

Implementasi IoT dan Sensor Termal untuk Mitigasi Kebakaran Hutan dan Lahan dengan Penentuan Koordinat

Nurul Devani Br Ginting*, Ade Silvia Handayani, Sarjana

Teknik Elektro, Program Studi Sarjana Terapan Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Sriwijaya, Kota Palembang, Indonesia

Email: nuruldevani2002@gmail.com, ade_silvia@polsri.ac.id, anna.sarjana@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: nuruldevani2002@email.com

Submitted: 17/07/2024; Accepted: 08/09/2024; Published: 09/09/2024

Abstrak—Kebakaran hutan merupakan masalah lingkungan yang serius, yang menyebabkan kerusakan ekosistem, polusi udara, dan kerugian ekonomi. Pemantauan dan mitigasi kebakaran hutan yang efektif memerlukan deteksi dini dan pelacakan terhadap titik-titik panas yang berpotensi menjadi pusat kebakaran. Penelitian ini mengusulkan implementasi teknologi *Internet of Things*(IoT) dan sensor termal untuk mendeteksi kebakaran hutan melalui pemetaan titik koordinat menggunakan metode triangulasi. Metode yang digunakan melibatkan pemasangan sensor termal dan modul GPS NEO-6. Sensor termal mengukur suhu lingkungan secara *real-time*, sementara modul GPS menyediakan data koordinat yang tepat dalam (latitude dan longitude). Data dari sensor dikirimkan ke platform ThingSpeak melalui jaringan IoT, di mana analisis lebih lanjut dilakukan untuk mengidentifikasi titik panas. Metode triangulasi kemudian diterapkan untuk memetakan posisi titik panas. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem pemantauan kebakaran hutan yang mampu mendeteksi dan memetakan titik panas secara *real-time*, sehingga memungkinkan tindakan mitigasi yang cepat dan efektif. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem ini dapat menentukan posisi titik panas dengan akurasi koordinat (latitude dan longitude) dalam margin error kurang dari 5 meter.

Kata Kunci: Internet Of Things; Kebakaran; GPS NEO-6M; Sensor Termal; Mitigasi

Abstract—Forest fires are a serious environmental problem, causing ecosystem damage, air pollution and economic losses. Effective monitoring and mitigation of forest fires requires early detection and tracking of hotspots that have the potential to become fire centers. This research proposes the implementation of Internet of Things(IoT) technology and thermal sensors to detect forest fires through point coordinate mapping using the triangulation method. The method used involves the installation of thermal sensors and NEO-6 GPS modules. The thermal sensor measures the ambient temperature in real-time, while the GPS module provides precise coordinate data in (latitude and longitude). Data from the sensors is transmitted to the ThingSpeak platform via the IoT network, where further analysis is performed to identify hot spots. A triangulation method is then applied to map the position of the hot spot. This research aims to develop a forest fire monitoring system capable of detecting and mapping hotspots in real-time, thus enabling quick and effective mitigation actions. The results obtained from this research show that the system can determine the position of hotspots with coordinate accuracy (latitude and longitude) within a margin of error of less than 5 meters.

Keywords: Internet Of Things; Fire; GPS NEO-6M; Thermal Sensor; Mitigation

1. PENDAHULUAN

Kebakaran hutan dan lahan (karhutla) adalah salah satu masalah lingkungan yang paling merusak dan kompleks yang dihadapi oleh banyak negara di dunia, termasuk Indonesia [1]. Karhutla tidak hanya menyebabkan kerusakan ekosistem yang luas dan hilangnya keanekaragaman hayati, tetapi juga berdampak negatif pada kesehatan manusia dan ekonomi [2]. Asap yang dihasilkan dari kebakaran ini menyebabkan polusi udara yang parah, yang dapat memicu berbagai penyakit pernapasan, serta mengganggu aktivitas sehari-hari masyarakat [3]. Selain itu, kerugian ekonomi yang diakibatkan oleh karhutla sangat signifikan, termasuk kehilangan hasil pertanian, kerusakan infrastruktur, dan biaya pemadaman kebakaran yang tinggi [4].

Upaya untuk mengatasi karhutla memerlukan pendekatan yang komprehensif dan inovatif. Salah satu strategi kunci dalam mitigasi karhutla adalah pemantauan dan deteksi dini. Deteksi dini memungkinkan respons cepat sebelum kebakaran menyebar dan menjadi lebih sulit dikendalikan [5]. Proses yang terjadi saat ini sering kali melibatkan keterlambatan dalam mendeteksi tanda-tanda awal kebakaran, karena pemantauan yang terbatas atau tidak memadai. Dalam banyak kasus, kebakaran hutan dan lahan baru terdeteksi setelah api mulai menyebar luas, membuat upaya pemadaman menjadi jauh lebih sulit dan mahal. Teknologi modern menawarkan alat dan metode baru yang dapat meningkatkan efektivitas pemantauan karhutla [6]. Dalam konteks ini, teknologi *Internet of Things*(IoT) dan sensor termal telah muncul sebagai solusi potensial untuk pemantauan dan mitigasi kebakaran hutan dan lahan [7]. *Internet of Things*(IoT) adalah konsep yang menghubungkan berbagai perangkat fisik ke internet, memungkinkan mereka untuk mengumpulkan dan berbagi data secara *real-time* [8]. Dalam aplikasi pemantauan lingkungan, *Internet of Things*(IoT) memungkinkan pengumpulan data dari berbagai sensor yang tersebar di area luas, memberikan gambaran yang lebih komprehensif dan akurat mengenai kondisi lingkungan [9]. Sementara itu, sensor thermal mampu mendeteksi perubahan suhu dengan tingkat sensitivitas yang tinggi, menjadikannya alat yang ideal untuk mendeteksi titik panas yang berpotensi menjadi sumber kebakaran [10]. Kebutuhan untuk mengidentifikasi titik panas sebelum api menyebar menjadi sangat penting untuk mengurangi dampak lingkungan dan ekonomi secara signifikan. Dengan teknologi seperti IoT dan sensor termal, pemantauan dapat dilakukan secara lebih *real-time* dan menyeluruh, memungkinkan deteksi dini dan respons yang lebih efektif.



