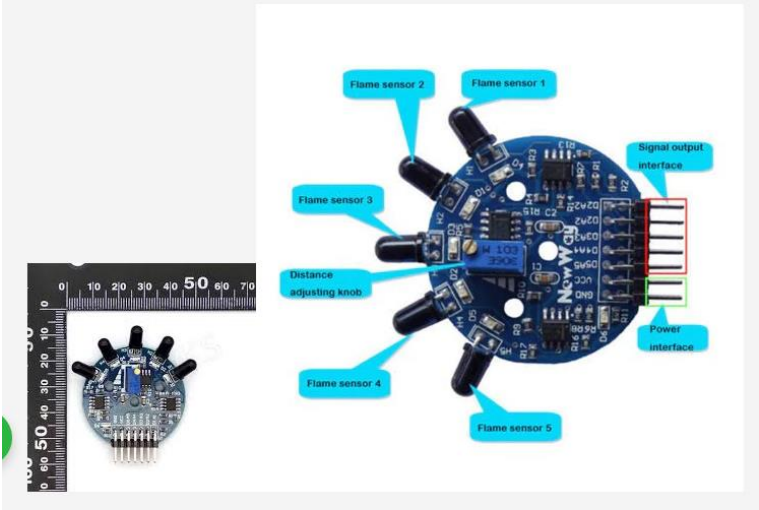
[a] P: power supply; I: input; O: output; T: high impedance. Pin functions in bold font are the default pin functions. For pin 28 ~ 30, the default function is decided by eFuse bit.

[b] For modules with Octal SPI PSRAM, i.e., modules embedded with ESP32-S3R8 or ESP32-S3R16V, pins IO35, IO36, and IO37 are connected to the Octal SPI PSRAM and are not available for other uses.

[c] For modules embedded with ESP32-S3R16V, as the VDD_SPI voltage of the ESP32-S3R16V chip is set to 1.8 V, the working voltage for GPIO47 and GPIO48 is also 1.8 V, which is different from other GPIOs.

Lampiran 5: Dataset Sensor





TECHNICAL DATA MQ-2 GAS SENSOR

FEATURES

Wide detecting scope
Fast response and High sensitivity
Stable and long life
Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in gas leakage detecting equipments in family and industry, are suitable for detecting of LPG, i-butane, propane, methane ,alcohol, Hydrogen, smoke.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
Vc	Circuit voltage	5V±0.1	AC OR DC
V_H	Heating voltage	5V±0.1	ACOR DC
R_L	Load resistance	can adjust	
R_H	Heater resistance	33 Ω ±5%	Room Tem
P_H	Heating consumption	less than 800mw	

B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
Tao	Using Tem	-20℃-50℃	
Tas	Storage Tem	-20℃-70℃	
R_H	Related humidity	less than 95%Rh	
O_2	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remarks
Rs	Sensing Resistance	3KΩ-30KΩ (1000ppm iso-butane)	Detecting concentration scope: 200ppm-5000ppm LPG and propane 300ppm-5000ppm butane 5000ppm-20000ppm methane 300ppm-5000ppm H_2 100ppm-2000ppm Alcohol
α (3000/1000) isobutane	Concentration Slope rate	≤0.6	
Standard Detecting Condition	Temp: 20℃±2℃ Humidity: 65%±5%	Vc:5V±0.1 Vh: 5V±0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit

	Parts	Materials
1	Gas sensing layer	SnO_2
2	Electrode	Au
3	Electrode line	Pt
4	Heater coil	Ni-Cr alloy
5	Tubular ceramic	Al_2O_3
6	Anti-explosion network	Stainless steel gauze (SUS316 100-mesh)
7	Clamp ring	Copper plating Ni
8	Resin base	Bakelite
9	Tube Pin	Copper plating Ni

