

Perencanaan Desain Sistem dan Web Landing Page Berbasis Fiber Optik untuk Sistem Peringatan Dini Kebakaran Hutan

1st Erni Dianti

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

ernidianti@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Uke Kurniawan Usman

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

ukeusman@telkomuniversity.ac.id

3rd Rizky Satria

School of Electrical Engineering
Telkom University
Bandung, Indonesia

rizkysat@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Kebakaran hutan di Indonesia merupakan bencana tahunan yang berdampak besar terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan sistem peringatan dini (*Early Warning System/EWS*) yang mampu mendeteksi potensi kebakaran secara cepat dan akurat. Penelitian ini berfokus pada perencanaan desain sistem dan pengembangan web landing page berbasis fiber optik sebagai bagian integral dari EWS kebakaran hutan.

Sistem dirancang dengan mengintegrasikan sensor suhu, kelembapan, dan asap yang terhubung ke mikrokontroler Arduino Uno, serta transmisi data melalui Ethernet Shield W5100 ke server berbasis Firebase. Web landing page dikembangkan untuk menerima data sensor secara real-time (≤ 1 detik), menampilkan informasi lingkungan secara visual, dan mendukung pemantauan melalui CCTV berbasis IP. Desain antarmuka web mengutamakan kejelasan informasi, kemudahan navigasi, dan responsivitas terhadap kondisi darurat.

Pengujian dilakukan dengan variasi jarak sensor (30–70 cm) dan kecepatan angin (1,0–2,0 m/s) untuk mengevaluasi akurasi deteksi dan performa sistem. Hasil menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan suhu, kelembapan, dan asap secara efektif, dengan waktu respons yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan. Web landing page terbukti mendukung pengiriman data secara cepat dan akurat, serta memberikan notifikasi otomatis saat kondisi bahaya terdeteksi.

Kata Kunci— Desain Sistem, Web Landing Page, Fiber Optik, *Early Warning System*, Kebakaran Hutan.

kesehatan masyarakat. Selain itu, kebakaran hutan juga berkontribusi terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca yang memperparah perubahan iklim global. Untuk meminimalisir dampak tersebut, diperlukan sistem yang mampu mendeteksi potensi kebakaran secara cepat dan akurat. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah *Early Warning System* (EWS). Sistem ini memungkinkan deteksi dini terhadap kondisi lingkungan yang berpotensi menimbulkan kebakaran, sehingga masyarakat dan pihak berwenang dapat melakukan tindakan preventif sebelum api menyebar luas.

Namun, sistem deteksi konvensional seperti pemantauan satelit masih memiliki keterbatasan dalam hal akurasi, jangkauan, dan kecepatan respons. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan perencanaan desain sistem EWS yang terintegrasi dengan web landing page berbasis fiber optik. Fiber optik dipilih sebagai media transmisi utama karena memiliki keunggulan dalam kecepatan, stabilitas, dan ketahanan terhadap gangguan elektromagnetik. Sistem ini dirancang untuk mengintegrasikan sensor suhu, kelembapan, dan asap yang terhubung ke mikrokontroler, dengan data yang dikirim secara real-time ke server dan ditampilkan melalui web landing page. Web landing page berfungsi sebagai antarmuka utama yang menampilkan data sensor secara visual, mendukung pemantauan melalui CCTV berbasis IP, dan memberikan notifikasi otomatis saat kondisi bahaya terdeteksi. Dengan pendekatan ini, diharapkan sistem dapat meningkatkan efektivitas deteksi dini kebakaran hutan, mempercepat respons, dan mendukung upaya mitigasi bencana secara lebih efisien dan terintegrasi.

I. PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Kebakaran hutan di Indonesia telah menjadi bencana tahunan yang berdampak serius terhadap kelestarian lingkungan, kesehatan masyarakat, dan keberlanjutan ekosistem. Dalam beberapa dekade terakhir, frekuensi dan intensitas kebakaran hutan terus meningkat, dengan data tahun 2023 mencatat lebih dari 1,6 juta hektar lahan terdampak [1]. Fenomena ini merupakan hasil dari interaksi kompleks antara faktor alam seperti musim kemarau panjang dan iklim ekstrem, serta faktor manusia seperti pembukaan lahan dan praktik pertanian yang tidak berkelanjutan.