Penelitian sebelumnya telah menunjukkan berbagai pendekatan dan teknologi yang inovatif dalam deteksi kebakaran hutan berbasis *Internet of Things*(IoT). Salah satu studi mengeksplorasi penggunaan pembelajaran machine Learning (ML) dan pembelajaran mendalam deep learning (DL) untuk deteksi kebakaran, menekankan pentingnya integrasi teknologi pemantauan berbasis penglihatan dan lingkungan untuk mendeteksi kebakaran pada tahap awal, serta menyoroti pentingnya penempatan sensor dan konektivitas jaringan yang tepat [11]. Selain itu, survei komprehensif lainnya menguraikan metode dan sistem terkini yang digunakan dalam pemantauan, deteksi, dan pencegahan kebakaran hutan, termasuk penggunaan teknik penginderaan jauh, Sistem Informasi Geografis (GIS), dan jaringan sensor untuk meningkatkan deteksi dini dan respons terhadap kebakaran hutan [12].

Penelitian lain memperkenalkan sistem alarm peringatan kebakaran berbasis *Internet of Things*(IoT) yang menggunakan logika fuzzy untuk meningkatkan akurasi deteksi. Sistem ini mengintegrasikan berbagai sensor dan memanfaatkan jaringan *Internet of Things* untuk transmisi data secara *real-time* dan deteksi kebakaran. Selain itu terdapat juga studi yang membandingkan berbagai algoritma klasifikasi untuk meningkatkan kinerja sistem alarm kebakaran pintar, berfokus pada peningkatan akurasi deteksi kebakaran dengan menggunakan teknologi *Internet of Things* dan sensor [13]. Selain itu, penelitian lain menginvestigasi penggunaan drone yang dilengkapi dengan kecerdasan buatan untuk deteksi awal kebakaran hutan, menyoroti keuntungan penggunaan sensor yang dipasang pada drone untuk deteksi kebakaran yang cepat dan akurat di area terpencil [14].

Namun, sebagian besar penelitian ini memiliki keterbatasan dalam hal integrasi sistem dan aplikasi praktis. Misalnya, banyak studi yang terpisah dalam penerapan teknologi deteksi tanpa menggabungkan data suhu dan koordinat secara *real-time* untuk analisis yang lebih komprehensif dan tindakan mitigasi yang cepat. Selain itu, penelitian sebelumnya belum mengintegrasikan teknologi pemetaan koordinat dengan analisis data secara bersamaan pada satu platform yang memungkinkan pemantauan dan respons yang efisien.

Penelitian ini mengusulkan implementasi teknologi Iot dan sensor termal untuk mitigasi kebakaran hutan dan lahan melalui pemetaan koordinat lokasi. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi dan memetakan titik panas secara *real-time*, menggunakan metode triangulasi untuk menentukan posisi titik panas. Sensor termal dipasang untuk mendapatkan data suhu yang dikumpulkan dan akan dikirimkan ke platform ThingSpeak melalui jaringan IoT [15]. ThingSpeak adalah platform analitik data yang memungkinkan penyimpanan, analisis, dan visualisasi data secara *real-time* [16]. Data koordinat yang dihasilkan oleh modul *Global Positioning System* (GPS NEO-6) yang terhubung dengan sensor termal digunakan untuk memetakan posisi titik panas dan data yang didapatkan akan dikirim ke platform ThingSpeak. Implementasi teknologi ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat penting [17]. Deteksi dini titik panas memungkinkan tindakan mitigasi yang cepat dan efektif, sehingga dapat mengurangi kerusakan yang disebabkan oleh kebakaran. Pemetaan koordinat yang akurat memungkinkan tim pemadam kebakaran untuk mengarahkan sumber daya mereka ke lokasi yang tepat, meningkatkan efisiensi dan efektivitas respons kebakaran. Data *real-time* yang dikumpulkan oleh sistem ini dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut, membantu dalam perencanaan dan pengambilan keputusan untuk pencegahan kebakaran di masa depan.