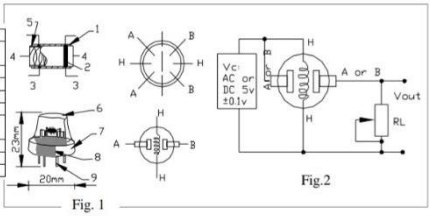
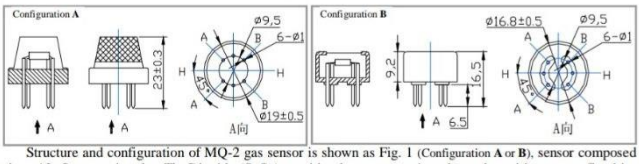


Fig. 1 Fig.2



Structure and configuration of MQ-2 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration **A** or **B**), sensor composed by micro AL_2O_3 ceramic tube, Tin Dioxide (SnO_2) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a

crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-2 have 6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

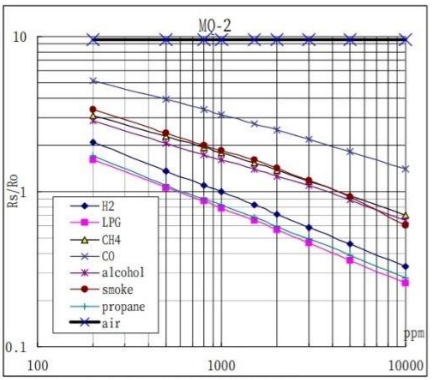


Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-2

Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-2 for several gases.
in their: Temp: 20℃、
Humidity: 65%、
O_2 concentration 21%
RL=5kΩ
Ro: sensor resistance at 1000ppm of H_2 in the clean air.
Rs:sensor resistance at various concentrations of gases.

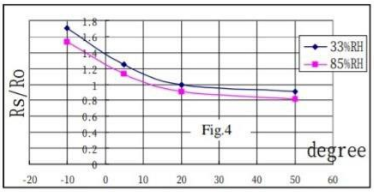


Fig.4

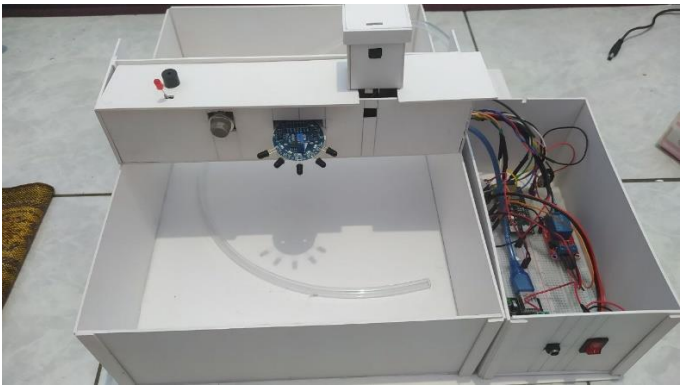
Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-2 on temperature and humidity.
Ro: sensor resistance at 1000ppm of H_2 in air at 33% RH and 20 degree.
Rs: sensor resistance at 1000ppm of H_2 at different temperatures and humidities.

SENSITVITY ADJUSTMENT

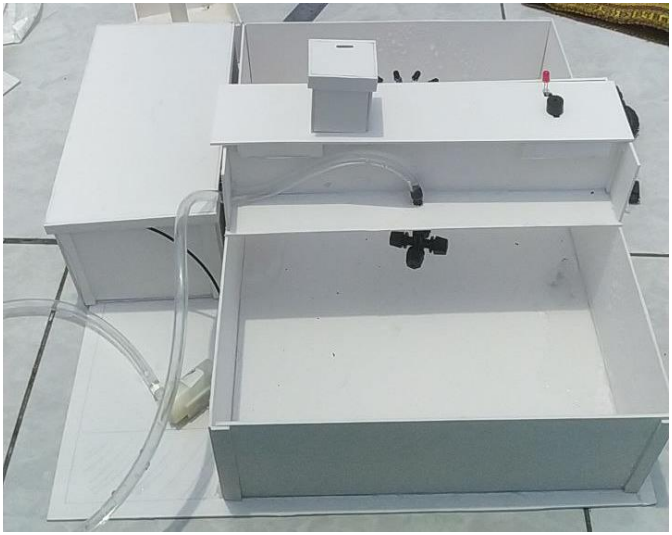
Resistance value of MQ-2 is difference to various kinds and various concentration gases. So,When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 1000ppm liquified petroleum gas<LPG>,or 1000ppm iso-butane<i-C_4H_{10}>concentration in air and use value of Load resistance that(R_L) about 20 KΩ (5KΩ to 47 KΩ).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.