Dampak kebakaran hutan sangat luas, mulai dari kerusakan ekosistem, hilangnya keanekaragaman hayati, degradasi lahan, hingga pencemaran udara yang mengancam

II. KAJIAN TEORI

A. Kebakaran Hutan

Kebakaran hutan dan lahan (Karhutla) merupakan bencana ekologis yang tidak hanya merusak lingkungan, tetapi juga memunculkan berbagai persoalan sosial dan hukum yang kompleks [2]. Karhutla ditandai dengan munculnya api yang membakar vegetasi alami seperti daun gugur, rumput, semak, dan pepohonan, baik karena tindakan sengaja maupun kelalaian manusia. Peristiwa ini mengakibatkan kerusakan ekosistem, berkurangnya

keanekaragaman hayati, serta menghasilkan kabut asap yang mencemari udara, membahayakan kesehatan manusia, dan mengganggu aktivitas sosial Masyarakat.

B. Early Warning System

Early Warning System (EWS) adalah sistem yang mengintegrasikan proses pemantauan potensi bahaya, penyampaian informasi, dan kesiapsiagaan dalam menghadapi bencana. Tujuan utama dari sistem ini adalah memberikan peringatan secara cepat agar tindakan antisipatif dapat segera dilakukan sebelum situasi menjadi lebih buruk. EWS sangat penting untuk memastikan pemantauan lingkungan berlangsung secara berkelanjutan dan informasi dapat disampaikan secara real-time [3]. Selain kemampuan deteksi dini, sistem ini juga dilengkapi dengan mekanisme penyampaian informasi yang cepat dan akurat, sehingga pengguna dapat segera mengetahui kondisi yang terpantau. Dengan demikian, EWS mendukung pengawasan yang lebih efisien dan mempermudah proses pengambilan keputusan dalam upaya pengurangan risiko. Fungsi utamanya adalah memberikan waktu tambahan bagi masyarakat dan pihak terkait untuk bertindak sebelum bahaya berkembang menjadi bencana yang lebih besar.

C. Fiber Optik

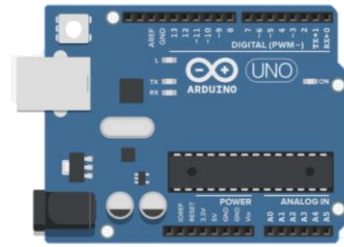
Fiber optik adalah media transmisi berbentuk kabel yang terbuat dari kaca atau plastik berdiameter sangat kecil, sekitar 120 mikrometer, yang mampu mentransmisikan sinyal cahaya dengan kecepatan tinggi. Teknologi ini bekerja berdasarkan prinsip pembiasan cahaya, di mana sumber cahaya berasal dari perangkat pemancar seperti LED atau laser. Struktur kabel fiber optik terdiri dari tiga bagian utama: inti (core) sebagai jalur utama cahaya, selubung (cladding) yang memantulkan cahaya agar tetap berada dalam inti, dan pelapis luar (coating) yang melindungi kabel dari kerusakan fisik [4].

Keunggulan fiber optic menjadikannya pilihan utama dalam industri telekomunikasi. Kabel ini mampu mentransmisikan data dalam jumlah besar secara cepat dan stabil, memiliki kapasitas bandwidth yang tinggi, serta tahan terhadap gangguan elektromagnetik. Dengan kemampuan tersebut, fiber optic sangat mendukung aktivitas digital seperti streaming, video call, dan transfer data jarak jauh, serta menjadi tulang punggung dalam pengembangan infrastruktur jaringan modern [5].

D. Internet of Things

Internet of Things (IoT) merupakan konsep di mana berbagai perangkat fisik seperti mesin dan alat elektronik dapat saling terhubung melalui jaringan internet untuk berkomunikasi dan bertukar data. Dengan dukungan sensor, aktuator, dan konektivitas jaringan, perangkat-perangkat ini mampu mengumpulkan informasi, memprosesnya, serta melakukan tindakan secara otomatis berdasarkan data yang diterima. Menurut IEEE, IoT adalah jaringan yang menghubungkan objek-objek yang dilengkapi sensor ke internet, memungkinkan mereka beroperasi secara terintegrasi dan cerdas dalam mendukung berbagai aktivitas manusia [6]. Berikut adalah perangkat IoT yang digunakan pada sistem EWS:

