

TUGAS AKHIR

**IMPLEMENTASI SISTEM DETEKSI KEBAKARAN PADA
PERKEBUNAN TEBU BERBASIS
SENSOR SUHU DAN ASAP**

OLEH :

**FARIHATUNNISA
C20201211011**



**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 KOTA CIREBON
TAHUN 2025**

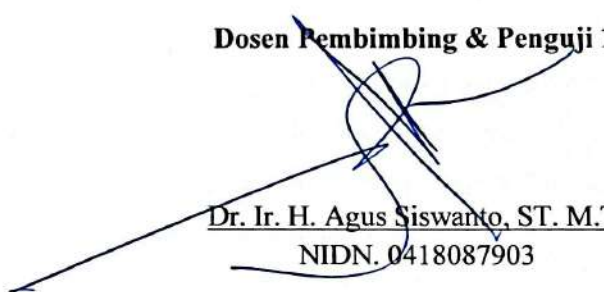
IMPLEMENTASI SISTEM DETEKSI KEBAKARAN PADA PERKEBUNAN TEBU BERBASIS SENSOR SUHU DAN ASAP

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon


OLEH
FARIHATUNNISA
C20201211011

Disetujui Oleh,

Dosen Pembimbing & Penguji 1


Dr. Ir. H. Agus Siswanto, ST. M.T.
NIDN. 0418087903

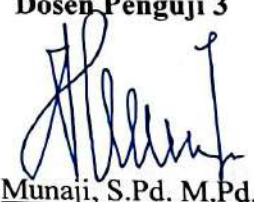
Dosen Pembimbing 2


H. Erfan Subiyanta, ST. M.Eng.
NIDN. 0408017604

Dosen Penguji 2




Muhamad Soleh, ST. M.T.
NIDN. 0415057702

Dosen Penguji 3


Munaji, S.Pd. M.Pd.
NIDN. 0404078304

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro



Muhamad Soleh, ST. M.T.
NIDN. 0415057702

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. H. Agus Siswanto, ST. M.T.
NIDN. 0418087903

LEMBAR PENGESAHAN
PEMANTAUAN LANGSUNG DAN PERINGATAN KEBAKARAN
PADA PERKEBUNAN TEBU BERBASIS MOBILE APP

Tugas akhir ini telah diujikan dan disahkan sebagai tugas akhir
pada sidang ujian tugas akhir
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon

Tanggal : 20 Agustus 2025

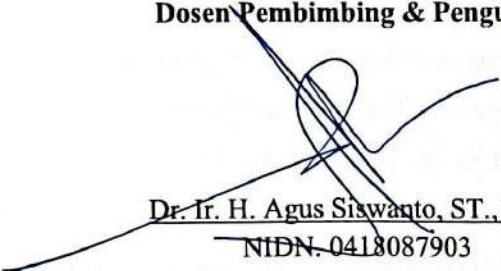
Diajukan Oleh :


MANSUR EKA SAPUTRA
C20201235014

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing & Penguji 1

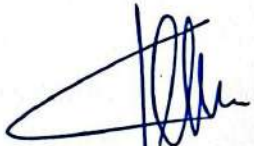
Dosen Pembimbing 2

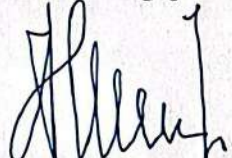

Dr. Ir. H. Agus Siswanto, ST., M.T.
NIDN. 0418087903


H. Erfan Subiyanta, ST., M.Eng.
NIDN. 0408017604



Dosen Penguji 2

Dosen Penguji 3


M. Lutfi Abdillah, S.Pd., M.Pd
NIDN. 0410098903


Munaji, S.Pd., M.Pd
NIDN. 0410066902

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro


Muhammad Soleh, ST., M.T.
NIDN. 0415057702

Dekan Fakultas Teknik


Dr. Ir. H. Agus Siswanto, ST., M.T.
NIDN. 0418087903

**IMPLEMENTASI PANEL SURYA UNTUK SISTEM PERINGATAN
DAN MONITORING KEBAKARAN REAL-TIME
PADA LAHAN PERKEBUNAN TEBU**


Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon


OLEH :
RIZKY MAULANA SUGONO
C20201235011

Disetujui Oleh,

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

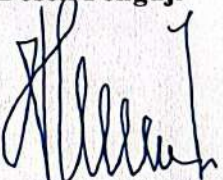

Dr. Ir. H. Agus Siswanto, ST. M.T.
NIDN. 0418087903


H. Erfan Subiyanta, ST. M.Eng.
NIDN. 0408017604


Dosen Penguji

Dosen Penguji


Muhammad Soleh, ST. M.T.
NIDN. 0415057702


Munaji, S.Pd. M.Pd.
NIDN. 0404078304

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Muhammad Soleh, ST. M.T.
NIDN. 0415057702

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. H. Agus Siswanto, ST. M.T.
NIDN. 0418087903

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir:

IMPLEMENTASI SISTEM DETEKSI KEBAKARAN PADA PERKEBUNAN TEBU BERBASIS SENSOR SUHU DAN ASAP

Yang dibuat untuk melengkapi Sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari tugas akhir/skripsi yang telah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Cirebon, 17 Agustus
2025

FARIHATUNNISA
NPM:C20201211011

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, sumber sejati kekuatan dan ketenangan. Berkat rahmat, kasih, dan bimbingan-Nya, penulis mampu melewati berbagai rintangan hingga akhirnya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tanpa ridha-Nya, pencapaian ini tidak akan mungkin terwujud.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *“Implementasi Sistem Deteksi Kebakaran pada Perkebunan Tebu Berbasis Sensor Suhu dan Asap”* serta selama menempuh pendidikan di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon, penulis banyak menerima bantuan, dukungan, baik moril maupun spiritual, serta informasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. H. Agus Siswanto, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon sekaligus dosen pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, doa, serta dukungan kepada penulis.
2. H. Erfan Subiyanta, S.T., M.Eng., selaku Wakil Dekan Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon sekaligus dosen pembimbing kedua yang dengan penuh kesabaran telah memberikan arahan, bimbingan, serta dukungan kepada penulis.
3. Muhamad Soleh, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon.
4. H. Sugeng Suprijadi, S.T., M.T., selaku dosen Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon.
5. Ayah, Ibu, dan kakak perempuan tercinta, atas kasih sayang, semangat, doa, serta nasehat yang tiada hentinya sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Mansur Eka Saputra dan Rizky Maulana Sugono, terima kasih telah menjadi rekan satu tim yang hebat dan selalu memberikan dukungan selama penelitian ini berlangsung.
7. Bapak dan Ibu dosen Universitas 17 Agustus 1945 Cirebon atas segala ilmu yang bermanfaat yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan.

8. Seluruh pihak dan rekan-rekan yang turut membantu dalam penyusunan, pembuatan, dan penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada diri sendiri yang telah bertahan, bangkit dari kelelahan, dan terus berjuang hingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua, Aamiin.

Cirebon, 17 Agustus 2025

Penulis

Farihatunnisa

ABSTRAK

Perkebunan tebu memiliki peran penting dalam produksi gula nasional, namun karakteristik lahan yang kering dan mudah terbakar, khususnya saat musim kemarau, meningkatkan risiko kebakaran. Insiden kebakaran di wilayah Cirebon menunjukkan bahwa sistem pemantauan konvensional belum mampu memberikan deteksi yang efektif. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi kebakaran pada perkebunan tebu berbasis sensor suhu (DHT11) dan sensor asap (Modul Smoke Detector) yang terintegrasi dengan teknologi Internet of Things (IoT). Prototipe yang dikembangkan terdiri dari sensor suhu, smoke detector, kamera/CCTV, panel surya, serta modul komunikasi berbasis Wi-Fi yang terhubung ke aplikasi Deon Smart Living untuk pemantauan real-time.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi kenaikan suhu di atas ambang batas 40–50°C dan konsentrasi asap >300 ppm dengan respon cepat kurang dari 5 detik. Sensor asap (Smoke detector) terbukti lebih responsif terhadap asap padat dari pembakaran daun kering dibandingkan asap rokok, sedangkan sensor suhu memberikan aktivasi buzzer dan notifikasi real-time ketika batas suhu terlampaui. Integrasi IoT memungkinkan penyampaian notifikasi secara langsung ke perangkat pengguna, meskipun kestabilan jaringan internet masih menjadi faktor penentu. Secara keseluruhan, sistem ini terbukti efektif untuk memberikan peringatan dan berpotensi membantu pengelola perkebunan dalam mencegah meluasnya kebakaran, sehingga dapat meminimalisir kerugian ekonomi maupun dampak lingkungan.

Kata kunci: Kebakaran, Perkebunan Tebu, DHT11, Smoke Detector, IoT

ABSTRACT

Sugarcane plantations play a vital role in national sugar production; however, the dry and easily combustible characteristics of the land, particularly during the dry season, significantly increase the risk of fire. Fire incidents in the Cirebon region indicate that conventional monitoring systems are not yet capable of providing effective detection. This study aims to design and implement a fire detection system for sugarcane plantations based on a temperature sensor (DHT11) and a smoke sensor (Smoke Detector Module) integrated with the Internet of Things (IoT) technology. The developed prototype consists of a temperature sensor, smoke detector, camera/CCTV, solar panel, and Wi-Fi-based communication module connected to the Deon Smart Living application for real-time monitoring.

The testing results show that the system is capable of detecting temperature increases above the 40–50°C threshold and smoke concentrations exceeding 300 ppm with a rapid response of less than 5 seconds. The smoke detector proved more responsive to dense smoke from burning dry leaves compared to cigarette smoke, while the temperature sensor activated the buzzer and provided real-time notifications when the threshold was exceeded. The IoT integration enables instant notification delivery to user devices, although internet stability remains a determining factor. Overall, the system is proven effective in providing early fire warnings and has the potential to assist plantation managers in preventing the spread of fires, thereby minimizing economic losses and environmental impacts.

Keywords: *Fire, Sugarcane Plantation, DHT11, Smoke Detector, IoT*

DAFTAR ISI

| | |
|-----------------------------------------|-------------|
| PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI..... | iii |
| KATA PENGANTAR..... | iv |
| ABSTRAK..... | vi |
| ABSTRACT..... | vii |
| DAFTAR ISI..... | viii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xi |
| DAFTAR TABEL..... | xii |
| BAB I..... | 1 |
| PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 2 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| 1.5 Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.6 Metode penelitian..... | 3 |
| BAB II..... | 5 |
| TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1 Penelitian Terkait..... | 5 |
| 2.2 Landasan Teori..... | 6 |
| 2.2.1 Sistem Deteksi Kebakaran..... | 6 |
| 2.2.2 Sensor Suhu..... | 7 |
| 2.2.3 Sensor Asap..... | 9 |
| 2.2.4 Internet of Things (IoT)..... | 11 |
| BAB III..... | 12 |
| 3.1 Desain Umum sistem..... | 12 |
| 3.1.1 Sensor Suhu (DHT11)..... | 12 |
| 3.1.2 Sensor Asap (Smoke Detector)..... | 12 |
| 3.1.3 Mikrokontroler..... | 12 |

| | |
|--------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.1.4 Modul Komunikasi Data (Wi-Fi)..... | 12 |
| 3.1.5 Aplikasi Pemantauan (<i>Deon Smart Living</i>) | 13 |
| 3.1.6 Sumber Daya (Panel Surya dan Baterai) | 13 |
| 3.2 Parameter Pengujian | 13 |
| 3.4.1 Ambang Batas Suhu..... | 13 |
| 3.4.2 Konsentrasi Asap | 13 |
| 3.4.3 Waktu Respon Sistem | 13 |
| 3.4.4 Akurasi Deteksi..... | 13 |
| 3.4.5 Konsistensi Respon..... | 14 |
| 3.4.6 Jangkauan Notifikasi (IoT) | 14 |
| 3.3 Flowchart Proses Alat..... | 14 |
| 3.4 Diagram Alir | 16 |
| 3.5 Metode Pengumpulan Data..... | 16 |
| 3.6 Rancangan Sistem Hardware | 17 |
| 3.6.1 Smoke Detector..... | 17 |
| 3.6.2 IP Kamera (Internet Protocol Camera) | 18 |
| 3.6.3 Modem internet..... | 18 |
| 3.6.4 Panel surya..... | 19 |
| BAB IV | 20 |
| HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | 20 |
| 4.1 Rancangan Sistem..... | 20 |
| 4.1.1 Tempat Penelitian | 20 |
| 4.2 Prototipe Alat | 22 |
| 4.3 Blok diagram prototipe alat | 25 |
| 4.4 Pengujian Alat..... | 26 |
| 4.4.1 Pengujian Sensor Suhu (DHT11)..... | 26 |
| 4.5 Implementasi Alat..... | 33 |
| 4.5.1 Jumlah Alat | 33 |
| 4.5.2 Ketinggian Tiang | 35 |
| 4.5.3 Estimasi Biaya | 35 |
| BAB V | 37 |

| | |
|-----------------------------|-----------|
| 5.1 Kesimpulan | 37 |
| 5.2 Saran | 37 |
| Daftar Pustaka | 38 |
| | 44 |
| | 45 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2. 1 Sensor Suhu DTH11 | 8 |
| Gambar 2. 2 Sensor Suhu DHT22 | 8 |
| Gambar 2. 3 Sensor Suhu DS18B20..... | 8 |
| Gambar 2. 4 Sensor Suhu LM35..... | 8 |
| Gambar 2. 5 Sensor Asap MQ135 | 10 |
| Gambar 2. 6 Sensor Asap MQ2 | 10 |
| Gambar 2. 7 Gambar Smoke Detector | 10 |
| | |
| Gambar 3. 1 Flowchart Proses Alat | 15 |
| Gambar 3. 2 Diagram Alir | 16 |
| Gambar 3. 3 Perancangan Hardware | 17 |
| | |
| Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian (Tampilan Peta)..... | 20 |
| Gambar 4. 2 Lokasi Penelitian (Lokasi Langsung) | 21 |
| Gambar 4. 3 Temuan Kumpulan Sampah di Pinggir Area Perkebunan Tebu | 21 |
| Gambar 4. 4 Zona Merah Pada Perkebunan Tebu | 22 |
| Gambar 4. 5 Prototipe Alat (Tampak Atas) | 23 |
| Gambar 4. 6 Prototipe Alat (Tampak Depan) | 24 |
| Gambar 4. 7 Prototipe Alat (Tampak Depan Panel) | 24 |
| Gambar 4. 8 Blok Diagram Prototipe Alat | 26 |
| Gambar 4. 9 Suhu Aktual Perkebunan (Malam dan Siang Hari)..... | 27 |
| Gambar 4. 10 Pengujian Sensor Suhu pada Prototipe | 28 |
| Gambar 4. 11 Grafik Respon Sensor Suhu pada Prototipe | 29 |
| Gambar 4. 12 Pengujian Smoke Detector Menggunakan Rokok dan Tampilan Notifikasi pada Aplikasi | 31 |
| Gambar 4.13 Pengujian Sistem Deteksi Kebakaran Menggunakan Pembakaran Daun Kering Pada Prototipe Perkebunan Tebu | 34 |
| Gambar 4. 14 Visualisasi Penempatan Sensor di Lapangan..... | 35 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2. 1 Tabel Perbandingan Sensor Suhu | 8 |
| Tabel 3. 1 Spesifikasi Smoke Detector | 18 |
| Tabel 3. 2 Spesifikasi Kamera | 18 |
| Tabel 3. 3 Spesifikasi Modem Internet | 19 |
| Tabel 4. 1 Pengujian Temperature Aktual Perkebunan Tebu | 27 |
| Tabel 4. 2 Pengujian Sensor Suhu pada Prototipe | 28 |
| Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Sensor Asap Menggunakan Rokok/Vape | 30 |
| Tabel 4. 4 Pengujian Smoke Detector Menggunakan Pembakaran Daun Kering dan Kertas | 31 |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkebunan tebu merupakan salah satu sektor pertanian yang berperan penting dalam mendukung produksi gula nasional di Indonesia. Meski demikian karakteristik kondisi lahan yang cenderung kering serta mudah terbakar, terutama saat musim kemarau, mengakibatkan area ini sangat rentan terhadap kebakaran. Dampak kebakaran tidak hanya merusak tanaman dan menimbulkan kerugian ekonomi, tetapi juga berkontribusi terhadap penurunan kualitas udara serta kerusakan ekosistem yang bersifat jangka panjang [1-2].