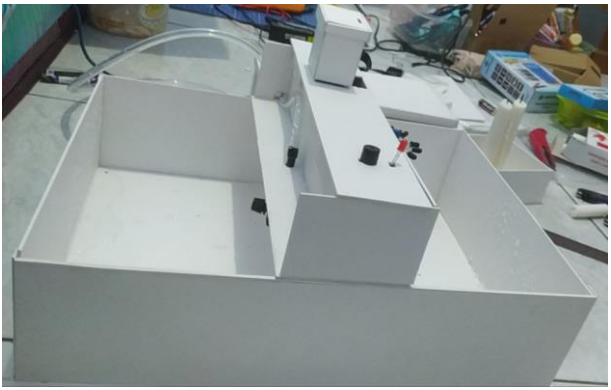
Lampiran 6: Gambar Sistem Pendeteksi Kebakaran Realtime Menggunakan ESP32-CAM dengan Notifikasi Telegram



Gambar 1 Tampak depan



Gambar 2 Tampak belakang



Gambar 3 Tampak samping kanan

Gambar 4 Tampak samping kiri

Lampiran 7: Cara Menggunakan Alat

PETUNJUK PENGGUNAAN

SISTEM PENDETEKSI KEBAKARAN *REAL-TIME* MENGGUNAKAN ESP32-CAM DENGAN NOTIFIKASI BOT TELEGRAM

Oleh:

AHMAD RAFI

NIM: 2108096017

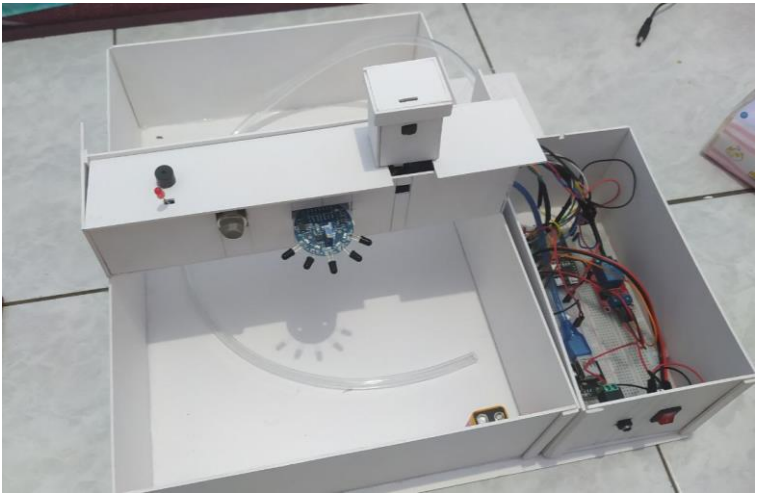
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO SEMARANG

2025

CARA KERJA DAN PENGGUNAAN



Gambar 1 Sistem Pendeteksi Kebakaran

1. Sistem pendeteksi kebakaran dalam keadaan siap.
2. Hubungkan sistem pendeteksi kebakaran dengan power dan nyalakan switch.
3. Setelah dihubungkan dengan power, sistem pendeteksi kebakaran akan bekerja setelah sebelumnya program diuploud.
4. Sistem akan menyembungkan dengan WIFI dan Bot Telegram sesuai dengan program yang telah diuploud.

Gambar 2 Bot Telegram Sidekran_Bot

5. Setelah terhubung dengan Bot Telegram @sidkran_bot, pengguna dapat mengakses Bot Telegram dengan menekan tombol start atau jika sudah terhubung sebelumnya dapat menghubungkan kembali dengan mengirim pesan pada Bot Telegram /start.