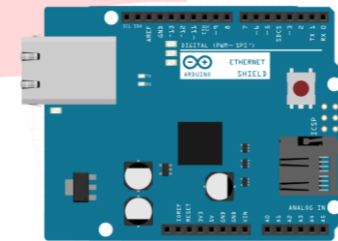
- Mikrokontroler Arduino Uno



Gambar 1. Mikrokontroler Arduino Uno

Mikrokontroler Arduino Uno R3 yang digunakan dalam sistem ini merupakan papan mikrokontroler berbasis chip ATmega328P. Perangkat ini dilengkapi dengan berbagai komponen yang memungkinkan pembacaan input dari sensor, pemrosesan data sesuai dengan program yang telah ditanamkan, serta pengiriman hasil ke komputer atau server lokal melalui koneksi USB atau jaringan lainnya untuk keperluan monitoring dan tindak lanjut [7].

- Ethernet Shield W5100



Gambar 2. Ethernet Shield W5100

Ethernet Shield adalah modul tambahan yang digunakan untuk memperluas kemampuan Arduino agar dapat terhubung dengan jaringan komputer. Modul ini menggunakan chip Wiznet W5100 dan bekerja dengan dukungan pustaka Ethernet, sehingga memungkinkan Arduino berfungsi sebagai server dalam jaringan lokal. Dalam penerapannya, Ethernet Shield berperan sebagai penghubung antara Arduino dan web browser, memungkinkan pemantauan serta pengendalian perangkat secara langsung dan real-time melalui koneksi internet maupun jaringan lokal [8].

- Sensor DHT22



Gambar 3. Sensor DHT22

Sensor DHT22 merupakan alat digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara. Sensor ini memiliki tiga pin utama—daya, data, dan ground—dan bekerja dengan memanfaatkan elemen kapasitif serta termistor untuk melakukan pengukuran. Data hasil pengukuran dikirim secara digital melalui pin data. DHT22 dikenal memiliki tingkat akurasi yang baik, respons cepat, bentuk yang ringkas, serta harga yang relatif ekonomis dibandingkan alat ukur konvensional seperti thermohygrometer, sehingga sangat cocok digunakan dalam sistem monitoring lingkungan [9].

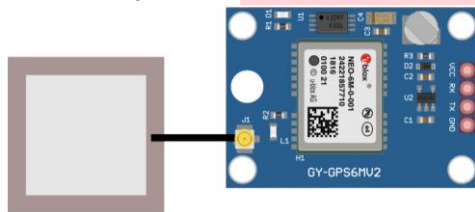
- Sensor MQ-2



Gambar 4. Sensor MQ-2

Sensor MQ-2 merupakan alat pendeteksi gas dan asap yang bekerja dengan menghasilkan output berupa tegangan analog. Sensor ini memiliki sensitivitas tinggi terhadap berbagai jenis gas mudah terbakar seperti LPG, butana, propana, metana, alkohol, dan hidrogen, serta asap. Tingkat kepekaannya dapat disesuaikan melalui trimpot yang tersedia pada modul. Karena kemampuannya tersebut, MQ-2 banyak digunakan dalam sistem deteksi kebocoran gas di lingkungan rumah tangga maupun industri [9].

- GPS NEO-6M



Gambar 5. GPS NEO-6M

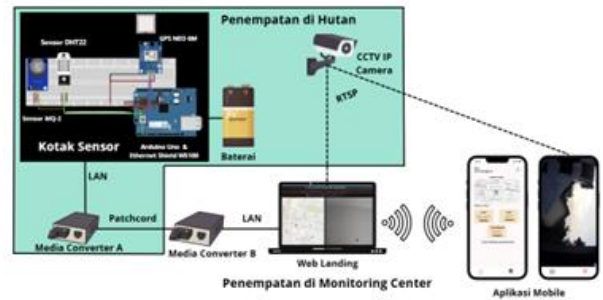
Modul GPS Neo-6M adalah perangkat penerima sinyal satelit yang digunakan untuk menentukan posisi geografis berupa koordinat lintang dan bujur secara langsung. Modul ini mampu mengirimkan data lokasi melalui platform berbasis cloud, sehingga posisi objek yang dipantau dapat diakses dari jarak jauh melalui jaringan tertentu. Karena kemampuannya dalam pelacakan lokasi secara real-time, Neo-6M sering dimanfaatkan dalam sistem berbasis mikrokontroler untuk memantau pergerakan dan posisi suatu objek secara akurat [10].