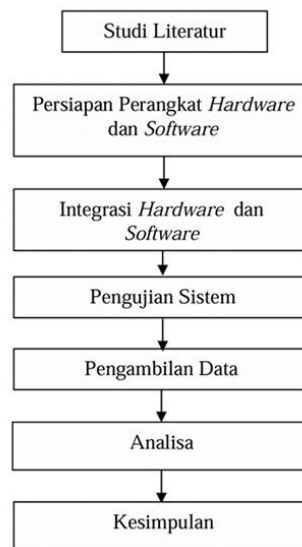
Penerapan teknologi *Internet of Things* dan sensor termal untuk mitigasi kebakaran hutan dan lahan melalui pemetaan koordinat menawarkan solusi yang inovatif dan efektif untuk mengatasi masalah karhutla [18]. Dengan deteksi dini, pemetaan akurat, dan analisis data *real-time*, sistem ini dapat membantu mengurangi dampak negatif kebakaran hutan dan lahan, serta mendukung upaya konservasi lingkungan dan peningkatan kualitas hidup masyarakat yang terdampak [19]. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi langkah awal dalam pengembangan sistem pemantauan kebakaran yang lebih canggih dan terintegrasi di masa depan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Proses yang dirancang dalam penelitian ini melibatkan penggunaan teknologi *Internet of Things*(IoT) dan sensor termal untuk pemantauan dan mitigasi kebakaran hutan dan lahan. IoT berfungsi sebagai jaringan perangkat yang saling terhubung, mengumpulkan dan bertukar data secara *real-time*, sementara sensor termal mendeteksi perubahan suhu di lingkungan sekitar yang dapat mengindikasikan potensi kebakaran. Gambar 1 menunjukkan alur penelitian yang disajikan dalam bentuk blok diagram, yang mencerminkan tahapan-tahapan penting dalam perancangan dan implementasi sistem ini. Diagram ini memvisualisasikan bagaimana data dari sensor termal dikumpulkan, dianalisis, dan digunakan untuk mencegah kebakaran hutan dan lahan. Selain itu, blok diagram ini juga menunjukkan bagaimana informasi tersebut diintegrasikan dengan teknologi IoT untuk memungkinkan respons cepat dan efisien terhadap ancaman kebakaran. Blok diagram ini menyediakan representasi grafis dari langkah-langkah penelitian, mulai dari tahap perencanaan hingga implementasi akhir. Setiap langkah dalam penelitian ini dijelaskan secara rinci dalam diagram, termasuk pengumpulan data, analisis, pemantauan, dan tindakan mitigasi. Dengan menggunakan diagram blok, setiap langkah dalam penelitian ini dapat dilihat dengan jelas, memberikan pandangan menyeluruh tentang alur kerja dan interaksi antara berbagai komponen sistem. Representasi grafis ini tidak hanya mempermudah pemahaman tentang proses penelitian, tetapi juga membantu dalam mengidentifikasi potensi masalah dan titik-titik kritis yang memerlukan perhatian lebih lanjut. Dengan demikian, blok diagram ini penting dalam memastikan bahwa semua aspek penelitian dilakukan secara sistematis dan efisien. Gambar 1 di bawah ini menjelaskan alur penelitian secara keseluruhan, mulai dari tahap awal studi literatur hingga kesimpulan akhir, dengan rincian yang lengkap dan jelas.

Diagram ini memandu pembaca melalui setiap langkah penting dalam proses penelitian, menyoroti bagaimana masing-masing tahap saling berhubungan dan berkontribusi terhadap tujuan akhir.



Gambar 1. Alur Penelitian

Diagram blok ini mencakup tahapan-tahapan berikut:

a. Studi Literatur

Tahap ini melibatkan penelusuran dan pengumpulan informasi dari berbagai sumber untuk memahami konsep dasar, teknologi yang digunakan, dan penelitian sebelumnya yang relevan dengan penggunaan IoT dan sensor termal dalam mitigasi kebakaran. Informasi dari studi literatur ini akan menjadi dasar dalam merancang sistem.

b. Persiapan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Pada tahap ini, dilakukan pemilihan dan persiapan komponen perangkat keras seperti sensor termal, modul komunikasi IoT (ESP8266), dan mikrokontroler. Persiapan perangkat lunak juga dilakukan untuk mendukung fungsi-fungsi sistem yang telah dirancang.

c. Integrasi Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Tahap ini melibatkan penggabungan antara komponen perangkat keras dan perangkat lunak. Tujuan dari integrasi ini adalah memastikan bahwa semua komponen dapat berkomunikasi dan bekerja secara sinergis untuk mencapai fungsi yang diinginkan.

d. Pengujian Sistem

Setelah integrasi, sistem diuji untuk memastikan semua komponen berfungsi dengan baik sesuai desain. Pengujian ini mencakup evaluasi performa dalam mendeteksi kebakaran, memantau lokasi, dan mengirimkan data ke server.

e. Pengambilan Data

Pada tahap ini, sistem yang telah diuji digunakan untuk mengumpulkan data dari lapangan, termasuk data suhu dari sensor termal dan koordinat GPS.

f. Analisis dan Penarikan Kesimpulan

Tahap akhir melibatkan evaluasi seluruh proses penelitian dari studi literatur, persiapan perangkat keras dan perangkat lunak, integrasi, pengujian, hingga analisis data. Penarikan kesimpulan dilakukan untuk menilai efektivitas sistem dan mengidentifikasi potensi perbaikan.

Dengan menggunakan diagram blok ini, setiap tahapan dalam penelitian dapat dilihat dengan jelas, memberikan gambaran yang menyeluruh tentang alur kerja dan interaksi antara berbagai komponen sistem. Diagram ini memudahkan kita untuk memahami proses penelitian secara sistematis dan terstruktur, sehingga dapat menghasilkan solusi yang efektif dan efisien dalam mitigasi kebakaran hutan dan lahan dengan memanfaatkan teknologi IoT dan sensor termal.