Gambar 3 Fitur ambil foto dan info sensor

6. Pada Bot Telegram pengguna dapat mengakses fitur ambil foto dengan /foto dan fitur monitoring informasi sensor dengan/infosensor.

Gambar 4 dan 5 Pengujian sensor Flame 5 channel dengan api besar dan kecil

Gambar 6 Notifikasi Bot Telegram

7. Menguji *Flame* Sensor 5 *Channel* dengan api kecil dan api besar.

Gambar 7 dan 8 Pengujian sensor MQ-2 dengan asap dan gas

Gambar 6 Notifikasi Bot Telegram

8. Menguji sensor MQ-2 dengan asap dan gas.

Lampiran 8: Source Code Sistem Pendeteksi Kebakaran Realtime Menggunakan ESP32-CAM dengan Notifikasi Telegram

```
//UNTUK ESP32-S3 WROOM CAM

#include <WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include "esp_camera.h"
#include <ArduinoJson.h>

// === WIFI & TELEGRAM CONFIG ===
const char* ssid = "mandi";
const char* password = "sudahmandi";
String botToken =
"7660602966:AAGDjtLf7xcbHYIj0BxJDp-
o0IgUuX1bNIs";

WiFiClientSecure client;

#define CAMERA_MODEL_ESP32S3_EYE
#include "camera_pins.h"

// === MULTI CHAT ID ===
#define MAX_USERS 10
String chat_ids[MAX_USERS];
int chat_count = 0;

// === VARIABEL GLOBAL ===
long last_update_id = 0;
String serialData = "";
String lastStatus = "NORMAL"; // Menyimpan
status terakhir (NORMAL, FIRE, GAS)
String lastSensorData = "Belum ada data
sensor."; // Data sensor terakhir

// === WIFI SETUP ===
void setupWiFi() {
```

```
  Serial.println("🔌 Menghubungkan
WiFi...");
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("\n✅ WiFi Terhubung! IP:
" + WiFi.localIP().toString());
}

// === KAMERA SETUP ===
void setupCamera() {
  camera_config_t config;
  config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
  config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
  config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
  config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
  config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
  config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;
  config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
  config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM;
  config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
  config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM;
  config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
  config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM;
  config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM;
  config.pin_href = HREF_GPIO_NUM;
  config.pin_sccb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
  config.pin_sccb_scl = SIOC_GPIO_NUM;
  config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
  config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
  config.xclk_freq_hz = 20000000;
  config.frame_size = FRAMESIZE_VGA;
  config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG;
  config.grab_mode = CAMERA_GRAB_WHEN_EMPTY;
  config.fb_location = CAMERA_FB_IN_PSRAM;
```

```
  config.jpeg_quality = 12;
  config.fb_count = 1;

  if (esp_camera_init(&config) != ESP_OK) {
    Serial.println("❌ Kamera gagal
diinisialisasi!");
    while (true) delay(100);
  }
  Serial.println("✅ Kamera siap
digunakan!");

  // 🔄 Koreksi orientasi kamera
  sensor_t *s = esp_camera_sensor_get();
  s->set_vflip(s, 1);       // Membalik
vertikal
  s->set_hmirror(s, 1);     // Membalik
horizontal
}

// === FUNGSI TAMBAH CHAT ID UNIK ===
void addChatID(String new_id) {
  for (int i = 0; i < chat_count; i++) {
    if (chat_ids[i] == new_id) return;  //
Sudah ada
  }
  if (chat_count < MAX_USERS) {
    chat_ids[chat_count++] = new_id;
    Serial.println("👥 Chat ID baru
ditambahkan: " + new_id);
  }
}

// === KIRIM PESAN TELEGRAM ===
void sendMessage(String target_chat_id,
String text) {
  client.setInsecure();
```

```
  if (client.connect("api.telegram.org",
443)) {
    String url = "/bot" + botToken +
"/sendMessage";
    String payload = "chat_id=" +
target_chat_id + "&text=" + text;

    client.println("POST " + url + "
HTTP/1.1");
    client.println("Host:
api.telegram.org");
    client.println("Content-Type:
application/x-www-form-urlencoded");
    client.println("Content-Length: " +
String(payload.length()));
    client.println("Connection: close");
    client.println();
    client.print(payload);
  }
  client.stop();
}

// === KIRIM FOTO TELEGRAM ===
void sendPhotoTelegram(String
target_chat_id) {
  camera_fb_t *fb = esp_camera_fb_get();
  if (!fb) {
    Serial.println("🔒 Gagal ambil
gambar!");
    return;
  }

  client.setInsecure();
  if (client.connect("api.telegram.org",
443)) {
    String head = "--AaB03x\r\nContent-
Disposition: form-data;
name=\"chat_id\"\r\n\r\n" + target_chat_id +
```