Cirebon, sebagai salah satu wilayah penghasil tebu utama di Jawa Barat, juga sering mengalami insiden kebakaran lahan. Pada tahun 2012, lebih dari 2.000 hektare lahan tebu terbakar akibat kekeringan ekstrem dan keterbatasan akses air, dengan total kerugian mencapai sekitar Rp30 miliar [3]. Kejadian serupa kembali terjadi di tahun 2020 dan 2022, tepatnya di Desa Kanci dan Japurabakti, bahkan nyaris merambat ke kawasan pemukiman [4]. Rentetan kejadian ini mengindikasikan bahwa sistem pemantauan konvensional yang ada belum cukup tanggap dalam mengidentifikasi dan menangani kebakaran secara.

Sebagai respons terhadap kebutuhan tersebut, teknologi Internet of Things (IoT) mulai dimanfaatkan dalam sistem deteksi kebakaran. Teknologi ini mengintegrasikan sensor suhu dan asap untuk memantau potensi kebakaran secara real-time dan memberikan peringatan kepada pengguna [5]. Sensor suhu memiliki kemampuan untuk membaca kenaikan temperatur secara cepat, sementara sensor asap seperti MQ-2 efektif dalam mendeteksi partikel hasil pembakaran [6]. Kolaborasi kedua sensor ini meningkatkan akurasi sistem serta mempercepat proses respons terhadap indikasi kebakaran.

Meski demikian, terdapat sejumlah kendala teknis yang perlu diperhatikan dalam implementasi sistem ini. Sensor memiliki sensitivitas terhadap suhu ekstrem dan memerlukan pasokan daya yang stabil agar dapat berfungsi dengan optimal di area terbuka [7]. Selain itu, sistem deteksi yang sebelumnya dirancang untuk lingkungan hutan belum tentu dapat langsung diterapkan pada perkebunan tebu tanpa penyesuaian, mengingat perbedaan karakteristik ekosistemnya [8].

Di samping itu, pendekatan teknologi yang diterapkan juga harus mempertimbangkan kondisi sosial dan geografis di lapangan. Misalnya, keterbatasan akses

internet di beberapa titik perkebunan sering kali menjadi tantangan tersendiri, terutama ketika sistem monitoring berbasis IoT sangat bergantung pada konektivitas. Oleh karena itu, pengembangan sistem yang fleksibel, baik dari sisi perangkat keras maupun komunikasi data menjadi hal yang krusial untuk memastikan keberhasilan implementasi di wilayah seperti Cirebon, yang memiliki variasi topografi dan distribusi sinyal yang tidak merata.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menerapkan sistem deteksi kebakaran pada perkebunan tebu berbasis sensor suhu dan asap yang terintegrasi dengan teknologi IoT, serta disesuaikan dengan karakteristik lingkungan di area perkebunan tebu. Sistem ini diharapkan mampu memberikan deteksi awal secara akurat dan menyampaikan peringatan secara real-time, sehingga mampu meminimalkan dampak kebakaran, khususnya di daerah rawan seperti Cirebon.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang sistem deteksi kebakaran berbasis sensor suhu dan asap yang dapat berfungsi secara efektif pada kondisi lingkungan perkebunan tebu?
2. Sejauh mana akurasi dan keandalan sensor suhu dan asap dalam mendeteksi tanda-tanda awal kebakaran di area perkebunan tebu?
3. Apa saja tantangan teknis dan lingkungan yang dihadapi dalam penerapan sistem deteksi kebakaran berbasis sensor pada lahan terbuka seperti perkebunan tebu?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk merancang sistem deteksi kebakaran berbasis sensor suhu dan asap yang sesuai dengan kondisi lingkungan perkebunan tebu.
2. Untuk mengintegrasikan sistem sensor dengan teknologi Internet of Things (IoT) guna memungkinkan pemantauan jarak jauh dan pemberian peringatan secara real-time.
3. Untuk menguji akurasi dan keandalan sistem dalam mendeteksi potensi kebakaran di lahan perkebunan tebu.
4. Untuk mengidentifikasi tantangan teknis dan lingkungan yang mempengaruhi kinerja sistem dalam implementasinya di lapangan.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Menambah referensi dalam bidang teknologi sistem deteksi kebakaran berbasis IoT, terutama dalam konteks perkebunan tebu yang memiliki karakteristik khusus.
2. Memberikan solusi efektif bagi pengelola perkebunan dalam memantau dan merespon potensi kebakaran secara lebih cepat dan efisien.
3. Memberikan informasi kepada Masyarakat tentang gejala deteksi terjadinya kebakaran.
4. Meminimalisir terjadinya kebakaran semakin besar.

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terfokus, maka ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem deteksi hanya menggunakan dua jenis sensor yaitu sensor suhu dan kelembaban DTH11 dan sensor asap berupa modul *Smoke detector*.
2. Sensor suhu tidak masuk kedalam sistem aplikasi hanya deteksi local panel
3. Komunikasi dan tampilan data hanya dibatasi dengan penggunaan *aplikasi Deon Smart Living Android*.
4. Pengujian dilakukan dalam skala kecil yang mensimulasikan kondisi lahan perkebunan tebu.
5. Tidak mencakup sistem pemadaman otomatis, hanya pendeteksi dan notifikasi.

1.6 Metode penelitian

1. Studi Literatur

Melakukan pencarian tulisan yang relevan seperti buku, jurnal, dan laporan penelitian untuk mengumpulkan dan menganalisis informasi dari sumber-sumber untuk memperoleh landasan teori serta memahami perkembangan penelitian terkait dengan deteksi berbasis sensor suhu dan sensor asap.

2. Perancangan Sistem

Tahapan ini berisi sistem deteksi kebakaran yang dirancang untuk memantau dan mendeteksi tanda-tanda awal kebakaran pada perkebunan tebu. Sistem ini memanfaatkan sensor suhu (DHT11) dan sensor asap (berupa modul *Smoke detector*) yang masing-masing memiliki kemampuan untuk mendeteksi peningkatan suhu yang signifikan serta keberadaan asap atau gas yang dihasilkan oleh kebakaran.

3. Implementasi Portotype

Melakukan rancangan untuk membangun sistem deteksi kebakaran kedalam bentuk nyata yang dapat diuji, Sistem ini dirancang untuk memantau suhu dan asap secara real-time dan memberikan peringatan jika parameter melebihi ambang batas.

4. Pengujian Sistem

Dilakukan uji coba pada area simulasi, atau pada area lahan terbatas untuk mengamati performa kerja pada sensor suhu dan sensor asap.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian yang dilakukan Bayu Kusumo dan Teguh Ardiansyah (2024) merancang sebuah sistem pendeteksi kebakaran yang memanfaatkan mikrokontroler ESP32 dan terintegrasi dengan teknologi Internet of Things (IoT). Sistem ini dilengkapi dengan sensor api (IR Flame), sensor asap (MQ-2), serta sensor suhu (DHT11). Semua data dari sensor dikirimkan secara real-time melalui koneksi Wi-Fi ke aplikasi Android dan disimpan pada database Firebase untuk pemantauan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor api mampu mendeteksi nyala api hingga jarak 160 cm pada sudut 0°, sedangkan sensor asap mulai memberi peringatan saat kadar asap melebihi 402 PPM. Untuk pencegahan, sistem juga dilengkapi proteksi otomatis yang diwujudkan melalui pemutus aliran listrik, mengaktifkan pompa air, dan membuka jendela menggunakan motor servo dengan waktu respons sekitar 5–7 detik. Studi ini membuktikan bahwa penggunaan multi-sensor yang terintegrasi dengan IoT dapat meningkatkan efektivitas deteksi kebakaran. Perbedaan dengan penelitian penulis terletak pada lokasi implementasi, di mana penelitian Bayu dan Teguh berfokus pada ruangan tertutup, sedangkan penelitian penulis diterapkan untuk lahan terbuka seperti perkebunan tebu yang memerlukan penyesuaian jangkauan sensor dan ketahanan perangkat terhadap cuaca.

Study yang dilakukan oleh Kelik Bayu Susatyo (2021) mengembangkan sistem pencegahan kebakaran untuk perkebunan jambu biji berbasis Arduino Uno dengan memanfaatkan sensor suhu LM35, sensor asap MQ-2, dan modul SMS Gateway. Sistem ini bekerja dengan memantau suhu dan asap di area kebun secara real-time, serta mengirimkan notifikasi SMS kepada pemilik jika parameter tersebut melebihi ambang batas yang berpotensi memicu kebakaran. Selain itu, Sistem juga mengaktifkan pompa air secara otomatis ketika terdeteksi kebakaran, dengan sensor ultrasonik HC-SR04 yang bertugas memonitor ketersediaan air pada tangki. Uji coba ini menunjukkan bahwa sistem ini mampu memberikan peringatan cepat dan respons yang efektif sehingga mengurangi potensi kerugian akibat kebakaran. Penelitian ini memiliki kesamaan dalam penggunaan sensor suhu dan asap untuk deteksi kebakaran di lahan perkebunan, namun penelitian penulis menambahkan integrasi dengan platform IoT untuk pemantauan jarak jauh serta penyesuaian pada lahan tebu dengan karakteristik lingkungan yang berbeda.

Hasil penelitian yang dipaparkan oleh Dirul Zidifaldi, Asrul Abdullah, Kartika Sari, dan Izhan Fakhruzi (2022) merancang sistem deteksi kebakaran berbasis IoT dengan mikrokontroler Arduino Uno yang terhubung ke aplikasi Blynk. Untuk mendeteksi kebakaran, sistem mengandalkan sensor api dan memonitor kenaikan suhu menggunakan sensor suhu. Data dari kedua sensor secara real-time dikirimkan ke aplikasi Blynk melalui koneksi Wi-Fi, sehingga pengguna dapat memantau kondisi secara langsung dari ponsel. Jika terdeteksi api atau kenaikan suhu melebihi batas yang ditentukan, sistem akan menyalakan buzzer dan mengirimkan notifikasi ke ponsel pengguna. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa sistem ini mampu memberikan peringatan jarak jauh dengan waktu respons yang singkat. Penelitian ini sejalan dengan topik skripsi penulis, khususnya dalam penerapan teknologi IoT. Namun dalam penelitian ini, fokus diarahkan pada lahan perkebunan tebu, yang memerlukan penyesuaian sensor dan teknik komunikasi agar performanya tetap optimal di kondisi lingkungan luar ruang.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sistem Deteksi Kebakaran

Sistem deteksi kebakaran yaitu sebuah teknologi yang berfungsi secara otomatis jika terdeteksi adanya tanda kebakaran, seperti peningkatan suhu, munculnya asap, gas berbahaya, atau nyala api. Ketika terjadi gejala tersebut, sistem ini akan memberikan peringatan melalui bunyi alarm, lampu indikator, atau notifikasi ke perangkat pemantauan, sehingga langkah pencegahan bisa segera dilakukan sebelum kebakaran meluas. Misalnya, pada penelitian Sistem deteksi kebakaran otomatis yang memanfaatkan sensor dan teknologi *Internet of Things (IoT)* [5]. Teknologi ini bekerja dengan cara mengumpulkan data dari sensor suhu, asap, dan gas, lalu data tersebut diproses oleh mikrokontroler dan dikirimkan ke pengguna melalui jaringan internet atau GSM, terbukti lebih cepat dan efektif dalam merespons ancaman kebakaran, terutama di daerah yang rawan seperti hutan dan lahan pertanian.

Salah satu pendekatan dalam mitigasi kebakaran pada lahan tebu adalah melalui sistem berbasis mikrokontroler, sebagaimana dikembangkan dalam penelitian [9]. Sistem tersebut dilengkapi dengan perangkat pemantauan lapangan yang terdiri dari sensor asap, sensor inframerah, serta detektor gas CO₂ dan CO. Seluruh data yang diperoleh dikirimkan ke pusat kendali melalui jaringan GSM. Dari hasil pengujian, sistem ini terbukti efektif

dalam mendeteksi tanda-tanda kebakaran sejak dan membantu meminimalkan dampak kerusakan yang ditimbulkan.

Penerapan teknologi deteksi sangat krusial khususnya di area perkebunan tebu yang memiliki risiko tinggi terhadap kebakaran akibat akumulasi material yang mudah terbakar seperti daun kering dan suhu lingkungan yang tinggi saat musim kemarau. Selain itu, factor kelalaian manusia manusia seperti pembakaran sisa panen yang tidak diawasi, pembuangan puntung rokok sembarangan, atau pengawasan yang tidak konsisten juga turut memperbesar potensi terjadinya kebakaran secara cepat. Sistem pemantauan konvensional yang sering digunakan kerap dinilai kurang responsif dalam menghadapi kebakaran secara cepat. Sehingga penggunaan sistem deteksi berbasis sensor menjadi solusi yang lebih tepat dan efisien [10].