III. METODE

A. Spesifikasi Sistem

Sistem ini memiliki kemampuan untuk mengirimkan data hasil pembacaan sensor secara real-time ke pusat pemantauan. Data yang diperoleh dari sensor suhu, kelembapan, dan konsentrasi asap diproses oleh mikrokontroler sebelum dikirimkan melalui jaringan ke server pusat. Dengan adanya fitur ini, informasi yang terbaca dapat langsung ditampilkan pada antarmuka web maupun aplikasi mobile, sehingga pengguna dapat memantau kondisi lingkungan secara cepat dan akurat. Pengiriman data secara real-time juga mendukung sistem peringatan dini untuk memberikan notifikasi apabila terjadi indikasi bahaya kebakaran.

B. Blok Diagram



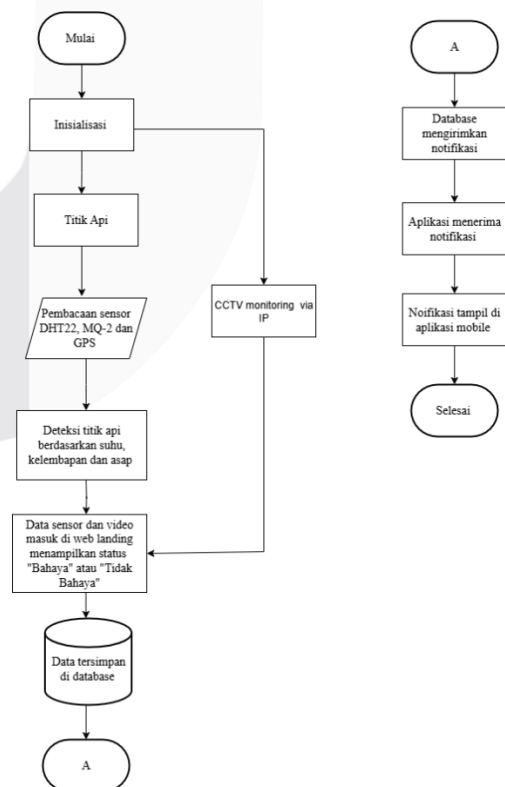
Gambar 6. Blok Diagram Sistem

Blok diagram diatas sistem EWS kebakaran hutan menggambarkan alur kerja dimulai dari sensor DHT22 yang mengukur suhu dan kelembapan udara, serta sensor MQ-2 yang mendeteksi asap atau gas berbahaya. Kedua sensor ini terhubung ke mikrokontroler Arduino Uno R3 yang dilengkapi dengan modul Ethernet W5100 untuk membaca data dan mengirimkannya melalui kabel RJ45.

Data dari Arduino diteruskan ke Media Converter A, yang mengubah sinyal listrik menjadi sinyal optik agar dapat dikirim melalui kabel fiber optik (patchcord). Di sisi penerima, Media Converter B mengonversi kembali sinyal optik menjadi sinyal elektrik, lalu mengirimkannya ke laptop atau web landing page sebagai pusat pengelolaan data.

Selanjutnya, data yang diterima disimpan dalam database dan ditampilkan melalui aplikasi mobile sebagai antarmuka pengguna. Sistem ini juga terintegrasi dengan CCTV berbasis IP untuk menyediakan visualisasi kondisi lapangan secara langsung dan real-time.

C. Flowchart Alur Kerja Sistem



Gambar 7. Flowchart Alur Kerja Sistem

Flowchart diatas merupakan alur sistem *Early Warning System* (EWS) kebakaran hutan menggambarkan alur kerja otomatis yang menggabungkan sensor lingkungan dan pemantauan visual melalui CCTV. Sistem ini dimulai dari aktivasi perangkat keras, termasuk sensor suhu dan kelembapan (DHT22), sensor asap (MQ-2), serta modul GPS untuk menentukan lokasi perangkat. Setelah tahap inisialisasi selesai, sistem membaca data dari ketiga sensor dan menganalisisnya berdasarkan ambang batas yang telah ditentukan: suhu $\geq 31^{\circ}\text{C}$, kelembapan $\leq 64\%$, dan konsentrasi asap ≥ 17 ppm. Nilai ambang ini diperoleh dari hasil pengujian yang menunjukkan konsistensi sebagai indikator awal kebakaran skala kecil. Jika ketiga parameter terpenuhi, sistem akan menampilkan status “Bahaya”; jika tidak, status yang ditampilkan adalah “Normal” atau “Tidak Bahaya”.