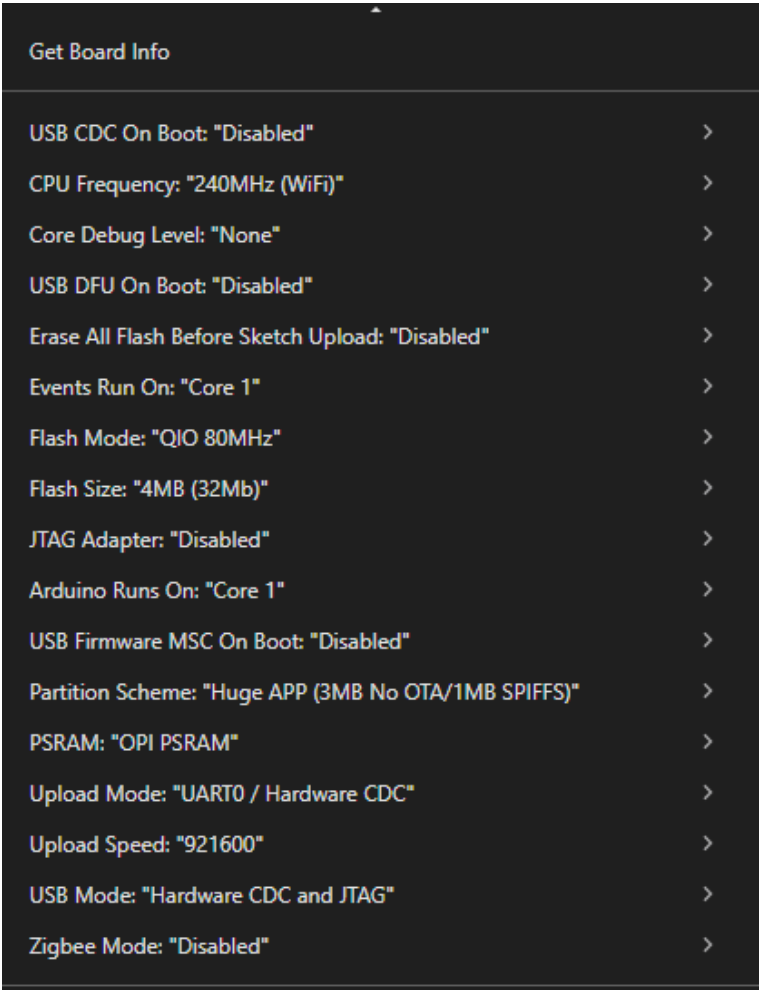
```
"\r\n--AaB03x\r\nContent-Disposition: form-
data; name=\"photo\";
filename=\"photo.jpg\"\r\nContent-Type:
image/jpeg\r\n\r\n";
    String tail = "\r\n--AaB03x--\r\n";

    uint32_t imageLen = fb->len;
    uint32_t totalLen = head.length() +
imageLen + tail.length();

    client.println("POST /bot" + botToken +
"/sendPhoto HTTP/1.1");
    client.println("Host:
api.telegram.org");
    client.println("Content-Type:
multipart/form-data; boundary=AaB03x");
    client.println("Content-Length: " +
String(totalLen));
    client.println("Connection: close\r\n");

    client.print(head);
    client.write(fb->buf, imageLen);
    client.print(tail);
  }
  esp_camera_fb_return(fb);
  client.stop();
}

// === BACA PESAN TELEGRAM ===
void checkTelegramMessage() {
  client.setInsecure();
  String url =
"https://api.telegram.org/bot" + botToken +
"/getUpdates?timeout=5&offset=" +
String(last_update_id + 1);

  if (client.connect("api.telegram.org",
443)) {
```

```
    client.println("GET " + url + "
HTTP/1.1");
    client.println("Host:
api.telegram.org");
    client.println("Connection: close");
    client.println();
  } else return;

  String payload;
  while (client.connected()) {
    String line =
client.readStringUntil('\n');
    if (line == "\r") break;
  }
  while (client.available()) payload +=
client.readStringUntil('\n');
  client.stop();

  DynamicJsonDocument doc(8192);
  if (deserializeJson(doc, payload)) return;

  JsonArray results = doc["result"];
  for (JsonObject messageObj : results) {
    long update_id =
messageObj["update_id"];
    String text =
messageObj["message"]["text"] | "";
    String sender_chat_id =