2.2 Pengujian Kinerja Sistem

Tes kinerja alat keseluruhan dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana sistem dapat memenuhi tujuan dan kebutuhan yang telah ditetapkan, serta untuk mengidentifikasi potensi perbaikan dan peningkatan yang dapat dilakukan. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem dalam mendeteksi kebakaran, memantau lokasi, dan mengirimkan data ke server. Pengujian kinerja yang akan dilakukan antara lain Tes deteksi kebakaran menggunakan thermal cam 8x8 untuk mendeteksi perubahan suhu yang dapat menunjukkan adanya titik panas berpotensi kebakaran [20]. Tes pengiriman data Memastikan bahwa data yang dikirim dari ESP8266 ke platform IoT mencakup koordinat GPS yang diperoleh dari GPS NEO-6M dan data suhu dari thermal cam. Tes koordinat GPS menggunakan GPS NEO-

6M untuk mendapatkan titik lokasi dalam bentuk latitude dan longitude. Memastikan semua komponen (GPS NEO-6M, ESP8266, thermal cam 8x8) berfungsi secara sinkron dan terintegrasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Implementasi Pengujian

Pengujian integrasi *Internet of Things*(IoT), *Global Positioning System* (GPS), dan sensor termal telah dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas dan keandalan sistem deteksi kebakaran hutan dan lahan. Pengujian ini meliputi berbagai aspek, termasuk kemampuan deteksi dini titik panas oleh sensor termal, akurasi pemetaan GPS. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu mendeteksi anomali suhu dengan cepat, serta memetakan lokasi titik panas. Pada pengujian ini, hasil dari sensor termal dan GPS akan diuji untuk menampilkan suhu atau temperatur yang diperoleh dan modul GPS NEO 6M untuk menentukan titik lokasi dalam bentuk latitude dan longitude. Hasil tersebut akan ditampilkan di serial monitor pada software Arduino IDE, yang kemudian akan dikirim ke ThingSpeak melalui mikrokontroler ESP8266. Berikut ini merupakan hasil dari Pembacaan modul GPS NEO-6M pada software Arduino IDE yang ditampilkan di bagian serial monitor. Gambar 2 Berhasil menampilkan koordinat lokasi dalam bentuk latitude dan longitude. Dimana -2.981793 merupakan latitude yang didapatkan saat pengujian, dan 104.734337 merupakan longitude yang didapatkan.

```
Location:
-2.981793,104.734337
```

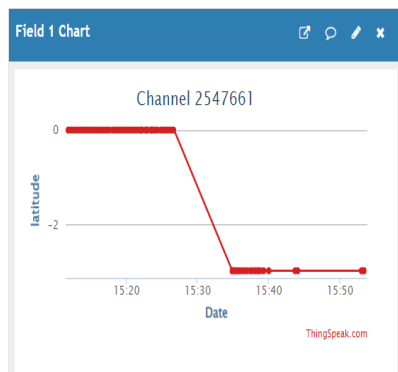
Gambar 2. Latitude dan longitude di serial monitor Arduino IDE

Gambar 3 berikut menampilkan hasil termal sensor yang ditampilkan di serial monitor pada software Arduino IDE. Hasil termal sensor ini berhasil menampilkan suhu atau *temperature*. 133.00 merupakan hasil temperature yang didapatkan saat pengujian.

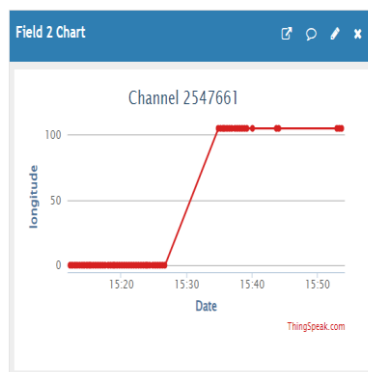
```
!33.00
```

Gambar 3. Suhu pengujian yang dihasilkan dari sensor termal

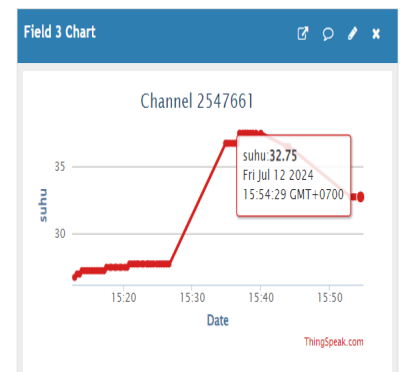
Gambar 4, gambar 5 dan gambar 6 merupakan hasil pengiriman data ke platform ThingSpeak dilakukan melalui teknologi *Internet of Things*(IoT) dengan menggunakan mikrokontroler ESP8266 yang diprogram menggunakan Arduino IDE. *Field 1 chart* adalah grafik latitude yang dikirim dari perangkat lunak Arduino IDE yang sebelumnya sudah di program terlebih dahulu, *field 2 chart* merupakan longitude, dan *field 3 chart* merupakan *temperature* atau suhu yang tercatat saat pengujian.