Data hasil deteksi dikirimkan ke web landing page yang menampilkan informasi lingkungan secara real-time dan tayangan CCTV berbasis IP sebagai dukungan visual. Semua data yang diterima disimpan dalam database, yang kemudian digunakan untuk mengirimkan notifikasi otomatis ke aplikasi mobile jika terdeteksi kondisi bahaya. Pengguna dapat mengakses informasi lingkungan dan visualisasi lapangan melalui aplikasi tersebut. Meskipun flowchart mencantumkan tahap “Selesai”, sistem ini dirancang untuk beroperasi secara berkelanjutan, memastikan pemantauan lingkungan berlangsung terus-menerus. Dengan alur kerja ini, sistem EWS mampu memberikan informasi cepat dan akurat untuk mendukung mitigasi kebakaran hutan secara efektif.

D. Metode Pengukuran dan Verifikasi Transmisi Data

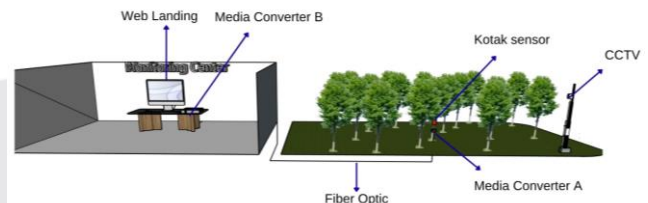
Tabel 1. Pengukuran dan Verifikasi Transmisi Data

No	Hal	Keterangan
1	Rincian	Sistem memiliki kemampuan untuk mengirimkan data hasil pembacaan sensor suhu, kelembapan, dan konsentrasi asap ke pusat pemantauan secara real-time. Proses transmisi dilakukan melalui mikrokontroler yang terhubung dengan jaringan kabel optik (patchcord) menuju server web. Data yang sudah sampai di server dapat diakses melalui web landing dan aplikasi mobile, sehingga memungkinkan pengguna memantau kondisi lingkungan dari jarak jauh.
2	Metode Pengukuran	Metode pengukuran transmisi data dilakukan untuk memastikan kemampuan sistem dalam mengirimkan data hasil pembacaan sensor secara real-time ke web. Pengukuran dilakukan dengan mencatat waktu saat data terbaca oleh sensor dan waktu ketika data tersebut berhasil ditampilkan pada server atau aplikasi

No	Hal	Keterangan
		pemantauan. Dari kedua waktu tersebut, selisihnya dihitung sebagai <i>response time</i> untuk melihat seberapa cepat sistem merespons perubahan kondisi di lapangan.
3	Prosedur Pengujian	• Hubungkan sensor dengan mikrokontroler dan pastikan koneksi kabel patchcord optik ke server aktif. • Aktifkan sistem dan lakukan pembacaan data sensor dalam kondisi normal. • Pantau data yang dikirimkan apakah langsung muncul di web landing atau aplikasi mobile. • Catat waktu pembacaan data di sensor dan waktu munculnya data di server untuk mengukur respond time • Ulangi pengujian beberapa kali untuk memastikan konsistensi pengiriman data.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Skenario Umum Pengujian

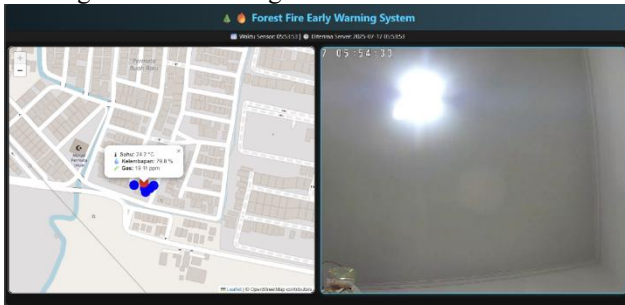


Gambar 8. Ilustrasi Implementasi EWS Kebakaran Hutan

Perancangan sistem deteksi dini kebakaran hutan dan lahan dilakukan melalui simulasi sederhana untuk menguji efektivitas sensor dalam memantau kondisi lingkungan secara real-time. Sistem ini memanfaatkan sensor suhu, kelembapan, dan asap yang diprogram agar bekerja secara terintegrasi dalam membaca parameter lingkungan, lalu mengirimkan data ke mikrokontroler sebagai pusat pemrosesan. Meskipun pengujian dilakukan dalam ruang terkontrol, rancangan sistem ini merepresentasikan penerapannya di lapangan, di mana sensor akan dipasang pada titik strategis di kawasan hutan. Dalam simulasi, sumber asap digunakan sebagai representasi titik api, dan sensor ditempatkan pada berbagai jarak untuk mengamati pengaruh intensitas angin terhadap pembacaan data. Aliran udara diarahkan untuk memastikan distribusi asap ke sensor

berjalan optimal. Data yang diperoleh dari simulasi ini menjadi acuan dalam menilai sensitivitas sistem terhadap perubahan suhu, kelembapan, dan konsentrasi asap dalam kondisi lingkungan yang dinamis.