String(messageObj["message"]["chat"]["id"]);

    addChatID(sender_chat_id);  // Tambahkan
ke daftar

    if (text == "/start") {
      sendMessage(sender_chat_id, "👋 Halo!
Ketik /foto untuk ambil gambar atau
/infosensor untuk data sensor.");
    }
```

```
    else if (text == "/infosensor") {
      sendMessage(sender_chat_id, "📊 Data
Sensor Terakhir:\n" + lastSensorData);
    }
    else if (text == "/foto") {
      sendPhotoTelegram(sender_chat_id);
    }

    last_update_id = update_id;
  }
}

// === BACA SERIAL DARI ESP32 S3 ===

void readSerialESP32S3() {
  while (Serial.available()) {
    char c = Serial.read();
    if (c == '\n') {
      serialData.trim();
      Serial.println("🔔 Data dari ESP32S3:
" + serialData);
      if (serialData.startsWith("DATA:")) {
        lastSensorData = serialData;
        String status =
serialData.substring(serialData.lastIndexOf(
',') + 1);
        if (status != lastStatus) {
          if (status == "FIRE" || status ==
"GAS") {
            for (int i = 0; i < chat_count;
i++) {
              sendMessage(chat_ids[i], "🚨
PERINGATAN BAHAYA: " + status);
              sendPhotoTelegram(chat_ids[i])
;
            }
          }
```

```
          else if (status == "NORMAL") {
            for (int i = 0; i < chat_count;
i++) {
              sendMessage(chat_ids[i], "✅
Kondisi kembali NORMAL");
            }
          }
          lastStatus = status;
        }
      }
      serialData = "";
    } else serialData += c;
  }
}

// === SETUP & LOOP ===
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  setupWiFi();
  setupCamera();
}

void loop() {
  checkTelegramMessage();
  readSerialESP32S3();
  delay(500);
}
```