2.2.2 Sensor Suhu

Sensor suhu merupakan komponen penting dalam system elektronik yang berfungsi sebagai pendeteksi perubahan teperatur suhu di lingkungan dan mengonversinya menjadi sinyal listrik yang kemudian dianalisis oleh sistem kontrol. Dalam implementasinya pada sistem deteksi kebakaran, sensor suhu sendiri memiliki beberapa macam jenis ada sensor suhu LM35, DHT11, DHT22 dan DS18B20. Untuk penelitian ini penulis menggunakan sensor suhu DHT11, dimana sensor ini dapat mengukur dua parameter sekaligus yaitu suhu dan kelembapan udara. DHT11 dan DHT22 banyak digunakan karena mampu dalam mengukur suhu dan kelembapan udara secara bersamaan dengan tingkat presisi yang cukup baik. Demikian pada penelitian [11] turut menggunakan sensor DS18B20 sebagai komponennya dalam pengembangan system monitoring multi-sensor guna mendeteksi potensi kebakaran sejak dini.

Sensor suhu bekerja berdasarkan prinsip perubahan resistansi atau tegangan listrik yang terjadi akibat fluktuasi suhu lingkungan. Dalam sistem deteksi kebakaran, sensor ini akan mengaktifkan sinyal peringatan apabila suhu lingkungan melebihi ambang batas tertentu biasanya di atas 40 °C yang dianggap tidak wajar sebagai penanda adanya bahaya potensi kebakaran di lokasi tersebut. Misalnya sebagai contoh, Penggunaan sensor suhu untuk mendeteksi suhu ruangan yang meningkat akibat kebakaran, dan sistem akan memberikan peringatan melalui SMS Gateway [12].

Sensor suhu seperti DHT11 memiliki fitur kalibrasi internal yang akurat, dengan koefisien kalibrasi disimpan dalam memori program OTP (One-Time Programmable), sehingga memudahkan integrasi dalam berbagai aplikasi sistem monitoring suhu dan kelembaban, sensor DHT11 digunakan dalam sistem monitoring hutan berbasis CNN untuk mendeteksi perubahan suhu dan kelembaban yang dapat memicu kebakaran hutan [13].

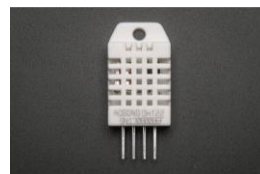
Beberapa keunggulan utama dari sensor suhu meliputi harga yang cukup ekonomis, ketersediaan luas di pasaran, konsumsi daya yang rendah, serta kemudahan integritas dengan berbagai jenis mikrokontroler seperti Arduino dan ESP32. Namun demikian, sensor ini memiliki keterbatasan dalam hal ketahanan terhadap suhu ekstrem yang berkelanjutan. Oleh sebab itu, penempatan serta pelindung fisik pada sensor di lapangan harus dirancang secara tepat untuk menjaga keandalan sensor agar bekerja secara optimal dalam jangka Panjang, DHT11 digunakan dalam sistem monitoring suhu dan kelembaban udara berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 [14].

Tabel 2. 1 Tabel Perbandingan Sensor Suhu

| Sensor | Rentang suhu | Akurasi | Kelembapan | Daya konsumsi | Harga |
|---------|---------------|---------|------------|---------------|--------|
| DTH11 | 0°C - 50°C | ±2°C | 20% - 80% | Rendah | Murah |
| DHT22 | -40°C - 80°C | ±0.5°C | 0% - 100% | Rendah | Sedang |
| DS18B20 | -55°C - 125°C | ±0.5°C | Tidak ada | Rendah | Sedang |
| LM35 | -55°C - 150°C | ±0.5°C | Tidak ada | Rendah | Murah |



Gambar 2. 1 Sensor Suhu DTH11



Gambar 2. 2 Sensor Suhu DHT22



Gambar 2. 3 Sensor Suhu DS18B20



Gambar 2. 4 Sensor Suhu LM35

2.2.3 Sensor Asap

Sensor asap berperan penting terhadap sistem mendeteksi kebakaran maupun perangkat pemantau kualitas udara. Sensor bekerja berdasarkan prinsip perubahan resistansi pada elemen sensitif di dalam sensor ketika terpapar gas atau partikel asap. Dalam konteks deteksi ini sensor memungkinkan identifikasi adanya asap atau partikel hasil pembakaran sejak dini, bahkan sebelum munculnya api secara kasatmata. Sebagaimana pemanfaatan sensor asap dalam perangkat elektronik masa kini telah melampaui fungsi tradisionalnya sebagai detektor kebakaran. Saat ini, sensor tersebut juga menjadi bagian integral dari sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dibuat untuk melakukan pemantauan kondisi lingkungan secara waktu nyata [6].

Sensor bekerja berdasarkan prinsip perubahan resistansi pada elemen sensitif di dalam sensor ketika terpapar gas atau partikel asap. Perubahan resistansi ini kemudian dikonversikan menjadi nilai tegangan analog yang dibaca oleh mikrokontroler untuk menentukan konsentrasi gas di lingkungan sekitar [15]. Sensor MQ-2 dan MQ-135 merupakan sensor yang banyak digunakan dalam sistem deteksi kebakaran. Sensor MQ-2 sensitif terhadap gas-gas seperti LPG, Metana, Propana, dan asap secara umum, sedangkan MQ-135 memiliki sensitivitas tinggi terhadap gas CO₂, namun performanya sangat dipengaruhi oleh suhu lingkungan sekitar [16].

Penggunaan sensor MQ-2 dan MQ-135 dalam alat pendeteksi asap rokok menunjukkan efektivitas dalam mendeteksi keberadaan asap pada berbagai jarak [17], dengan sistem yang memberikan peringatan suara kepada pengguna. Dan Selain itu, mengembangkan sistem deteksi asap rokok berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan sensor MQ-2, yang memungkinkan pemantauan kualitas udara secara real-time dan memberikan notifikasi kepada pengguna melalui aplikasi mobile [18].

Sensor asap berbasis teknologi sensor gas MQ-series memiliki sensitivitas yang cukup baik dalam mendeteksi asap maupun gas berbahaya secara real-time, sehingga memungkinkan pengambilan tindakan cepat sebelum api berkembang menjadi besar [16]. Penggunaan sensor MQ-2 dan MQ-135 dalam sistem monitoring kualitas udara juga mengharuskan adanya kalibrasi rutin karena fluktuasi suhu dan kelembaban dapat mempengaruhi akurasi pembacaan sensor [19]. Selain itu, efektivitas sensor asap sangat bergantung pada desain fisik dan proteksi sensor agar dapat bekerja optimal di berbagai kondisi lingkungan, termasuk area terbuka dan industri berat [16].

Keunggulan sensor asap:

1. Deteksi multi-gas
2. Waktu respon cepat
3. Mudah dikalibrasi dan digunakan Namun, sensor ini juga memiliki kelemahan seperti:
 1. Dibutuhkan waktu pemanasan (preheating) saat dinyalakan
 2. Kelembaban dan suhu ekstrem dapat mempengaruhi sensitivitas

Oleh karena itu, agar sensor tetap menghasilkan data yang akurat dan andal dalam jangka waktu panjang sangat diperlukan perawatan dan kalibrasi rutin pada sensor gas [23].



Gambar 2. 5 Sensor Asap MQ2



Gambar 2. 6 Sensor Asap MQ135

Namun, pada penelitian ini digunakan modul smoke detector berbasis IoT yang dapat terhubung dengan aplikasi *Deon smart Living* pada smartphone Android. Modul ini menggunakan sensor optik untuk mendeteksi partikel asap secara langsung, dan memiliki keluaran digital yang mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler. Melalui aplikasi *Deon smart Living*, kondisi sensor dapat dipantau secara real-time, serta memberikan notifikasi peringatan secara otomatis apabila terdeteksi asap. Integrasi ini memudahkan pemantauan jarak jauh dan mempercepat respon terhadap potensi kebakaran di area perkebunan tebu.



Gambar 2. 7 Smart Smoke Detector

2.2.4 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep dari berbagai perangkat fisik saling terhubung melalui jaringan internet dan dapat saling berkomunikasi serta berbagi data secara otomatis. Dalam sistem deteksi kebakaran, IoT memungkinkan integrasi sensor suhu dan asap dengan platform pemantauan berbasis cloud atau aplikasi smartphone, sehingga pengawasan dapat dilakukan dari jarak jauh secara real-time [5]. Sistem ini biasanya menggunakan mikrokontroler seperti ESP8266 untuk menghubungkan sensor-sensor tersebut dengan layanan cloud seperti *ThingSpeak* atau aplikasi seperti Blynk [20]. Penambahan fitur notifikasi otomatis juga sangat penting untuk memberikan peringatan kepada pengguna ketika ambang batas suhu atau gas terlampaui [21].

Penerapan IoT dalam sistem deteksi kebakaran memberikan beberapa keunggulan utama:

1. Pengiriman data sensor secara instan ke server atau pengguna.
2. Notifikasi real-time melalui aplikasi, atau dashboard online.
3. Kemudahan pemantauan multi-lokasi sekaligus.
4. Riwayat data yang dapat disimpan dan dianalisis untuk tindakan preventif jangka panjang.

Platform IoT yang umum digunakan antara lain:

1. *ThingSpeak*: untuk visualisasi data *real-time*.
2. Telegram API: untuk notifikasi pesan.
3. Firebase: untuk manajemen data cloud.

Komponen utama dalam sistem IoT biasanya terdiri dari sensor, mikrokontroler (misalnya NodeMCU ESP8266/ESP32), dan modul komunikasi (GSM, LoRa, atau Wi-Fi). Kombinasi ini memungkinkan perangkat pendeteksi di lapangan untuk tetap aktif dan responsif, meskipun berada di lokasi yang jauh dari pusat kendali.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Desain Umum sistem

Sistem deteksi kebakaran pada perkebunan tebu ini terdiri dari beberapa blok utama yang saling terintegrasi untuk memantau kondisi suhu dan keberadaan asap secara real-time, kemudian mengirimkan peringatan kepada pengguna melalui teknologi Internet of Things (IoT). Blok-blok sistem tersebut adalah sebagai berikut:

3.1.1 Sensor Suhu (DHT11)

Sensor ini digunakan untuk mendeteksi perubahan suhu lingkungan di area perkebunan tebu. DHT11 mampu mengukur suhu pada rentang 0–50°C dan kelembapan 20–80% RH. Data suhu ini digunakan untuk mendeteksi potensi kebakaran ketika terjadi kenaikan suhu yang signifikan di atas ambang batas yang telah ditentukan.

3.1.2 Sensor Asap (Smoke Detector)

Sensor asap berfungsi mendeteksi keberadaan partikel asap yang timbul akibat pembakaran. Smoke detector yang digunakan memiliki jangkauan deteksi hingga 20 m² dan sensitif terhadap asap padat seperti hasil pembakaran daun kering. Data dari sensor ini menjadi parameter utama dalam mengidentifikasi indikasi awal kebakaran.

3.1.3 Mikrokontroler

Mikrokontroler berperan sebagai pusat pengolah data dari sensor suhu dan sensor asap. Data yang diterima diolah untuk menentukan apakah kondisi yang terdeteksi memenuhi kriteria peringatan kebakaran. Mikrokontroler juga mengatur proses pengiriman data ke modul komunikasi dan sistem notifikasi.

3.1.4 Modul Komunikasi Data (Wi-Fi)

Modul ini digunakan untuk mengirimkan data hasil deteksi sensor ke aplikasi pemantauan secara real-time. Sistem ini memanfaatkan jaringan Wi-Fi untuk terhubung dengan platform monitoring, sehingga pengguna dapat memantau kondisi dari jarak jauh.

3.1.5 Aplikasi Pemantauan (*Deon Smart Living*)

Aplikasi ini berfungsi menampilkan data konsentrasi asap, dan status sistem secara real-time kepada pengguna. Aplikasi juga mengirimkan notifikasi otomatis jika terdeteksi kondisi yang melampaui ambang batas normal, sehingga memungkinkan pengguna segera mengambil tindakan.

3.1.6 Sumber Daya (Panel Surya dan Baterai)

Sistem ini mendapatkan pasokan daya dari panel surya yang mengisi baterai sebagai sumber listrik utama. Dengan sumber daya mandiri ini, sistem dapat beroperasi secara terus-menerus di area perkebunan yang tidak memiliki akses listrik PLN.

3.2 Parameter Pengujian

Dalam tahap evaluasi sistem deteksi kebakaran berbasis sensor suhu dan asap, serangkaian pengujian dilakukan untuk menilai kemampuan sistem dalam memberikan respon secara cepat, tepat, dan stabil. Adapun parameter-parameter utama yang diuji adalah sebagai berikut:

3.4.1 Ambang Batas Suhu

1. Nilai: 40°C
2. Alasan: Suhu > 40°C menandakan potensi kebakaran
3. Metode: Uji bertahap dengan sumber panas (lilin/korek) hingga sistem merespon.

3.4.2 Konsentrasi Asap

1. Nilai: >300 (output analog sensor asap modul *Smoke Detector*)
2. Alasan: Berdasarkan referensi datasheet dan hasil uji awal.
3. Metode: Pembakaran rokok/vape dan dedaunan kering untuk memicu sensor.

3.4.3 Waktu Respon Sistem

1. Target: <5 detik
2. Metode: Stopwatch dari saat sensor aktif hingga alarm/notifikasi muncul.

3.4.4 Akurasi Deteksi

Metode: Bandingkan sensor suhu dengan termometer digital dan *Smoke detector* dengan pengamatan visual/kondisi nyata.

3.4.5 Konsistensi Respon

Metode: Uji berulang (≥ 10 kali) pada kondisi sama untuk melihat kestabilan deteksi.