Gambar 4. Field 1 (latitude)



Gambar 5. Field 2 (longitude)



Gambar 6. Field 3 (suhu)

3.2 Hasil Pengujian Sensor

Hasil pengujian ini dilakukan di beberapa titik lokasi di kota Palembang. Hasil pengujian ini akan membantu mengetahui apakah sistem dapat mendeteksi suhu dan memetakan lokasi yang tepat. Data yang dikumpulkan akan dianalisis untuk mengetahui apakah sistem dapat beroperasi dengan stabil dalam berbagai kondisi. Table 1 di bawah ini menyajikan data hasil pengujian sensor yang mencakup berbagai parameter seperti lokasi, latitude, longitude dan suhu.

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor

No.	Lokasi	Latitude	Longitude	Suhu
1.	Jl. Mayor santoso ilir D. III	-2.967493	104.746590	32.00



2.	Pedestrian house, jl. Jendral sudirman, 18 ilir, kec. Ilir timur I.	-2.982674	104.757561	37.00
3.	Jl. Gub H Bastari, 8 Ulu, Kecamatan Seberang Ulu I	-3.003317	104.771660	30.25
4.	Jl. diponegoro No.22, Talang Semut, Kec. Bukit Kecil,	-2.993912	104.748726	32.75
5.	Jl. Sungai sahang ujung Lorok Pakjo, Kota Palembang	-2.981772	104.734398	28.00

Berdasarkan Hasil pengujian modul GPS NEO-6M dan sensor termal menunjukkan bahwa sistem dapat memetakan lokasi dan temperature. Tabel 2 memperlihatkan hasil pengujian sensor yang mencatat suhu di lima titik berbeda. Lokasi-lokasi tersebut meliputi Jl. Mayor Santoso Ilir D. III, Pedestrian house di Jl. Jendral Sudirman, Jl. Gub H Bastari, Jl. Diponegoro No.22 Talang Semut, dan Jl. Sungai Sahang Ujung Lorok Pakjo. Data yang disajikan mencakup koordinat geografis (longitude dan latitude) serta suhu yang terukur di masing-masing lokasi.

3.3 Hasil Pengujian Integrasi Sistem IoT

Hasil dari penggunaan termal sensor, GPS NEO-6M, dan mikrokontroler ESP8266 yang diprogram menggunakan Arduino untuk mengirim data ke platform ThingSpeak menggambarkan integrasi yang sukses dalam sistem IoT. Pada tahap implementasi, sensor termal digunakan untuk mengukur suhu dalam satuan derajat celcius di lokasi yang ditentukan, sedangkan GPS NEO-6M memberikan informasi koordinat yang akurat dalam bentuk latitude dan longitude. Mikrokontroler ESP8266 berperan sebagai penghubung antara sensor-sensor tersebut ke internet, kemudian data yang terkumpul dikirim secara langsung ke cloud-based platform ThingSpeak. Integrasi yang baik antara ketiga komponen-komponen ini memastikan bahwa data yang dikumpulkan dapat diakses dengan mudah dan cepat. Data yang dihasilkan dari sistem ini mencakup suhu dalam derajat Celsius, koordinat lokasi (latitude dan longitude), serta waktu deteksi. Tabel 2 dibawah berikut menampilkan hasil ekspor dari ThingSpeak, yang berisi informasi tanggal, latitude, longitude, dan suhu.

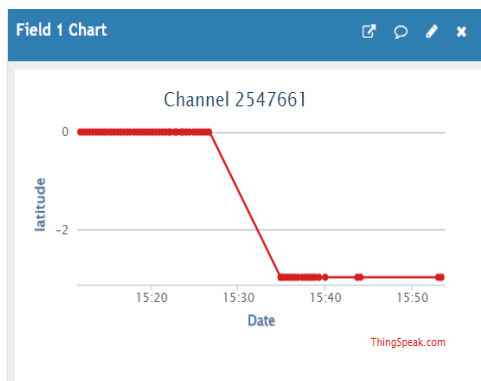
Tabel 2. Hasil Pengujian Integrasi Sistem IoT

No	Created_at	Latitude	Longitude	Suhu
1.	11-07-2024	-2.98172	104.73433	28.5
2.	11-07-2024	-2.98172	104.73433	28.5
3.	11-07-2024	-2.98172	104.73433	30.5
4.	11-07-2024	-2.98172	104.73433	30.5
5.	11-07-2024	-2.98172	104.73433	30.5
6.	11-07-2024	-2.98172	104.73433	30.5
7.	11-07-2024	-2.98167	104.7343	30.5
8.	11-07-2024	-2.98167	104.7343	30.5
9.	12-07-2024	-2.98275	104.7576	36.75
10.	12-07-2024	-2.98275	104.7576	36.75
11.	12-07-2024	-2.98275	104.7576	36.75
12.	12-07-2024	-2.98275	104.7576	36.75
13.	12-07-2024	-2.98275	104.7576	37.5
14.	12-07-2024	-2.98275	104.7576	37.5
15.	12-07-2024	-2.98275	104.7576	37.5
16.	12-07-2024	-2.98263	104.75755	36.5
17.	12-07-2024	-2.98263	104.75755	36.5
18.	12-07-2024	-2.9827	104.75752	32.75
19.	13-07-2024	-2.9827	104.75752	32.75
20.	13-07-2024	-2.9827	104.75752	32.75
21.	13-07-2024	-2.9827	104.75752	22.25