FORMAT UPLOAD PADA ESP32-S3 WROOM CAM



```
//EPS32-S3 WROOM 1

// ==== PIN KONFIGURASI ====
#define MQ2_PIN 1  // Sesuai dengan GPIO
ESP32-S3
#define FLAME_SENSOR_PIN_1 3
#define FLAME_SENSOR_PIN_2 4
#define FLAME_SENSOR_PIN_3 5
#define FLAME_SENSOR_PIN_4 6
#define FLAME_SENSOR_PIN_5 7
#define LED_RED 8
#define BUZZER 9
#define RELAY_PIN 10

// ==== VARIABEL GLOBAL ====
int GAS_THRESHOLD = 400;  // Default, nanti
dikalibrasi otomatis
unsigned long lastCalibrationTime = 0;
const unsigned long calibrationInterval =
60000;  // 1 menit (6.000 ms)
unsigned long lastSendTime = 0;
const unsigned long sendInterval = 1000;  //
Kirim data setiap 1 detik

// ==== SETUP ====
void setup() {
  Serial.begin(9600);  // Serial ke ESP32-S3
  Serial.println("🔥 Sistem Sensor Api & Gas
Siap!");

  pinMode(FLAME_SENSOR_PIN_1,
INPUT_PULLDOWN);
```

```
  pinMode(FLAME_SENSOR_PIN_2,
INPUT_PULLDOWN);
  pinMode(FLAME_SENSOR_PIN_3,
INPUT_PULLDOWN);
  pinMode(FLAME_SENSOR_PIN_4,
INPUT_PULLDOWN);
  pinMode(FLAME_SENSOR_PIN_5,
INPUT_PULLDOWN);

  pinMode(LED_RED, OUTPUT);
  pinMode(BUZZER, OUTPUT);
  pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);

  digitalWrite(LED_RED, LOW);
  digitalWrite(BUZZER, LOW);
  digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);

  calibrateThreshold();  // Kalibrasi awal
MQ-2
}

// ==== LOOP ====
void loop() {
  int gasValue = analogRead(MQ2_PIN);
  int FlameValue =
digitalRead(FLAME_SENSOR_PIN_1) ||
digitalRead(FLAME_SENSOR_PIN_2) ||
digitalRead(FLAME_SENSOR_PIN_3) ||
digitalRead(FLAME_SENSOR_PIN_4) ||
digitalRead(FLAME_SENSOR_PIN_5);

  String status = "✅AMAN";
```

```
  if (FlameValue == HIGH) {
  Serial.println("🚨🔥 API TERDETEKSI!");
  digitalWrite(LED_RED, HIGH);
  digitalWrite(BUZZER, HIGH);
  digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);  // 
Aktifkan pompa
  status = "FIRE";
} else if (gasValue > GAS_THRESHOLD) {
  Serial.println("🚨💨 GAS/ASAP 
TERDETEKSI!");
  digitalWrite(LED_RED, HIGH);
  digitalWrite(BUZZER, HIGH);
  digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);  // Pompa 
tidak aktif hanya karena gas
  status = "GAS";
} else {
  // Aman
  digitalWrite(LED_RED, LOW);
  digitalWrite(BUZZER, LOW);
  digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
  status = "✅AMAN";
}


  if (millis() - lastSendTime > 
sendInterval) {
    Serial.print("DATA: Flame:");
    Serial.print(FlameValue == LOW ? 
"✅AMAN" : "🔥API");
    Serial.print(", 💨MQ-2:");
    Serial.print(gasValue);
    Serial.print(",");
    Serial.println(status);
```

```
    lastSendTime = millis();
  }

  if (millis() - lastCalibrationTime >
calibrationInterval) {
    calibrateThreshold();
    lastCalibrationTime = millis();
  }

  delay(200);
}

// ==== KALIBRASI MQ-2 ====
void calibrateThreshold() {
  long sum = 0;
  int numSamples = 100;
  Serial.println("⚙️ Kalibrasi MQ-2
dimulai...");
  for (int i = 0; i < numSamples; i++) {
    sum += analogRead(MQ2_PIN);
    delay(10);
  }
  int averageGas = sum / numSamples;
  GAS_THRESHOLD = averageGas + (averageGas *
0.05);
  Serial.print("✅ Threshold baru: ");
  Serial.println(GAS_THRESHOLD);
}
```

Lampiran 9: Daftar Riwayat Hidup

RIWAYAT HIDUP

A. IDENTITAS DIRI

1. Nama Lengkap : Ahmad Rafi
2. Tempat & Tanggal Lahir : Batang, 1 Oktober 2003
3. Alamat Rumah : Jl. Sunan Kalijaga Rt.14 Rw. 4 Desa Bawang Kec. Bawang Kab. Batang Prov. Jawa Tengah
4. HP : 081555335815
5. Email : ahmadrrafi47@gmail.com

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. Taman Kanak-Kanak (TK) Pertiwi Bawang
2. Sekolah Dasar Negeri(SDN) Bawang 02
3. Sekolah Menengah Pertama(SMP) Negeri 1 Bawang
4. Sekolah Menengah Akhir(SMA) Negeri 1 Bawang

Semarang, 25 Juni 2025

Penulis,

Ahmad Rafi

NIM. 2108096017