B. Integrasi Web Landing



Gambar 9. Antarmuka Web Landing pada EWS Kebakaran Hutan

Web Landing dalam sistem EWS kebakaran hutan berfungsi sebagai pusat pemrosesan data sensor sebelum dikirim ke cloud (Firebase). Server menerima data dari mikrokontroler melalui jaringan lokal (LAN atau fiber optik), kemudian melakukan analisis sederhana untuk mendeteksi kondisi berbahaya, seperti suhu tinggi, kelembapan rendah, dan kadar gas yang meningkat. Jika parameter melebihi ambang batas tertentu, sistem menandai kondisi sebagai potensi bahaya. Data ini kemudian dikirimkan ke Firebase Realtime Database agar dapat diakses oleh aplikasi mobile secara real-time.

C. Skema Pengujian Sistem



Gambar 10. Skema Pengujian Sistem

Perancangan sistem deteksi dini kebakaran hutan dilakukan melalui simulasi sederhana untuk menguji kemampuan sensor dalam membaca kondisi lingkungan secara real-time. Sensor suhu, kelembapan, dan asap dikonfigurasi agar bekerja secara terintegrasi dan terhubung ke mikrokontroler sebagai pusat pemrosesan data. Sumber asap buatan digunakan sebagai representasi titik api, sementara aliran udara diarahkan untuk memastikan distribusi asap ke sensor berjalan optimal. Pengambilan data dilakukan dengan menempatkan sensor pada berbagai jarak terhadap sumber asap, lalu membaca parameter suhu, kelembapan, dan konsentrasi asap secara simultan.

Data yang diperoleh dari sensor dikirimkan melalui jaringan fiber optik ke web landing page untuk ditampilkan secara real-time, dan diteruskan ke aplikasi mobile agar pengguna dapat memantau kondisi langsung dari perangkat seluler. Setelah pengambilan data dari satu titik selesai, sensor dipindahkan ke titik berikutnya dan proses diulang hingga seluruh skenario pengujian tercakup. Pengujian ini memberikan gambaran performa sistem dalam mendeteksi

perubahan lingkungan berdasarkan variasi jarak dan kecepatan angin.

Simulasi dilakukan dalam area terbatas yang dirancang menyerupai kondisi nyata, menggunakan satu unit sensor box yang terdiri dari Arduino Uno, Ethernet Shield W5100, sensor DHT22, sensor MQ-2, dan modul GPS Neo-6M. Sistem ini terhubung ke media converter untuk mengintegrasikan transmisi data melalui fiber optik, serta dilengkapi CCTV IP untuk pemantauan visual. Pengujian dilakukan pada tiga waktu berbeda—pagi, siang, dan malam—dengan lima titik jarak dan empat tingkat kecepatan angin, sehingga sistem dapat dievaluasi secara menyeluruh terhadap berbagai kondisi lingkungan yang merepresentasikan situasi kebakaran hutan di lapangan.

D. Verifikasi Waktu Pengiriman Data (Response Time) pada Sistem

Tabel 2. Verifikasi Waktu Pengiriman Data Sensor ke Web Landing

Waktu Penerimaan Sensor	Waktu Diterima Web Landing
09:10:11	09:10:11
09:13:26	09:13:26
09:16:37	09:16:37
14:27:21	14:27:21
14:30:36	14:30:37
14:34:47	14:34:47
14:37:58	14:37:58
19:30:15	19:30:15
19:33:20	19:33:20
19:36:23	19:36:23

Tabel 2 menunjukkan hasil pengamatan terhadap waktu penerimaan data antara sensor dan sistem Web Landing. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa proses transmisi data berlangsung secara real-time, dengan sembilan dari sepuluh data menunjukkan waktu pencatatan yang identik di kedua sistem. Hanya satu data yang mengalami selisih waktu sebesar satu detik, yaitu pada data ke-5, yang kemungkinan disebabkan oleh faktor teknis seperti latensi jaringan atau perbedaan sinkronisasi waktu antar perangkat.