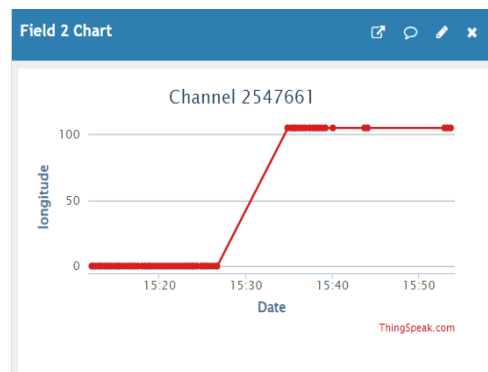
3.4 Pembahasan

Hasil pengujian sensor dilakukan untuk menguji hasil pengukuran suhu menggunakan sensor termal, serta penentuan koordinat lokasi dengan GPS NEO-6M. Data yang dikumpulkan kemudian dikirim melalui mikrokontroler ESP8266 ke platform ThingSpeak. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sensor termal memberikan pembacaan suhu yang akurat dalam derajat Celsius, dan GPS NEO-6M menyediakan data koordinat yang tepat. Selain itu, pengujian juga mengevaluasi kemampuan ESP8266 dalam mengirimkan data secara andal ke cloud, serta memastikan integrasi yang lancar antara semua komponen dalam sistem IoT. Data yang dikirimkan ke ThingSpeak akan disimpan dan bisa diakses oleh pengguna melalui antarmuka aplikasi yang terhubung.

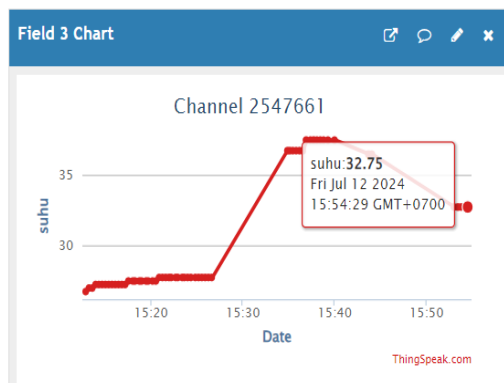
Gambar di bawah ini menunjukkan grafik data yang diterima dari sensor GPS NEO-6M dan sensor termal yang dikirimkan oleh ESP8266 ke ThingSpeak secara *real-time*. Field 1 menunjukkan latitude dengan nilai yang diawali (-2.98), Field 2 menunjukkan longitude yang diawali dengan angka (104.), dan Field 3 menunjukkan suhu yang dihasilkan dalam derajat Celsius. Grafik ini juga mencakup informasi waktu untuk setiap titik koordinat yang ditampilkan, dengan rincian jam dan tanggal selama periode pengujian. Field 3 menunjukkan grafik perubahan suhu yang terdeteksi oleh sensor thermal dari waktu ke waktu. Suhu ini juga ditampilkan bersama dengan tanggal dan jam yang sesuai saat pengujian. Pada grafik ini, kita dapat melihat fluktuasi suhu dan mengidentifikasi kapan terjadi kenaikan suhu yang signifikan. Hasil pengujian dilakukan di beberapa titik dengan hasil yang berbeda-beda. Gambar 7 menunjukkan latitude, Gambar 8 menunjukkan longitude, dan Gambar 9 menunjukkan grafik suhu yang didapatkan. Pada Gambar 7, hasil yang error akan menunjukkan latitude dengan angka 0. Begitu juga pada Gambar 8, jika terjadi error, akan menunjukkan longitude dengan angka 0.



Gambar 7. Field 1 Latitude



Gambar 8. Field 2 Longitude



Gambar 9. Field 3 suhu

Keandalan sistem IoT yang dikembangkan dalam penelitian ini menjadi aspek penting dalam efektivitasnya untuk mitigasi kebakaran hutan dan lahan. Oleh karena itu, dilakukan pengujian perbandingan data dengan Sipongi⁺, sipongi⁺ merupakan platform pemantauan kebakaran hutan dan lahan yang telah teruji dan digunakan oleh pemerintah Indonesia. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan keandalan alat yang dikembangkan dalam memonitor suhu dan koordinat lokasi. Pengujian ini meliputi analisis terhadap persamaan dan perbedaan antara data yang diperoleh dari alat yang diuji dengan data dari ThingSpeak dan Sipongi⁺. Dari segi persamaan, kedua sistem menyediakan data yang dapat diekspor dalam bentuk dataset, memiliki visualisasi yang tersedia, serta data titik longitude dan latitude. Adapun Perbedaan terdapat dalam Pengukuran Suhu pada penelitian alat yang diuji menggunakan thermal camera untuk mengukur suhu di lokasi tertentu dan mengirimkan data nya ke ThingSpeak dan aplikasi. Sedangkan sipongi⁺ tidak menyediakan data suhu, melainkan fokus pada pemantauan titik api dan jumlah kebakaran. Pengujian ini menggunakan sensor termal dan modul GPS NEO-6M untuk memperoleh data suhu dan koordinat lokasi secara *real-time*. Sedangkan sipongi⁺ menggunakan citra satelit dari tiga satelit yaitu SNPP, MODIS dan NASSA NOAA20 dan laporan dari lapangan untuk memperoleh data mengenai lokasi titik api. Analisis ini memungkinkan untuk membandingkan akurasi dan keandalan data dari alat yang dikembangkan dalam penelitian ini, sehingga memastikan bahwa alat tersebut mampu memberikan informasi yang valid dan dapat diandalkan untuk mendukung mitigasi kebakaran hutan dan lahan. Tabel 3 dibawah ini memberikan gambaran komprehensif tentang kab kota, satelit yang digunakan, *confidence* dan *counter* dari web Sipongi⁺.