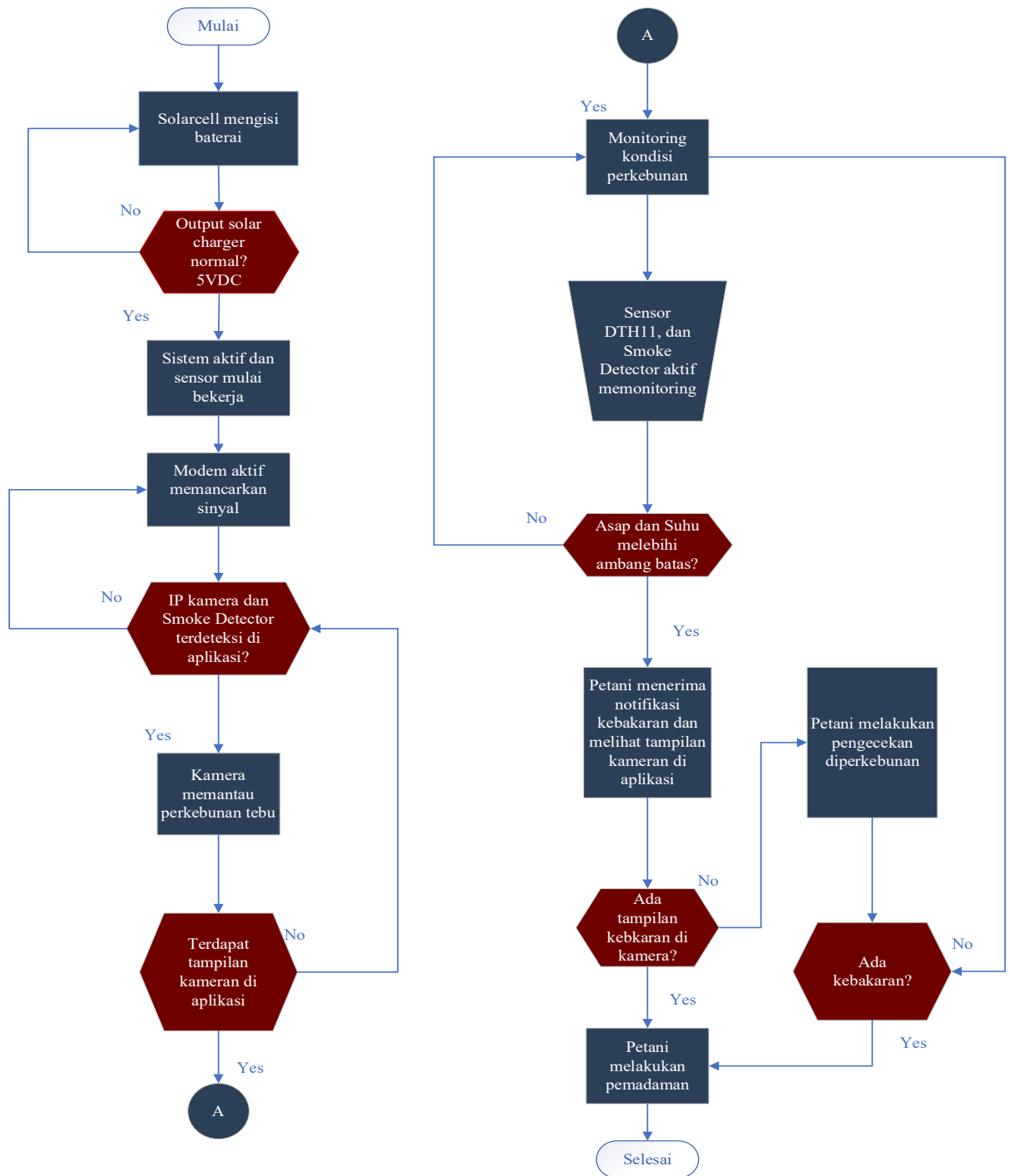
3.4.6 Jangkauan Notifikasi (IoT)

Metode: Kirim notifikasi ke beberapa perangkat di lokasi berbeda untuk cek real-time delivery.

3.3 Flowchart Proses Alat

Berikut adalah penjelasan flowchart proses Alat:

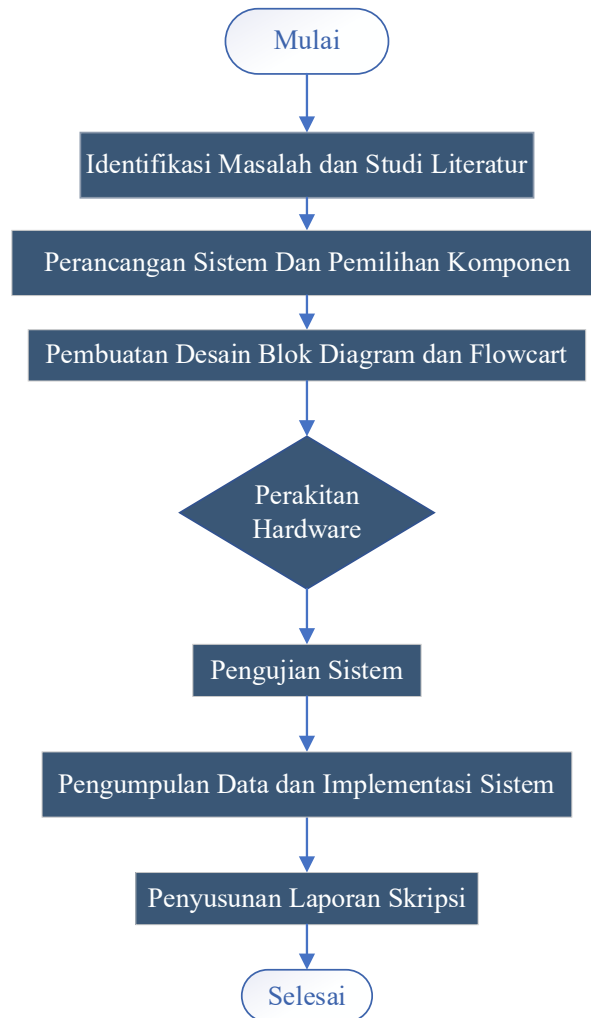
1. Mulai, Aktifkan sistem pemantauan dan notifikasi kebakaran secara langsung.
2. Panel surya mengisi daya baterai yang menjadi sumber utama sistem, termasuk modem internet dan kamera pengawas (CCTV).
3. Jika tegangan keluaran dari solar charger belum mencapai 5V DC, maka panel surya akan terus mengisi daya hingga tercapai.
4. Sistem baru akan aktif ketika tegangan telah mencapai batas normal.
5. Modem kemudian akan memancarkan sinyal ke area perkebunan sebagai akses point untuk koneksi kamera dan sensor asap ke jaringan internet.
6. Kamera pengawas akan mulai mengirimkan tampilan situasi secara real-time ke aplikasi Deon Smart.
7. Sensor asap akan mengukur konsentrasi partikel asap di lingkungan sekitar. Jika kondisi normal, sistem akan tetap dalam mode pemantauan.
8. Jika kadar asap terdeteksi melebihi ambang batas, sensor akan mengirimkan notifikasi ke aplikasi bahwa ada potensi kebakaran.
9. Petani akan menerima notifikasi melalui perangkat seluler, lalu memverifikasi kondisi lapangan melalui tayangan kamera di aplikasi.
10. Jika terlihat adanya titik api, petani akan menuju lokasi untuk pemadaman. Jika tidak ada, maka sistem akan direset.
11. Setelah proses pemadaman selesai, sistem kembali ke mode pemantauan aktif secara otomatis.



Gambar 3. 1 Flowchart Proses Alat

3.4 Diagram Alir

Pada Gambar 3.2 ditunjukkan diagram alir tahapan penelitian yang menjelaskan proses penyusunan sistem mulai dari identifikasi masalah hingga penyusunan laporan akhir.



Gambar 3. 2 Diagram Alir

3.5 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan secara eksperimental melalui serangkaian pengujian, yang meliputi:

1. Uji Sensor Suhu dan Asap

Menguji kemampuan sensor dalam mendeteksi peningkatan suhu dan keberadaan asap menggunakan sumber panas dan asap buatan.

2. Uji Waktu Respon Sistem

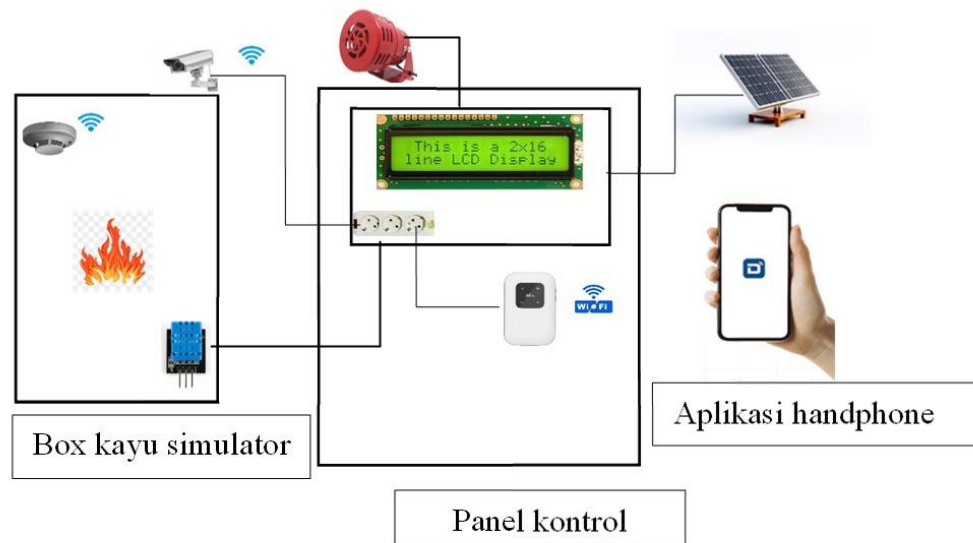
Mengukur seberapa cepat sistem memberikan respon berupa peringatan sejak terdeteksinya kondisi bahaya oleh sensor.

3. Uji Notifikasi IoT

Menilai keandalan sistem dalam mengirimkan peringatan ke aplikasi pengguna, termasuk kecepatan notifikasi dan kestabilan jaringan selama proses pengiriman data.

3.6 Rancangan Sistem Hardware

Pada Gambar 3.3 ditunjukkan rancangan sistem hardware yang digunakan dalam penelitian, terdiri dari sensor suhu, smoke detector, kamera, panel kontrol, sounder, panel surya, serta integrasi ke aplikasi handphone melalui jaringan Wi-Fi.



Gambar 3. 3 Perancangan Hardware

3.6.1 Smoke Detector

Pada penelitian tugas akhir ini, sensor asap pintar (smart smoke sensor) digunakan untuk mendeteksi keberadaan asap atau indikasi kebakaran yang terjadi di area perkebunan tebu.

Spesifikasi alat ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Spesifikasi Smoke Detector

| | |
|--------------------------|-------------------------|
| Battery | AAA 1,5V (2pcs) |
| Static Current | $\leq 15\mu\text{A}$ |
| Alarm Current | $\leq 220\text{mA}$ |
| Low-voltage notification | $\leq 2.4 \text{ V}$ |
| Wifi | 2.4 GHz |
| Detection Range | 20 m ² |
| Installation Method | Ceiling Mounted |
| Working Temperature | -10° - 50° C |
| Working Humidity | $\leq 95 \% \text{ RH}$ |

3.6.2 IP Kamera (Internet Protocol Camera)

Pada penelitian ini, kamera IP digunakan untuk merekam aktivitas dan kejadian yang berlangsung di area perkebunan tebu secara real-time. Spesifikasi kamera ini adalah:

Tabel 3. 2 Spesifikasi Kamera

| | |
|--------------------|------------------------------|
| Audio Output/Input | Built-In Microphone/Speaker |
| Image Resolution | 3MP (2304x1296) |
| Wireless | 2.4G WIFI (IEEE802.11b/g/n) |
| Operating Temp | -20°C - 50°C |
| Input Voltage | DC 5V/1A |
| Storage | SD Card Max.128GB, |
| IR Distance | Night Visibility up to 10m |
| Alarm Trigger | Intelligent Motion Detection |
| IP Rating | IP65 |

3.6.3 Modem internet

Modem berfungsi sebagai pengaktif koneksi internet yang memungkinkan perangkat seperti komputer, laptop, dan smartphone terhubung ke jaringan global. Perangkat ini bertindak sebagai perantara antara perangkat pengguna dan jaringan internet yang disediakan oleh Penyedia Layanan Internet (ISP).

Spesifikasi adalah berikut :

Modem Wifi 4G USB

Modem Wifi 4G LTE

Mendukung Jaringan

Tabel 3. 3 Spesifikasi Modem Internet

| | |
|--------------------|-------------------------------------|
| 4G LTE FDD | B1/B3/B5 |
| 3G WCDMA UMTS | B1 |
| WiFi | Mendukung IEEE802.11b/g/n band 2.4G |
| Kecepatan 4G | downlink 150Mbps |
| Suhu pengoperasian | 0 ° hingga 35 ° C |
| Ukuran produk | 96 . 33 x 12mm |
| Berat produk | 30g |

3.6.4 Panel surya

Dalam penelitian ini, panel surya difungsikan sebagai sumber utama penyedia daya bagi sistem deteksi kebakaran yang diterapkan pada area perkebunan tebu.

Solar panel terdiri dari beberapa bagian yakni:

1. Solar sel
2. Baterai
3. Baterai charger controler

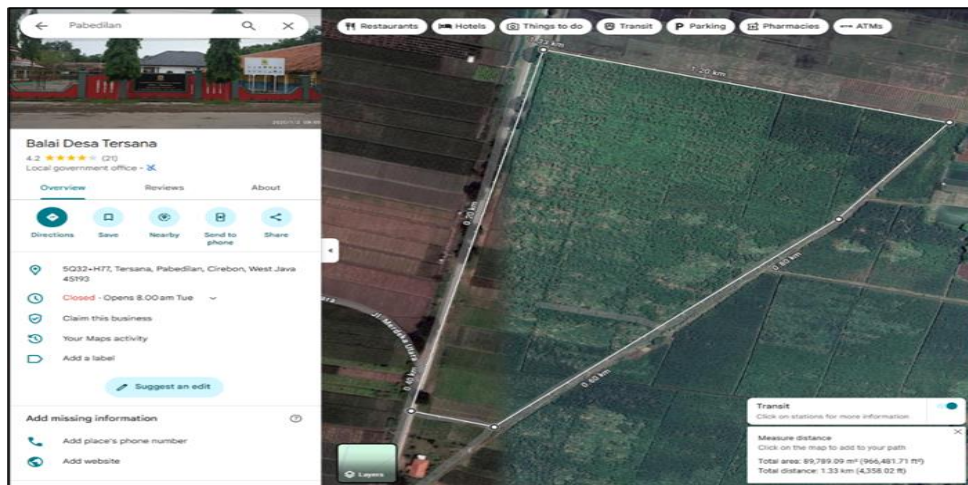
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Rancangan Sistem

Perancangan sistem deteksi kebakaran real-time berbasis sensor suhu dan asap dilakukan dengan memanfaatkan integrasi kedua jenis sensor tersebut untuk memantau perubahan suhu lingkungan dan keberadaan partikel asap secara simultan. Sistem ini dirancang agar mampu bekerja secara sinergis dengan komponen pendukung lainnya untuk mendeteksi potensi kebakaran. Tahapan perancangan mencakup pembuatan diagram blok sistem, penentuan tata letak fisik dan posisi pemasangan sensor, spesifikasi teknis setiap komponen yang digunakan, serta perancangan rangkaian wiring dan mekanisme proteksi guna memastikan kinerja sistem yang optimal.