Selisih waktu tersebut tergolong sangat kecil dan masih dalam batas toleransi sistem, sehingga tidak memengaruhi performa keseluruhan. Kecepatan dan konsistensi pengiriman data dari sensor ke Web Landing menunjukkan bahwa sistem mampu mendukung pemantauan lingkungan secara langsung dengan akurasi tinggi. Kinerja ini memperkuat keandalan sistem dalam mendeteksi potensi kebakaran secara cepat dan responsif, sesuai dengan kebutuhan pemantauan waktu nyata.

V. KESIMPULAN

Sistem peringatan dini kebakaran hutan yang dirancang dalam penelitian ini menggabungkan sensor suhu, kelembapan, asap, dan GPS dengan dukungan transmisi data berbasis fiber optik melalui kabel patchcord. Data lingkungan yang dikumpulkan dikirim secara real-time ke web landing page dan aplikasi mobile, serta didukung oleh pemantauan visual melalui CCTV berbasis IP. Pengujian dilakukan dengan variasi jarak sensor dan kecepatan angin untuk

mengevaluasi akurasi deteksi terhadap parameter suhu, kelembapan, dan konsentrasi asap. Hasil menunjukkan bahwa sensor mampu merespons perubahan lingkungan secara konsisten, dengan ambang batas suhu $\geq 31^{\circ}\text{C}$, kelembapan $\leq 64\%$, dan asap ≥ 17 ppm sebagai indikator awal kebakaran. Sistem menunjukkan performa komunikasi yang stabil dengan waktu pengiriman data ≤ 1 detik, memungkinkan pemantauan langsung melalui antarmuka web yang informatif dan aplikasi mobile yang responsif. Aplikasi mobile mendukung fitur notifikasi otomatis, visualisasi data sensor, koordinat GPS, dan streaming CCTV, sehingga pengguna dapat segera mengetahui kondisi bahaya dan melakukan tindakan cepat. Dengan desain sistem yang terstruktur dan pemanfaatan fiber optik sebagai media transmisi utama, solusi ini memberikan kontribusi signifikan dalam peningkatan kecepatan deteksi, akurasi informasi, dan efektivitas pemantauan kebakaran hutan secara berkelanjutan.

REFERENSI

- [1] Direktorat Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan - Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, “Jangan Biarkan Hutan Kita Terbakar, Lindungi Dengan Tindakan Nyata.”
- [2] “karhutla”.
- [3] S. Nadifah, C. Susilo, and M. A. Hamid, “Hubungan Mitigasi Early Warning System (EWS) dengan kesiapsiagaan Relawan dalam Menghadapi Bencana di Desa Supiturang Kabupaten Lumajang,” *Health & Medical Sciences*, vol. 2, no. 1, p. 8, Nov. 2023, doi: 10.47134/phms.v2i1.70.
- [4] R. A. Dalimunthe, R. A. Yusda, R. F. Ramadhan, and H. Jufri, “Workshop Pengenalan Fiber Optik Untuk Siswa SMK Triyadikayasa Aek Songsongan,” *Jurdimas (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat) Royal*, vol. 5, no. 1, pp. 79–84, Jan. 2022, doi: 10.33330/jurdimas.v5i1.1440.
- [5] A. R. Dwiputra *et al.*, “PERAN FIBER OPTIK DALAM REVOLUSI TEKNOLOGI JARINGAN TELEKOMUNIKASI,” 2025.
- [6] F. Nahdi and H. Dhika, “Analisis Dampak Internet of Things (IoT) Pada Perkembangan Teknologi di Masa Yang Akan Datang 33.”
- [7] K. Gauri *et al.*, “Electronic copy available at.” [Online]. Available: <https://ssrn.com/abstract=3920231>
- [8] D. Lestari, “Rancang Bangun Home Automation Berbasis Ethernet Shield Arduino”, doi: 10.15408/fiziya.vi1.15249.
- [9] “dht22 n mq2”.
- [10] P. Maulana, U. Darusalam, and N. D. Nathasia, “Road Guides and Special Location Monitoring for Blind People Using Ultrasonic Sensors and Microcontroller-Based GPS Modules,” 2020. [Online]. Available: <https://iocscience.org/ejournal/index.php/mantik/index>