Tabel 3. Tabel Data dari SiPongi⁺

No	Kab kota	Satelit	Confidance	Counter
1.	Banyuasin	Nasa-Noaa20	High	77
2.	Empat Lawang	Nasa-Noaa20	High	5
3.	Kota Palembang	Nasa-Noaa20	High	3
4.	Lahat	Nasa-Noaa20	High	7
5.	Muara enim	Nasa-Noaa20	High	20
6.	Musi banyuasin	Nasa-Noaa20	High	86
7.	Musi rawas	Nasa-Noaa20	High	29
8.	Musi rawas utara	Nasa-Noaa20	High	31
9.	Ogan ilir	Nasa-Noaa20	High	35
10.	Ogan komering ilir	Nasa-Noaa20	High	563
11.	Ogan komering ulu	Nasa-Noaa20	High	14

3. KESIMPULAN

Sistem yang dikembangkan mampu mengintegrasikan sensor termal, GPS NEO-6M, dan mikrokontroler ESP8266 dengan baik untuk mendeteksi dan memetakan titik panas secara efektif. Pengujian ini dilakukan di beberapa titik lokasi dengan suhu, latitude dan longitude yang berbeda. Penelitian ini menunjukkan bahwa sensor termal dapat dengan cepat dan akurat mendeteksi anomali suhu dalam bentuk derajat celsius dimana pada penelitian ini didapatkan beberapa suhu mulai dari 25°C, 28°C sampai dengan 37°C menandakan bahwa sistem berfungsi dengan baik dan efektif dalam memantau perubahan suhu. Sementara GPS NEO-6M memberikan koordinat lokasi yang akurat dalam format latitude dan longitude, dimana pada latitude dihasilkan dengan awalan angka (-2.9) dan longitude dimulai dengan angka (104.) untuk wilayah yang diuji yaitu di beberapa titik kota Palembang. Data yang dihasilkan oleh kedua sensor tersebut kemudian dikirimkan ke platform ThingSpeak menggunakan teknologi *Internet of Things*(IoT) melalui mikrokontroler ESP8266. Platform ThingSpeak ini berfungsi sebagai media penyimpanan data dan memungkinkan akses informasi oleh pengguna melalui antarmuka aplikasi yang dapat diakses pada perangkat Android. Langkah-langkah dalam penelitian ini dimulai dengan deteksi suhu oleh sensor termal yang kemudian dikombinasikan dengan penentuan lokasi menggunakan GPS NEO-6M. Informasi suhu dan koordinat lokasi ini dikirimkan ke mikrokontroler ESP8266, yang bertugas untuk mengirim data tersebut ke ThingSpeak. Data ini kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik atau peta di aplikasi, memungkinkan monitoring suhu dan lokasi titik panas secara *real-time*. Keandalan sistem IoT yang dikembangkan dalam penelitian ini sangat mendukung efektivitas mitigasi kebakaran hutan dan lahan. Integrasi yang efektif antara sensor termal, GPS, dan mikrokontroler ESP8266 menjamin pengumpulan data yang akurat dan pengiriman informasi yang handal ke platform cloud. Hal ini memastikan bahwa data yang tersedia untuk analisis dan pengambilan keputusan dalam upaya mitigasi kebakaran benar-benar valid dan dapat diandalkan. Dengan sistem ini, pengguna dapat melakukan pemantauan suhu dan lokasi titik panas secara berkelanjutan, yang merupakan langkah krusial dalam mencegah dan mengatasi kebakaran hutan serta lahan secara lebih efektif.

REFERENCES

- [1] H. All Rosit, A. Mardhotillah, R. Aura Delazenitha, S. Mutiarani, and T. Vianney Christina Sulle, "Identifikasi Dan Mitigasi Kebakaran Hutan dan Lahan Melalui Zonasi Wilayah Rawan Kebakaran Dengan Teknologi Geospasial," *Jurnal Widya Bumi*, vol. Vol 3, No. 1, 2023.
- [2] Y. Irawan, R. Muzawi, and A. Alamsyah, "SISTEM REAL TIME MONITORING PENDETEKSI KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN DI PROVINSI RIAU REAL TIME MONITORING SYSTEM FOR FOREST AND LAND FIRE DETECTION IN RIAU PROVINCE," *Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS)*, vol. 5, no. 2, Dec. 2022, doi: <https://doi.org/10.31539/intecom.v5i2.4567>.
- [3] R. Nur Fitriani, B. Joko Priatmadi, A. Rizalli Saidy, and M. Syahdan, "Forest And Land Fire Risk Level Determination Using The Fire Weather Index Method And The Number Of Hotspots In Banjar District, South Kalimantan Province," *Jurnal ilmiah bidang pengelolaan sumberdaya alam dan lingkungan (EnviroScientee)*, vol. 19, no. 2, May 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.20527/es.v19i2.16202>.
- [4] B. Irawan, Sarkani, and K. Indarto, "URBAN AREA FIRE DISASTER MITIGATION," *Jurnal Kebijakan Publik*, vol. 14, no. 4, 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.31258/jkp.v14i4.8312>.