4.1.1 Tempat Penelitian



Gambar 4. 1 Lokasi Penelitian (Tampilan Peta)

Penelitian tugas akhir ini dilakukan di area kebun tebu yang berlokasi di Jl. Mayjen Sutoyo, Desa Tersana, Kecamatan pabedilan, kabupaten Cirebon, Jawa barat. Lokasi ini dipilih karena memiliki luas area yang cukup besar, yaitu 89,789 m², serta termasuk wilayah yang rentan mengalami kebakaran saat musim kemarau. Tanaman tebu yang ditanam memiliki usia sekitar 17 bulan dengan rata-rata ketinggian mencapai 210 cm, yang menjadikan potensi penyebaran api cukup tinggi apabila terjadi percikan api atau panas berlebih. Oleh karena itu, Lokasi ini dinilai

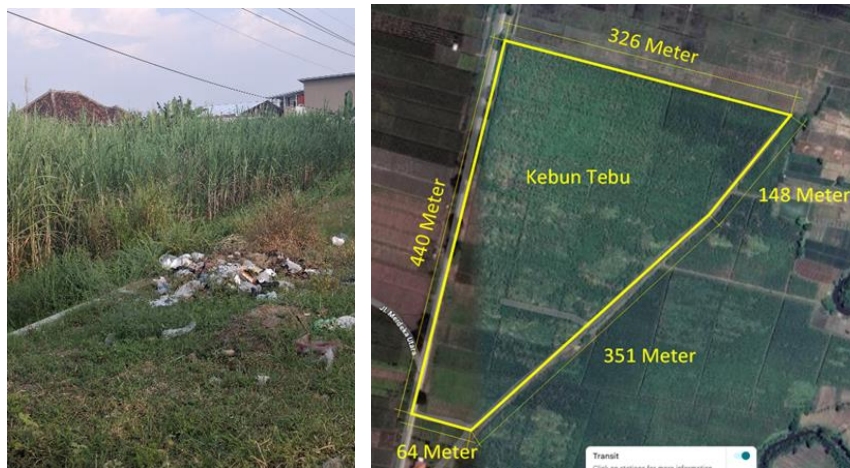
sesuai untuk penerapan sistem deteksi kebakaran berbasis sensor suhu dan asap sebagai Solusi preventif.

Saat observasi dilapangan, ditemukan beberapa fakta yakni :

1. Kebun tebu berada di pinggir jalan utama Desa Tersana
2. Kebun tebu dekat dengan pemukiman warga
3. Usia tanam 17- 18 bulan dan ketinggian pohon rata-rata 210 cm
4. Terdapat tumpukan sampah dipinggir JL. Mayjen sutoyo dan dekat dengan kebun tebu yang berpotensi paling besar menjadi penyebab kebakaran kebun tebu.



Gambar 4. 2 Lokasi Penelitian (Lokasi Langsung)



Gambar 4. 3 Temuan Kumpulan Sampah di Pinggir Area Perkebunan

Berdasarkan hasil observasi lapangan, terdapat dua faktor dominan yang berpotensi memicu kebakaran pada perkebunan tebu di sepanjang Jalan Mayjen Sutoyo. Faktor pertama adalah keberadaan tumpukan sampah pada beberapa titik yang bersifat mudah terbakar, khususnya jika terjadi pembakaran sampah oleh warga. Faktor kedua adalah aktivitas lalu lintas masyarakat di jalur utama tersebut, di mana puntung rokok yang dibuang sembarangan dapat menimbulkan percikan api pada lahan tebu yang kering. Berdasarkan kedua kondisi tersebut, area perkebunan tebu di sepanjang Jalan Mayjen Sutoyo diklasifikasikan sebagai zona merah dengan tingkat kerawanan kebakaran yang tinggi.



Gambar 4. 4 Zona Merah Pada Perkebunan Tebu

4.2 Prototipe Alat

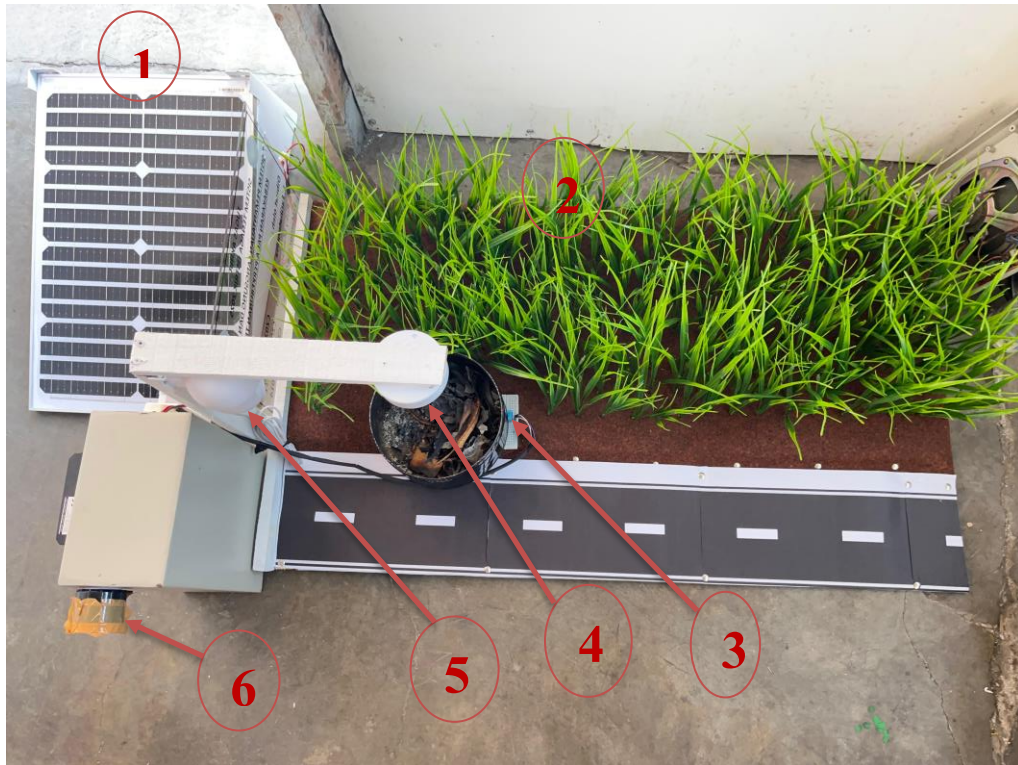
Prototipe alat pada penelitian ini merupakan model awal sistem deteksi kebakaran real-time berbasis sensor suhu dan asap yang dirancang untuk merepresentasikan fungsi dan kinerja sistem secara keseluruhan sebelum diimplementasikan secara penuh di lapangan. Prototipe ini mengintegrasikan perangkat keras (hardware) seperti kamera/CCTV, smoke detector, sensor suhu DHT-11, dan modul solar cell, serta perangkat lunak (software) yang mendukung pemantauan dan pengiriman notifikasi secara otomatis. Tujuan utama pembuatan prototipe adalah untuk menguji kesesuaian rancangan dengan kondisi nyata di area perkebunan tebu, melakukan kalibrasi sensor, memastikan stabilitas koneksi, serta mengevaluasi respons sistem terhadap potensi kebakaran, disesuaikan dengan karakteristik lokasi penelitian, yaitu area perkebunan tebu yang berbatasan langsung dengan jalan akses

utama dan memiliki tingkat kerawanan tinggi terhadap kebakaran. Desain konfigurasi dan penempatan komponen dirancang agar mampu memantau area vegetasi berisiko sekaligus memudahkan proses perawatan dan pemantauan langsung di lapangan.

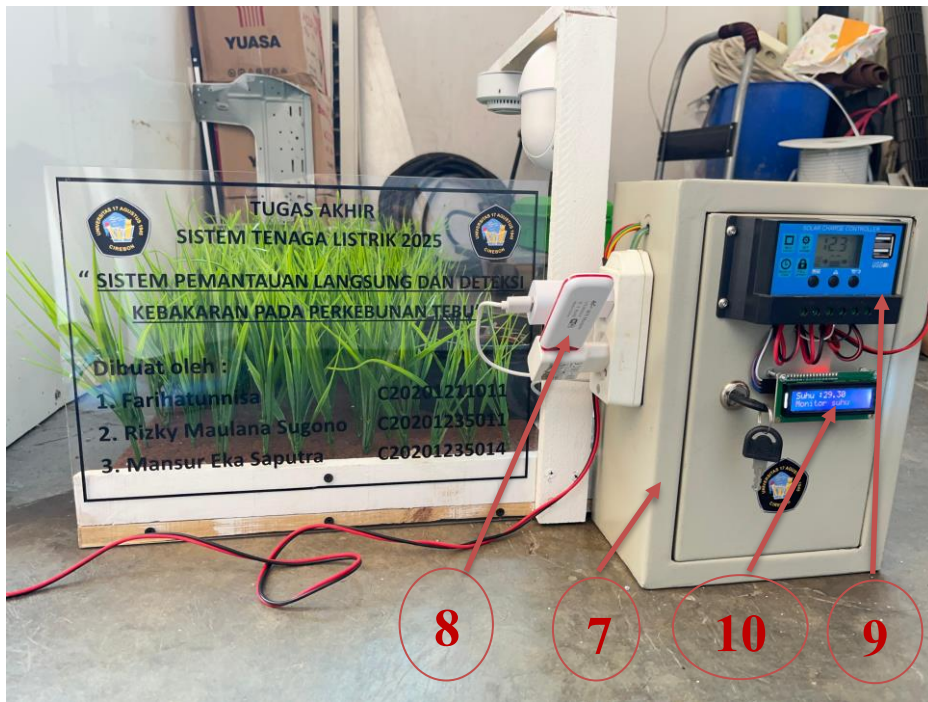
Alat utama yang digunakan terdiri dari:

1. Kamera/CCTV untuk memantau kondisi perkebunan secara visual.
2. Smoke detector untuk mendeteksi keberadaan asap sebagai indikasi awal kebakaran.
3. Modul solar cell sebagai sumber daya seluruh komponen.
4. Sensor suhu DHT-11 untuk memantau perubahan suhu di area perkebunan.

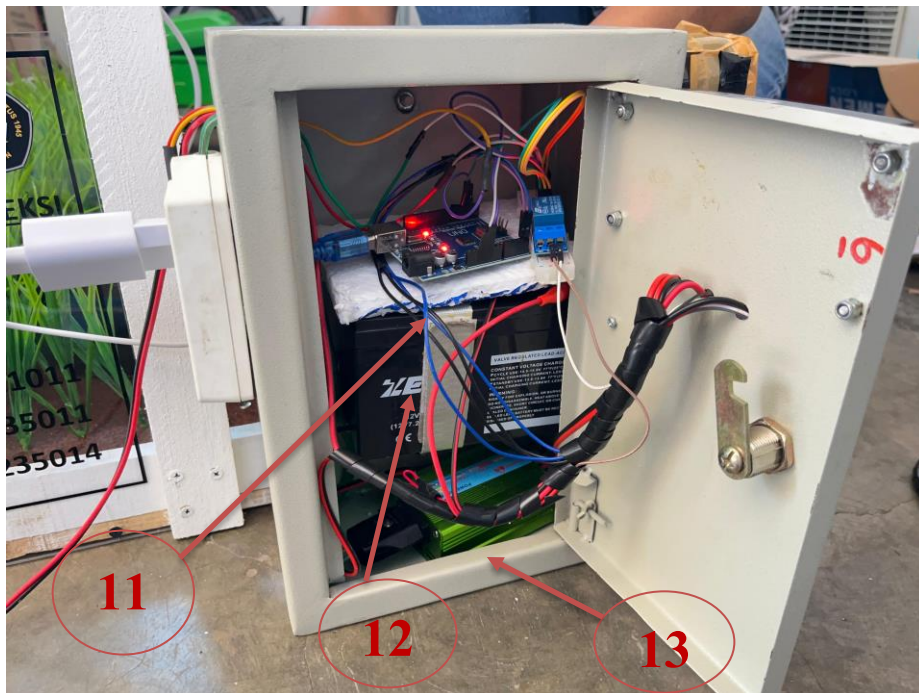
Berikut adalah tampilan Prototipe :



Gambar 4. 5 Prototipe Alat (Tampak Atas)



Gambar 4. 6 Prototipe Alat (Tampak Depan)



Gambar 4. 7 Prototipe Alat (Tampak Depan Panel)

Bagian-bagian alat :

1. Panel Surya
2. Perkebunan tebu
3. Sensor suhu DHT-11

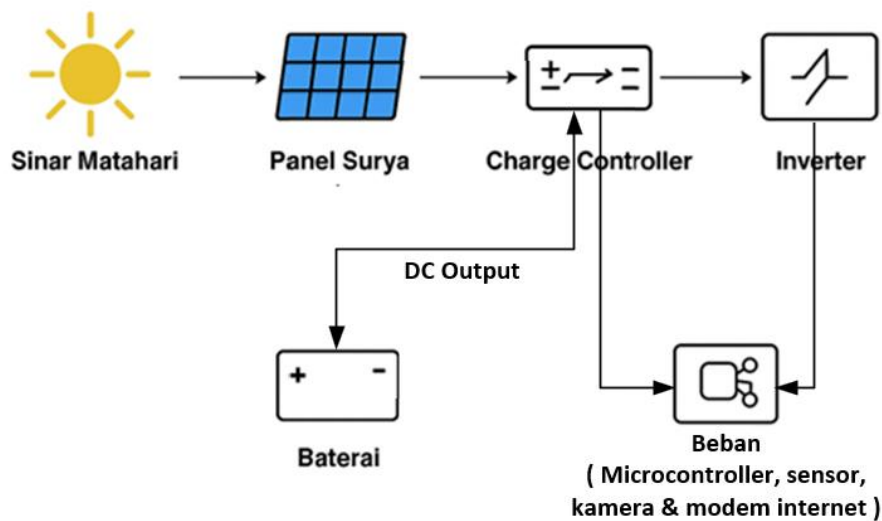
4. Smoke detektor
5. Kamera / CCTV
6. Sirine
7. Panel control
8. Modem internet
9. Solar charger controller
10. LCD
11. Modul Arduino uno
12. Baterai solar panel
13. Inverter

4.3 Blok diagram prototipe alat

Sistem tenaga surya ini bekerja dengan mengubah sinar matahari melalui panel surya menjadi listrik DC, kemudian diatur oleh charge controller agar stabil dan aman untuk disimpan di baterai maupun digunakan langsung. Jika diperlukan, listrik DC diubah menjadi AC oleh inverter. Energi tersebut kemudian digunakan untuk menghidupkan beban, yaitu mikrokontroler, sensor suhu DHT-11, smoke detector, kamera, dan modem internet. Dengan demikian, sistem dapat beroperasi secara mandiri tanpa listrik PLN, sehingga sesuai diterapkan di perkebunan tebu yang luas dan rawan kebakaran.