- [5] H. Sastypratiwi and H. Novriando, “Evaluasi Usability Pada Website Monitoring Kebakaran Hutan Menggunakan Metode Webuse,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, vol. Vol. 9, No. 5, no. p-ISSN: 2355-7699.e-ISSN: 2528-6579, Oct. 2019, doi: <https://doi.org/10.25126/jtik.2022955436>.
- [6] M. Arrafi, L. Somantri, and R. Ridwana, “Pemetaan Tingkat Keparahan Kebakaran Hutan dan Lahan Menggunakan Algoritma Normalized Burn Ratio (NBR) Pada Citra Landsat 8 di Kabupaten Muaro Jambi,” *Jurnal Geosains dan Remote Sensing (JGRS)*, vol. 3, no. 1, pp. 10–19, May 2022, doi: 10.23960/jgrs.2022.v3i1.68.
- [7] I. Ehsan et al., “Internet of Things-Based Fire Alarm Navigation System: A Fire-Rescue Department Perspective,” *Mobile Information Systems*, vol. 2022, 2022, doi: <https://doi.org/10.1155/2022/3830372>.
- [8] J. Pebralia, Rustan, R. Raaiqa Bintana, and I. Amri, “Sistem Monitoring Kebakaran Hutan Berbasis Internet Of Things (IoT),” *Komunikasi Fisika Indonesia (KFI)*, vol. 19, no. 3, Nov. 2022, doi: 10.31258/jkfi.19.3.183-189.
- [9] N. Setyasmara, “Internet of Things (IoT) Sistem Peringatan Dini Bahaya Kebakaran berbasis Android dan Arduino,” *Jurnal Multi Media Dan IT*, vol. 5, no. 2, Dec. 2021, doi: 10.46961/jommit.v5i2.
- [10] W. I. Bayu Kartika, P. M. Dewi Mantika, and M. Maulidina, “Rancang Bangun Intensor (Induktor Heater) Menggunakan Thermal Sensor berbasis Mikrokontroler Arduino dalam Mengolah Logam,” *Jurnal Nusantara Of Engineering*, vol. 5, no. 1, 2022, doi: <https://doi.org/10.29407/noe.v5i1.16751>.
- [11] F. Guede-Fernández, L. Martins, R. V. de Almeida, H. Gamboa, and P. Vieira, “A deep learning based object identification system for forest fire detection,” *Fire*, vol. 4, no. 4, Dec. 2021, doi: 10.3390/fire4040075.
- [12] F. Carta, C. Zidda, M. Putzu, D. Loru, M. Anedda, and D. Giusto, “Advancements in Forest Fire Prevention: A Comprehensive Survey,” *Sensors*, vol. 23, no. 14, Jul. 2023, doi: 10.3390/s23146635.
- [13] B. Sarwar, I. S. Bajwa, N. Jamil, S. Ramzan, and N. Sarwar, “An intelligent fire warning application using IoT and an adaptive neuro-fuzzy inference system,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 19, no. 14, Jul. 2019, doi: <https://doi.org/10.3390/s19143150>.
- [14] C. C. Chan, S. A. Alvi, X. Zhou, S. Durrani, N. Wilson, and M. Yebera, “IoT Ground Sensing Systems for Early Wildfire Detection: Technologies, Challenges and Opportunities,” *Electrical Engineering and Systems Science*, vol. 2, Dec. 2023, doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2312.10919>.
- [15] M. Jamil, H. Saefudin, and S. Marasabessy, “Sistem Peringatan Dini Kebakaran Hutan Menggunakan Modul Nodemcu Dan Bot Telegram Dengan Konsep Internet Of Things (IoT),” *KOMIK (Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Komputer)*, vol. 3, no. 1, Oct. 2019, doi: 10.30865/komik.v3i1.1558.
- [16] H. Kurnia Safitri, D. Dewatama, A. Pracoyo, and R. Agung Wicaksono, “Perancangan Sistem Pendeteksi Kebakaran Rumah Menggunakan IoT (Internet of Things),” *Jurnal Elektronika dan Otomasi Industri (Elkolind)*, vol. 9, no. 3, pp. 294–299, Sep. 2022, doi: <http://dx.doi.org/10.33795/elkolind.v9i3.4287>.
- [17] A. Winarno and A. Joko Mastera, “Desain Sistem Pendeteksi Kebakaran Hutan Dengan GPS Dan Telegram,” *TESLA : Jurnal Teknik Elektro*, vol. 25, no. 1, Apr. 2023, doi: <https://doi.org/10.24912/tesla.v25i1.22931>.
- [18] H. Isyanto, D. Almanda, and H. Fahmiansyah, “Perancangan IoT Deteksi Dini Kebakaran dengan Notifikasi Panggilan Telepon dan Share Location,” *Jetri : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 18, no. 1, pp. 105–120, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.25105/jetri.v18i1>.
- [19] B. Laksmiana and N. Ikbar, “Rancang Bangun Alat Penanganan Dan Pengendalian Kebakaran Berbasis Arduino Nano Dengan Sistem IoT,” *Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi (TRekRiTel)*, vol. 1, no. 1, pp. 1–12, Apr. 2021, doi: <https://doi.org/10.51510/trekritel.v1i1.395>.
- [20] J. Balen, H. Glavaš, K. Vdovjak, and J. Jakab, “Obtaining Infrared Thermal Camera Sensor Calibration Data for Implementation in FireBot Autonomous Fire Protection Robot System,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 12, no. 22, Nov. 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/app122211657>.