Komponen Utama:

1. Panel Surya: Mengubah sinar matahari jadi listrik DC.
2. Charge Controller: Mengatur arus/tegangan agar baterai aman.
3. Baterai: Menyimpan energi untuk digunakan kapan saja.
4. Inverter: Mengubah listrik DC jadi AC bila diperlukan.
5. Beban: Perangkat sistem deteksi (mikrokontroler, sensor, kamera, modem).



Gambar 4. 8 Blok Diagram Prototipe Alat

4.4 Pengujian Alat

4.4.1 Pengujian Sensor Suhu (DHT11)

Pengujian sensor suhu dilakukan untuk memastikan bahwa sensor DHT11 mampu mendeteksi kenaikan suhu lingkungan secara akurat dan memberikan output berupa bunyi buzzer apabila suhu melewati ambang batas yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan dengan 2 metode:

1. Pengujian temperatur actual dilapangan / Perkebunan tebu.

Pengujian dilapangan dilakukan untuk mendapatkan data temperature actual pada perkebunan tebu di pagi, siang dan malam hari. Serta data yang di dapat akan digunakan sebagai setingan pada sensor suhu. Pengujian temperatur actual di lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi suhu pada area perkebunan tebu di berbagai waktu, yaitu pagi, siang, sore, dan malam. Data ini digunakan sebagai acuan dalam menentukan ambang batas pada sensor suhu DHT11. Berdasarkan hasil pengukuran, suhu tertinggi tercatat pada pukul 12.20 WIB sebesar 33,10°C, sedangkan suhu terendah tercatat pada pukul 19.42 WIB sebesar 27,00°C. Seluruh pengukuran dilakukan pada kondisi cuaca cerah, sehingga data yang diperoleh merepresentasikan kondisi normal tanpa pengaruh hujan atau kabut. Informasi ini penting agar sistem deteksi kebakaran dapat membedakan antara kenaikan suhu normal akibat cuaca dan kenaikan suhu akibat indikasi kebakaran.

Tabel 4. 1 Pengujian Temperature Aktual Perkebunan Tebu

| No | Hari | Waktu | Suhu | Keterangan |
|----|--------------|-------|----------------------|------------|
| 1 | Hari Pertama | 09.30 | 29.8 ⁰ C | Cerah |
| 2 | Hari Pertama | 12.20 | 33 ⁰ C | Cerah |
| 3 | Hari Pertama | 16.00 | 31 ⁰ C | Cerah |
| 4 | Hari Pertama | 19.42 | 27 ⁰ C | Cerah |
| 5 | Hari Kedua | 10.00 | 30 ⁰ C | Cerah |
| 6 | Hari Kedua | 12.00 | 33.10 ⁰ C | Cerah |
| 7 | Hari Kedua | 15.00 | 32 ⁰ C | Cerah |
| 8 | Hari Kedua | 18.30 | 27.60 ⁰ C | Cerah |

Berdasarkan Tabel 4.1, dapat dilihat bahwa suhu aktual pada perkebunan tebu berkisar antara 27°C hingga 33,5°C. Suhu tertinggi tercatat pada siang hari pukul 12.00–12.20, sedangkan suhu terendah terjadi pada sore hingga malam hari. Seluruh hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu lapangan dalam kondisi normal masih berada di bawah ambang batas deteksi yang ditetapkan sebesar 40°C. Hal ini menegaskan bahwa sistem deteksi kebakaran tidak akan memberikan peringatan palsu (false alarm) pada kondisi normal, dan ambang batas 40°C tepat digunakan sebagai pemicu awal pendeteksian kebakaran.



Gambar 4. 9 Suhu Aktual Perkebunan (Malam dan Siang Hari)

2. Pengujian suhu pada prototype

Pengujian dilakukan dengan menggunakan sumber panas dari api kecil yang disulut di dalam kaleng bekas. Sensor DHT11 kemudian didekatkan secara perlahan ke arah sumber api, sambil mencatat perubahan suhu yang terdeteksi. Pengamatan dilakukan selama beberapa menit, dan respon sistem diamati secara langsung melalui bunyi buzzer serta tampilan pada LCD.



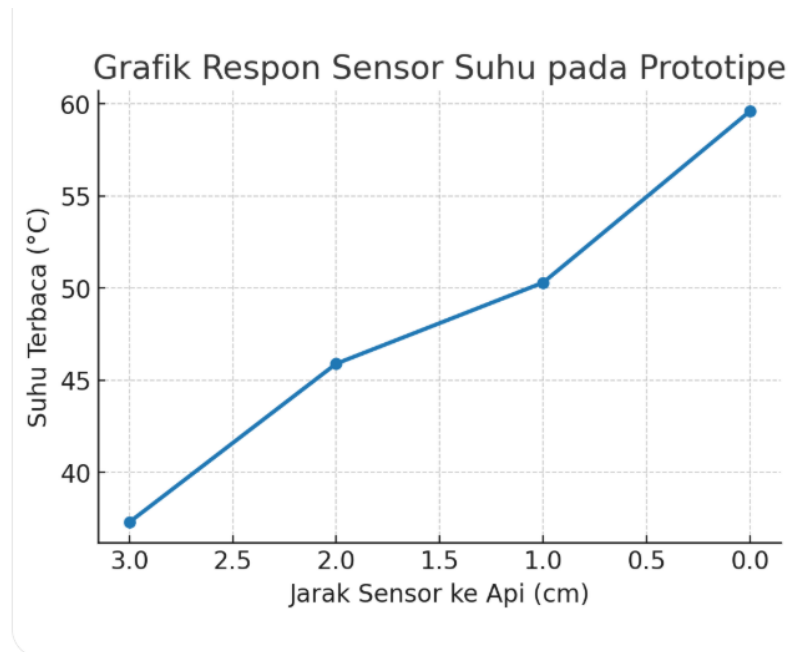
Gambar 4.10 Pengujian Sensor Suhu pada Prototipe

Tabel 4. 2 Pengujian Sensor Suhu pada Prototipe

| No | Jarak sensor ke api (cm) | Suhu terbaca (c°) | Status sistem |
|----|--------------------------|-------------------|----------------------------|
| 1 | 0 | 59.60 | Buzer dan notifikasi aktif |
| 2 | 1 | 50,30 | Buzer dan notifikasi aktif |
| 3 | 2 | 45.90 | Buzer dan notifikasi aktif |
| 4 | 3 | 37,30 | Aman |

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.2, dapat dilihat bahwa semakin dekat jarak sensor dengan sumber api, suhu yang terbaca semakin tinggi. Pada jarak 0–2 cm, suhu terbaca berada di atas 40°C (45,9–59,6°C), sehingga sistem secara otomatis mengaktifkan buzzer dan notifikasi aplikasi. Sebaliknya, pada jarak 3 cm suhu hanya 37,3°C sehingga sistem berada dalam kondisi aman. Hal ini menunjukkan bahwa ambang batas suhu 40°C efektif digunakan sebagai indikator potensi kebakaran. Respon buzzer dan notifikasi terjadi secara

real-time dengan delay kurang dari 2 detik, sehingga sistem memiliki kemampuan memberikan peringatan yang cepat untuk mencegah meluasnya kebakaran.



Gambar 4. 11 Grafik Respon Sensor Suhu Pada Prototipe

Saat sensor ditempatkan sangat dekat dengan sumber api pada jarak 0 cm, suhu yang terbaca mencapai 59,6°C sehingga sistem langsung aktif. Namun, ketika jarak sensor ditambah menjadi 3 cm, suhu yang terdeteksi turun menjadi 37,3°C dan kondisi ini dinyatakan aman karena masih berada di bawah ambang batas suhu 40°C. Pola penurunan suhu tersebut menunjukkan adanya hubungan antara jarak sensor dengan suhu yang terbaca, sesuai dengan logika fisika panas di mana semakin jauh jarak dari sumber api maka panas yang diterima sensor semakin berkurang.

3. Pengujian Sensor Asap (Smoke Detector)

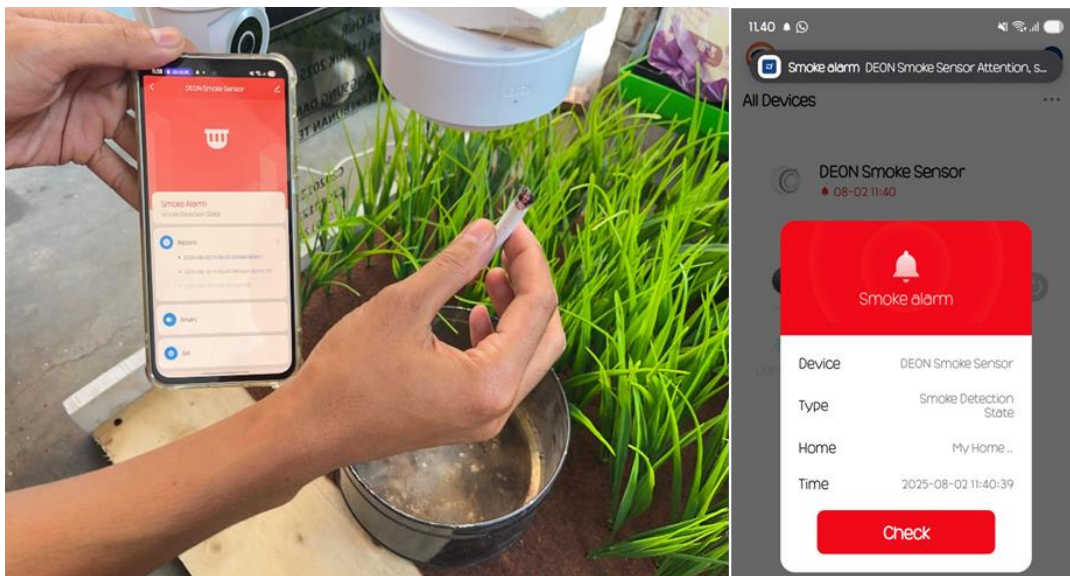
Pengujian sensor asap dilakukan untuk memastikan kemampuan deteksi asap dari dua jenis sumber, yaitu rokok/vape dan pembakaran daun kering. Tujuan dari pengujian ini adalah mengetahui apakah sensor mampu merespons jenis asap yang berbeda dan mengaktifkan output berupa notifikasi ke aplikasi *Deon Smart Living* serta *buzzer* alarm jika diperlukan.

Pengujian dilakukan di area terbuka dengan mendekatkan sumber asap ke arah smoke detector, kemudian mencatat level deteksi (jika tersedia), serta mencatat respon sistem terhadap keberadaan asap.

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Sensor Asap Menggunakan Rokok/Vape

| Pengujian Dengan rokok / vape | Respon pada Smoke detector | Notifikasi pada Aplikasi |
|------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| Ke 1 | Aktif | Tampil |
| Ke 2 | Aktif | Tampil |
| Ke 3 | Aktif | Tampil |
| Ke 4 | Aktif | Tampil |
| Ke 5 | Aktif | Tampil |
| Ke 6 | Aktif | Tampil |
| Ke 7 | Aktif | Tampil |
| Ke 8 | Aktif | Tampil |
| Ke 9 | Aktif | Tampil |
| Ke 10 | Aktif | Tampil |
| Ke 11 | Aktif | Tampil |
| Ke 12 | Aktif | Tampil |
| Ke 13 | Aktif | Tampil |
| Ke 14 | Aktif | Tampil |
| Ke 15 | Aktif | Tampil |
| Ke 16 | Aktif | Tampil |
| Ke 17 | Aktif | Tampil |
| Ke 18 | Aktif | Tampil |
| Ke 19 | Aktif | Tampil |
| Ke 20 | Aktif | Tampil |
| Ke 21 | Aktif | Tampil |
| Ke 22 | Aktif | Tampil |
| Ke 23 | Aktif | Tampil |
| Ke 24 | Aktif | Tampil |
| Ke 25 | Aktif | Tampil |
| Ke 26 | Aktif | Tampil |
| Ke 27 | Aktif | Tampil |
| Ke 28 | Aktif | Tampil |
| Ke 29 | Aktif | Tampil |
| Ke 30 | Aktif | Tampil |
| Ke 31 | Aktif | Tampil |
| Ke 32 | Aktif | Tampil |
| Ke 33 | Aktif | Tampil |
| Ke 34 | Aktif | Tampil |
| Ke 35 | Aktif | Tampil |
| Ke 36 | Aktif | Tampil |
| Ke 37 | Aktif | Tampil |
| Ke 38 | Aktif | Tampil |
| Ke 39 | Aktif | Tampil |
| Ke 40 | Aktif | Tampil |
| Ke 41 | Aktif | Tampil |
| Ke 42 | Aktif | Tampil |
| Ke 43 | Aktif | Tampil |
| Ke 44 | Aktif | Tampil |

| | | |
|-------|-------|--------|
| Ke 45 | Aktif | Tampil |
| Ke 46 | Aktif | Tampil |
| Ke 47 | Aktif | Tampil |
| Ke 48 | Aktif | Tampil |
| Ke 49 | Aktif | Tampil |
| Ke 50 | Aktif | Tampil |



Gambar 4. 12 Pengujian Smoke Detector Menggunakan Rokok dan Tampilan Notifikasi pada Aplikasi

Tabel 4. 4 Pengujian Deteksi Asap dan Suhu Menggunakan Pembakaran Daun Kering dan Kertas

| Pengujian Dedaunan kering dan kertas | Respon pada Smoke detector | Notifikasi pada Aplikasi | Temperatur Sensor suhu | Buzzer aktif |
|--------------------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------|--------------|
| Ke 1 | Aktif | Tampil | 40°C | Aktif |
| Ke 2 | Aktif | Tampil | 40.10°C | Aktif |
| Ke 3 | Aktif | Tampil | 40.20°C | Aktif |
| Ke 4 | Aktif | Tampil | 40.30°C | Aktif |
| Ke 5 | Aktif | Tampil | 40.40°C | Aktif |
| Ke 6 | Aktif | Tampil | 40.60°C | Aktif |
| Ke 7 | Aktif | Tampil | 40.95°C | Aktif |
| Ke 8 | Aktif | Tampil | 41.20°C | Aktif |
| Ke 9 | Aktif | Tampil | 41.70°C | Aktif |
| Ke 10 | Aktif | Tampil | 42.15°C | Aktif |
| Ke 11 | Aktif | Tampil | 42.65°C | Aktif |

| | | | | |
|-------|-------|--------|---------|-------|
| Ke 12 | Aktif | Tampil | 43°C | Aktif |
| Ke 13 | Aktif | Tampil | 43.30°C | Aktif |
| Ke 14 | Aktif | Tampil | 43.98°C | Aktif |
| Ke 15 | Aktif | Tampil | 44.75°C | Aktif |
| Ke 16 | Aktif | Tampil | 45.10°C | Aktif |
| Ke 17 | Aktif | Tampil | 45.55°C | Aktif |
| Ke 18 | Aktif | Tampil | 45.80°C | Aktif |
| Ke 19 | Aktif | Tampil | 46.35°C | Aktif |
| Ke 20 | Aktif | Tampil | 46.80°C | Aktif |
| Ke 21 | Aktif | Tampil | 47.40°C | Aktif |
| Ke 22 | Aktif | Tampil | 47.95°C | Aktif |
| Ke 23 | Aktif | Tampil | 48.25°C | Aktif |
| Ke 24 | Aktif | Tampil | 48.70°C | Aktif |
| Ke 25 | Aktif | Tampil | 49°C | Aktif |
| Ke 26 | Aktif | Tampil | 49.35°C | Aktif |
| Ke 27 | Aktif | Tampil | 49.80°C | Aktif |
| Ke 28 | Aktif | Tampil | 50.10°C | Aktif |
| Ke 29 | Aktif | Tampil | 50.65°C | Aktif |
| Ke 30 | Aktif | Tampil | 50.90°C | Aktif |
| Ke 31 | Aktif | Tampil | 51.25°C | Aktif |
| Ke 32 | Aktif | Tampil | 51.60°C | Aktif |
| Ke 33 | Aktif | Tampil | 51.95°C | Aktif |
| Ke 34 | Aktif | Tampil | 52.45°C | Aktif |
| Ke 35 | Aktif | Tampil | 52.85°C | Aktif |
| Ke 36 | Aktif | Tampil | 53.45°C | Aktif |
| Ke 37 | Aktif | Tampil | 53.80°C | Aktif |
| Ke 38 | Aktif | Tampil | 54.20°C | Aktif |
| Ke 39 | Aktif | Tampil | 55°C | Aktif |
| Ke 40 | Aktif | Tampil | 55.30°C | Aktif |
| Ke 41 | Aktif | Tampil | 55.85°C | Aktif |
| Ke 42 | Aktif | Tampil | 56.10°C | Aktif |
| Ke 43 | Aktif | Tampil | 56.55°C | Aktif |
| Ke 44 | Aktif | Tampil | 57.30°C | Aktif |
| Ke 45 | Aktif | Tampil | 57.95°C | Aktif |
| Ke 46 | Aktif | Tampil | 58.35°C | Aktif |
| Ke 47 | Aktif | Tampil | 58.80°C | Aktif |
| Ke 48 | Aktif | Tampil | 59.40°C | Aktif |
| Ke 49 | Aktif | Tampil | 60°C | Aktif |
| Ke 50 | Aktif | Tampil | 60.20°C | Aktif |

Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa sensor asap dan suhu lebih responsif terhadap asap padat seperti yang dihasilkan dari pembakaran dedaunan kering dan kertas dibandingkan dengan asap dari rokok elektrik. Hal ini terjadi karena pembakaran dedaunan kering dan kertas tidak hanya menghasilkan asap padat, tetapi juga memicu

kenaikan suhu lingkungan secara signifikan, sebagaimana ditunjukkan oleh hasil pengukuran temperatur yang meningkat dari 40°C hingga lebih dari 60°C. Dengan demikian, kedua sensor (modul Smoke Detector dan sensor suhu) aktif secara bersamaan dalam kondisi tersebut.

Hasil perhitungan:

Total temperatur dari 50 kali pengujian = 2459,33°C

Rata-rata temperatur = 49,19°C

Interpretasi hasil pengujian:

1. Sistem menggunakan suhu ambang batas 40°C pada sensor suhu sebagai pemicu aktivasi.
2. Dari 50 kali pengujian menggunakan pembakaran dedaunan kering dan kertas, diperoleh rata-rata suhu terdeteksi 49,19°C.
3. Setiap kali suhu melewati ambang batas 40°C, buzzer dan notifikasi aplikasi selalu aktif tanpa ada kegagalan respon.
4. Hasil ini menunjukkan sistem deteksi bekerja stabil, konsisten, dan sesuai rancangan untuk memberikan peringatan kebakaran secara real-time.

4.5 Implementasi Alat

Implementasi sistem deteksi kebakaran dilakukan setelah seluruh rangkaian pengujian selesai dilaksanakan. Hal ini bertujuan agar penempatan dan konfigurasi alat dapat disesuaikan secara tepat dengan kondisi lapangan. Lokasi pemasangan direncanakan berada di sepanjang area yang termasuk kategori *zona merah* pada perkebunan tebu.

4.5.1 Jumlah Alat

Berdasarkan hasil pengujian, jumlah perangkat yang diperlukan untuk diimplementasikan pada lahan perkebunan tebu, khususnya di sepanjang *zona merah* dengan panjang area sekitar 440 meter, adalah sebagai berikut:



Gambar 4. 13 Pengujian Sistem Deteksi Kebakaran Menggunakan Pembakaran Daun Kering Pada Prototipe Perkebunan Tebu.

1. Smoke detector

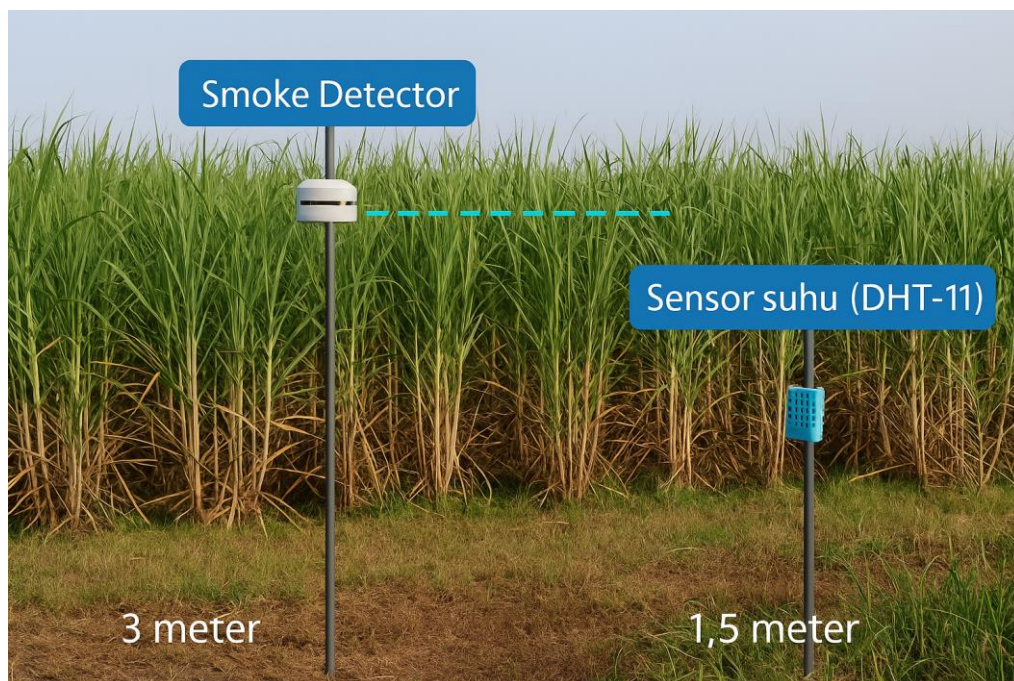
Berdasarkan hasil pengujian alat, dapat disimpulkan bahwa deteksi asap bekerja dengan optimal apabila asap yang terdeteksi memiliki intensitas pekat. Hal ini menunjukkan bahwa penempatan smoke detector tidak boleh dipasang terlalu tinggi, karena semakin tinggi posisi sensor maka kepadatan asap yang diterima akan semakin berkurang sehingga menurunkan sensitivitas deteksi. Mengingat rata-rata tinggi tanaman tebu di lokasi penelitian adalah sekitar 2,1 meter, maka penempatan sensor diasumsikan pada ketinggian 3 meter dari permukaan tanah. Dengan ketinggian tersebut, detektor berada sedikit di atas tajuk tanaman sehingga memungkinkan untuk menangkap asap dengan intensitas yang cukup pekat, sehingga deteksi kebakaran di lahan tebu dapat dilakukan secara lebih efektif.

2. Sensor suhu DHT-11

Berdasarkan pengujian terhadap sensor suhu DHT-11, diketahui bahwa sensor ini memiliki akurasi yang lebih tinggi bila dipasang dekat dengan sumber panas. Oleh karena itu, penempatannya direkomendasikan berada di dalam area perkebunan dengan ketinggian 1,5 meter di atas permukaan tanah. Ketinggian ini dianggap ideal karena memungkinkan sensor untuk mendeteksi perubahan suhu secara langsung saat terjadi kebakaran, sekaligus tetap berada pada posisi yang aman dari potensi gangguan lingkungan.

4.5.2 Ketinggian Tiang

Penempatan smoke detector ditetapkan pada ketinggian 3 meter dari permukaan tanah, sedikit lebih tinggi dari rata-rata tinggi tanaman tebu ($\pm 2,1$ meter). Hal ini dimaksudkan agar sensor dapat menangkap asap pekat yang muncul saat terjadi kebakaran di sekitar tajuk tanaman. Sementara itu, sensor suhu DHT-11 dipasang pada ketinggian 1,5 meter di atas permukaan tanah, sehingga mampu mendeteksi kenaikan suhu secara langsung dan lebih cepat saat kebakaran terjadi, sekaligus tetap berada pada posisi aman dari gangguan lingkungan sekitar.



Gambar 4. 14 Visualisasi Penempatan Sensor di Lapangan

4.5.3 Estimasi Biaya

Untuk estimasi biaya dari material perlu di investasikan berdasarkan tabel 4.5 adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 5 Estimasi Kebutuhan Material

| No | Komponen | Spesifikasi Singkat | Jumlah | Harga Satuan (IDR) | Total (IDR) |
|----|------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------|-------------|
| 1 | Smoke Detector (Smart) | Deteksi asap pekat, baterai AAA 2 pcs, jangkauan ± 20 m ² | 11 unit | 150.000 | 1.650.000 |

| | | | | | |
|---|-------------------------|--------------------------------------------------------|---------|---------|-----------|
| 2 | Sensor Suhu DHT-11 | Rentang 0–50°C, akurasi ±2°C, kelembapan 20–80% RH | 11 unit | 25.000 | 275.000 |
| 3 | Mikrokontroler ESP8266 | Wi-Fi terintegrasi, pengolah data sensor | 11 unit | 70.000 | 770.000 |
| 4 | Tiang Penyangga | Tinggi 3 m, besi galvanis + bracket sensor | 11 Unit | 410.000 | 4.510.000 |
| | | Tinggi 1,5 m, besi galvanis + bracket sensor | 11 Unit | 85.000 | 935.000 |
| 6 | Sounder | Tegangan kerja 12–24 VDC, tingkat suara 85–120 dB | 6 Unit | 150.000 | 900.000 |
| 7 | Instalasi & Konfigurasi | Pemasangan perangkat, uji coba, dan integrasi aplikasi | - | - | 500.000 |
| | Jumlah | | | | 8.640.000 |

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem deteksi kebakaran pada perkebunan tebu berbasis sensor suhu DHT11 dan sensor asap MQ-2 yang terintegrasi dengan teknologi *Internet of Things* (IoT), dapat disimpulkan bahwa sistem ini mampu mendeteksi peningkatan suhu di atas ambang batas 50°C dan keberadaan asap dengan konsentrasi di atas 300 ppm secara akurat. Respon sistem dalam bentuk aktivasi buzzer dan pengiriman notifikasi ke aplikasi *Deon Smart Living* memiliki waktu tunda kurang dari 5 detik, sesuai dengan target yang telah ditetapkan. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa sensor asap lebih responsif terhadap asap padat hasil pembakaran daun kering dibandingkan asap rokok atau *vape*, dengan jarak deteksi optimal kurang dari 20 cm. Integrasi IoT memungkinkan pengiriman notifikasi secara real-time ke perangkat pengguna, meskipun stabilitas jaringan internet di lokasi penelitian masih menjadi faktor penentu keandalan sistem. Secara keseluruhan, sistem ini berpotensi menjadi solusi efektif untuk membantu pengelola perkebunan tebu melakukan tindakan pencegahan kebakaran secara cepat sehingga dapat meminimalkan kerugian ekonomi dan dampak lingkungan.

5.2 Saran

Untuk pengembangan ke depan, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan. Pertama, menambah jumlah sensor sesuai dengan luas lahan dan mempertimbangkan arah angin dominan untuk memastikan seluruh area terpantau secara optimal. Kedua, menggunakan panel surya dengan kapasitas daya lebih besar serta baterai cadangan agar suplai listrik tetap stabil pada malam hari atau saat cuaca mendung. Ketiga, mengintegrasikan sistem dengan modul pemadaman otomatis seperti *sprinkler* berbasis pompa air untuk merespons kebakaran tanpa menunggu tindakan manual. Keempat, mengoptimalkan koneksi IoT dengan teknologi komunikasi jarak jauh seperti LoRa atau GSM sebagai alternatif Wi-Fi di wilayah yang memiliki konektivitas internet terbatas. Terakhir, melakukan pengujian jangka panjang di berbagai kondisi cuaca dan musim guna memastikan keandalan sistem secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

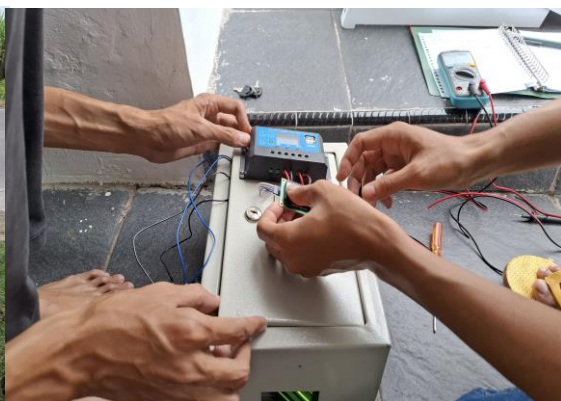
- [1] Ramadhan, M. F., Prasetyo, D. W., & Fauzi, A. (2023). Penerapan Sensor Asap dan Suhu untuk Sistem Deteksi Dini Kebakaran Berbasis Internet of Things. *Jurnal Elektro dan Informatika*, 12.
- [2] Putra, M., & Wibowo, H. (2022). Sistem Deteksi Dini Kebakaran Lahan Menggunakan Sensor Suhu dan Asap Berbasis IoT. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Pertanian*, 9(1).
- [3] Merdeka.com. (2012, September 28). *2.000 Ha kebun tebu di Cirebon ludes terbakar*.
- [4] Suara Cirebon. (2022, Agustus 30). *Lahan Tebu Rakyat di Astanajapura Terbakar*.
- [5] Ilmi, M. M., Pramaditya, H., & Sanusi, A. P. (2025). Sistem deteksi kebakaran otomatis menggunakan sensor api, suhu, dan asap berbasis IoT.
- [6] Nugraha, A. P., Rachman, M. F., & Widodo, H. (2024). *Performance Evaluation of MQ-2 Gas Sensor in Long-Term Fire Detection Systems*. *Journal of Embedded System and Applications*, 14(1), 45–53.
- [7] Pratama, G. A., & Nurpulaela, L. (2023). Pengaruh Suhu Pada Kinerja Sensor MQ-135 Dalam Mendeteksi Gas CO₂. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(1), 45–50.
- [8] Hari Kurnia Safitri¹, Denda Dewatama², Agus Pracoyo³, Rizki Agung Wicaksono (2025). Perancangan Sistem Pendeteksi Kebakaran Rumah Menggunakan IoT(Internet of Things)
- [9] Dissanayake, H., De Silva, C. S., & Hapugoda, K. (2024). Advancement of Microcontroller-Based Fire Suppression System for Enhanced Safety in Sugar Cane Plantations. *Journal of Agriculture and Value Addition*, 6(2), 112–126.
- [10] Buana, C. P., & Sari, D. F. (2025). Sistem Deteksi Kebakaran “SiDinKar” Secara Real Time Berbasis Internet of Things. *KURVATEK*, 10(1), 49–58.

- [11] Lesmideyarti, D., Ihsan, & Armin. (2025). Sistem Monitoring dan Pengujian Multi-Sensor untuk Deteksi Dini Kebakaran. *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, 9(1), 81–88.
- [12] Darnita, Y., Discrie, A., & Toyib, R. (2021). Prototype Alat Pendeksi Kebakaran Menggunakan Arduino. *Jurnal Informatika Upgris*, 7(1), 3–7.
- [13] Bhattacharjee, A., Samanta, S., Bhattacharya, J., & Singh, M. K. (2024). GreenShield: CNN-Based Real-Time Forest Monitoring and Response. *arXiv preprint arXiv:2406.16917*.
- [14] Rangan, A. Y., Yusnita, A., & Awaludin, M. (2024). Penggunaan sensor suhu DHT11, buzzer, dan lampu LED sebagai pemantau suhu ruangan. *Jurnal Manajemen dan Teknologi Informasi*, 14(1), 10–18.
- [15] Taufiq, A. J., Hayat, L., Muchtasjar, B., Iskahar, I., Romandolo, D. G., & Amarudin, R. B. (2024). Sistem monitoring polusi udara berbasis sensor MQ-135 untuk deteksi gas CO₂ dan CO: Studi kasus di lingkungan perkotaan. *Techno (Jurnal Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Purwokerto)*, 25(2), 123–130.
- [16] Rosa, A. A., Mahasiswa, B. A. S., & Lieanto, K. S. (2020). Sistem pendeteksi pencemaran udara portabel menggunakan sensor MQ-7 dan MQ-135. *Ultima Computing: Jurnal Sistem Komputer*, 12(1), 23–28.
- [17] aniza, H., Pamungkas, B., Saputra, Z., & Novitasari, N. (2025). Alat Pendeteksi Asap Rokok dengan Peringatan Suara Menggunakan Sensor MQ-2 dan MQ-135. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 3(1), 129–138
- [18] Irawan, Y., Novrianto, A. W., & Sallam, H. (2021). Cigarette Smoke Detection and Cleaner Based on Internet of Things (IoT) Using Arduino Microcontroller and MQ-2 Sensor. *Journal of Applied Engineering and Technological Science*, 2(2), 85–93.
- [19] Sitanggang, D., Sitompul, C. S., Suyanto, J. H., Kumar, S., & Indra, E. (2022). Analysis of Air Quality Measuring Device Using Internet of Things-Based MQ-135 Sensor. *Sinkron: Jurnal dan Penelitian Teknik Informatika*, 6(3), 1078–1084.

- [20] Saputro, U. A., & Tuslam, A. (2023). Sistem deteksi kebakaran berbasis Internet of Things dengan pesan peringatan menggunakan NodeMCU ESP8266 dan platform ThingSpeak. *Infomedia*, 7(2), 45–52
- [21] Amali, A. F. (2023). Sistem deteksi kebakaran berbasis Internet of Things (IoT) dengan notifikasi real-time. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 12(1), 60–68.

LAMPIRAN

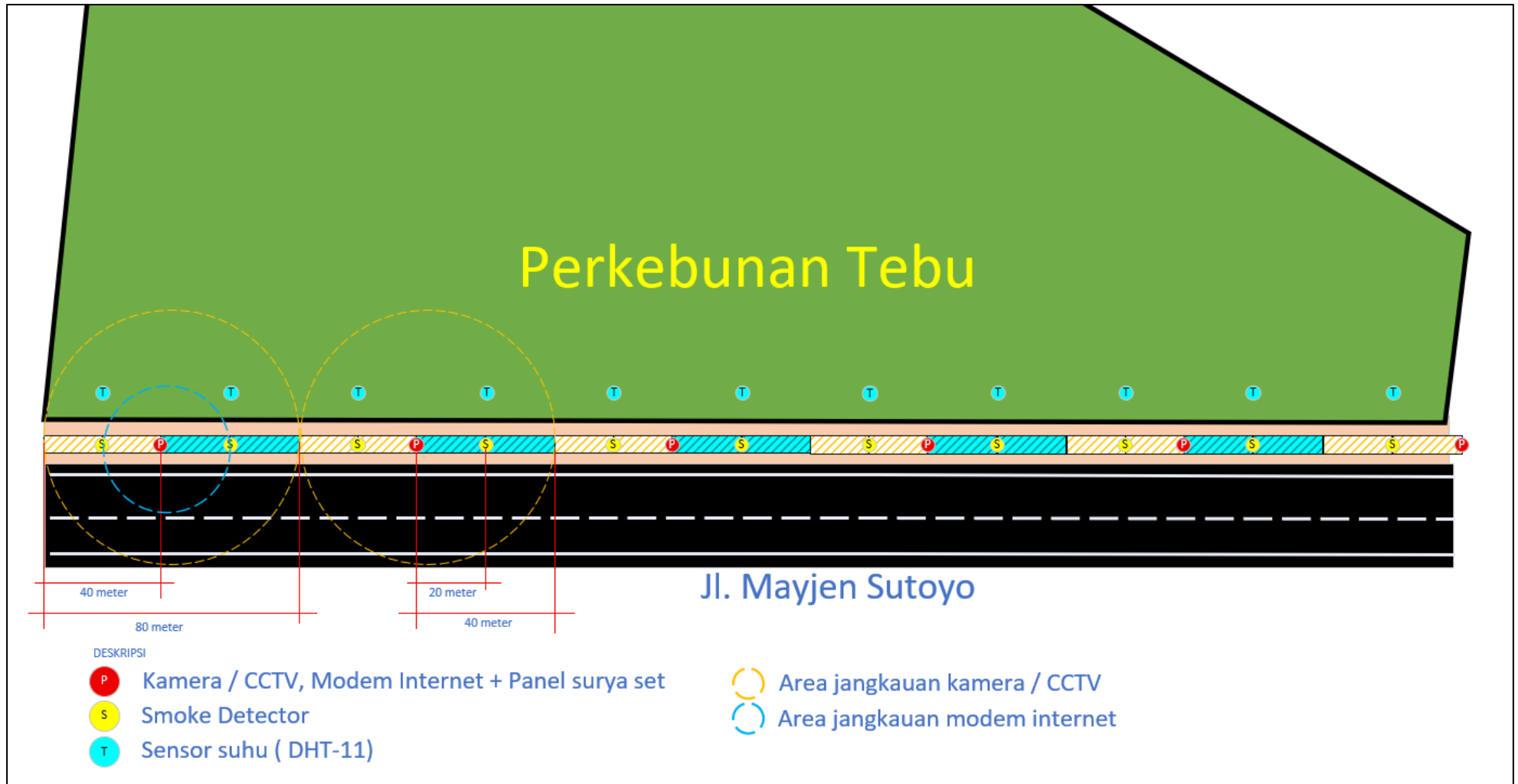
1. Dokumentasi



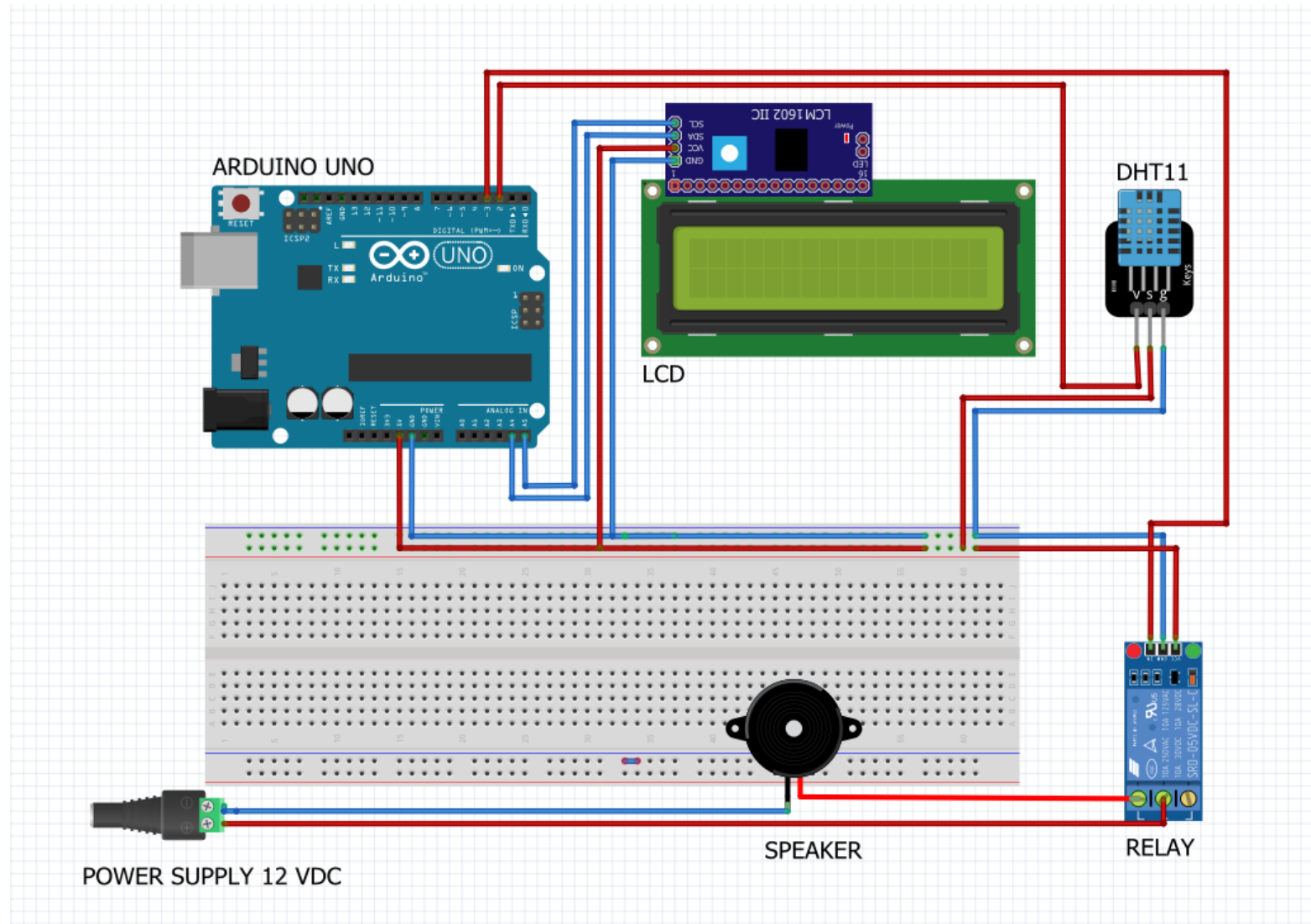
2. Program microcontroller untuk sensor suhu dengan indikasi buzzer

```
arduino_kipas_dht11_lcd.ino  arduino_kipas_dht11_lcd.ino
1  #include <DHT.h>
2  #include <NewPing.h>
3  #include <LiquidCrystal_I2C.h> // Library modul I2C LCD
4
5  // default address 0x27
6  // tipe LCD 16x2 (16,2)
7  LiquidCrystal_I2C lcd = LiquidCrystal_I2C(0x27, 16, 2);
8
9  #define TEMPERATURE_THRESHOLD 30
10 #define DHTPIN 2 // DHT11 data pin connected to digital pin 2
11 #define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
12 #define FAN_PIN 3 // Fan control pin (PWM pin 3)
13
14 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
15
16 void setup() {
17   Serial.begin(9600);
18   dht.begin();
19   Wire.begin();
20   lcd.init();
21   lcd.backlight();
22   lcd.clear();
23   lcd.setCursor(0, 0);
24   lcd.print(" Sistem");
25   lcd.setCursor(0, 1);
26   lcd.print("kipas otomatis");
27   delay(500);
28   lcd.clear();
29   pinMode(FAN_PIN, OUTPUT);
30   digitalWrite(FAN_PIN, LOW); // Ensure fan is off initially
31 }
32
33 void loop() {
34   // Reading temperature
35   float temperature = dht.readTemperature();
36   if (isnan(temperature)) {
37     Serial.println("Failed to read temperature from DHT sensor!");
38     return;
39   }
40   lcd.setCursor(0, 0);
41   lcd.print("Suhu :");
42   lcd.print(temperature);
43   lcd.print(" ");
44   lcd.setCursor(0, 1);
45   lcd.print(" ");
46
47   // Adjust motor speed based on temperature
48   if (temperature > TEMPERATURE_THRESHOLD) {
49     digitalWrite(FAN_PIN, HIGH);
50     lcd.setCursor(0, 1);
51     lcd.print("Speaker aktif");
52   }
53   else {
54     digitalWrite(FAN_PIN, LOW);
55     lcd.setCursor(0, 1);
56     lcd.print("Monitor suhu");
57   }
58 }
```

3. Implementasi alat di Perkebunan tebu



4. Diagram microcontroller untuk sensor suhu dengan indikasi buzzer



5. SSID, IP, Password, IMEI dan Sandi (Wifi-Key) modem internet

