

# Sistem Monitoring Deteksi Dini Kebakaran Hutan Berbasis Multiplatform Di Kabupaten Siak Menggunakan SDLC Prototyping

Diki Arisandi<sup>1\*</sup>, Liza Trisnawati<sup>1</sup>, Amir Syamsuadi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Abdurrah, Pekanbaru, Indonesia

<sup>2</sup>Fakultas Psikologi Sosial dan Politik, Program Studi Ilmu Pemerintahan, Universitas Abdurrah, Pekanbaru, Indonesia

Email: <sup>1</sup>\*diki@univrab.ac.id, <sup>2</sup>liza.trisnawati@univrab.ac.id, <sup>3</sup>amir.syamsuadi@univrab.ac.id

Email Penulis Korespondensi: diki@univrab.ac.id

Submitted: 19/05/2022; Accepted: 22/06/2022; Published: 30/06/2022

**Abstrak**—Kebakaran hutan dapat disebabkan oleh faktor alam maupun kesengajaan manusia. Kabupaten Siak adalah salah satu daerah di Provinsi Riau yang memiliki hutan dengan tanah gambut sehingga memiliki kesuburan yang tinggi. Namun beberapa tahun terakhir banyak lahan gambut yang terbengkalai dan kering karena perilaku warga maupun cuaca ekstrem yang menyebabkan lahan gambut tersebut menjadi rawan terbakar. Penelitian ini bekerja sama dengan BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah) Kabupaten Siak sebagai user untuk menghasilkan sebuah sistem deteksi dini kebakaran hutan. Sistem yang dibangun menggunakan model SDLC prototyping, yang menekankan peran aktif dari user untuk terlibat. Sumber informasi berasal dari sensor cabang dan sensor induk yang secara berkala mengirimkan informasi keadaan lahan yang dipantau ke cloud server untuk disimpan. Cloud server menjadi sumber informasi bagi ketiga platform yang bisa digunakan untuk user dalam melihat kondisi lahan gambut secara realtime maupun kondisi sebelumnya, yaitu aplikasi web, aplikasi mobile, dan LED board. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, didapatkan hasil bahwa seluruh komponen sistem bekerja dengan baik dan ketiga platform sukses menampilkan informasi keadaan lahan gambut.

**Kata Kunci:** Kebakaran Hutan; Lahan Gambut; SDLC Prototyping; Sensor Cabang; Sensor Induk; Multiplatform.

**Abstract**—Forest fires can occur by natural or human factors. The Siak district is one of the areas in Riau Province which has a forest with peat soil, so it has high fertility. However, in recent years, many abandoned peatlands have been dry due to the behavior of locals and extreme weather, which has caused the peatlands prone to fire. This research collaborates with BPBD Siak as a user to deliver an early detection system for forest fires. The system is developed by using the SDLC prototyping model, which emphasizes the active role of the user to be involved. The source of peatland information is from branch sensors and parent sensors which periodically send information regarding the status of monitored land to the cloud server for storage purposes. The cloud server is a source of information for the three platforms that can be leveraged for users to monitor the status of peatlands both in real-time and previous conditions, namely web applications, mobile applications, and LED boards. Based on the performed tests, all components of the system worked well and the three platforms were successful in displaying information on the real-time condition of the monitored peatlands.

**Keywords:** Forest Fires; Peatlands; SDLC Prototyping; Branch Sensor; Parent Sensor; Multiplatform.

## 1. PENDAHULUAN

Kebakaran hutan ataupun kebakaran pada semak belukar merupakan suatu kebakaran yang berlangsung di alam liar, namun pula bisa memusnahkan rumah-rumah serta lahan pertanian disekitarnya yang terletak berdekatan. Sebagian Pemicu umum kebakaran antara lain termasuk petir, lahan kering, kecerobohan manusia, serta pembakaran yang disengaja [1]. Beberapa bencana kebakaran di Indonesia pada tahun terakhir, termasuk daerah Siak di Provinsi Riau, bencana kebakaran yang lebih banyak berasal dari faktor kelalaian manusia dan keadaan lahan yang kering [2]. Secara geografis, 70% dari 8.275 km<sup>2</sup> jumlah luas wilayah kabupaten Siak merupakan lahan gambut [3]. sebenarnya lahan gambut merupakan daerah yang sangat subur, dikarenakan gambut terbentuk dari air dan akumulasi sisa-sisa tanaman yang sudah lama membusuk [4]. Oleh sebab itu, lahan gambut memiliki kandungan bahan organik yang tinggi dan lembab sehingga cocok ditanami berbagai jenis tanaman pangan maupun non pangan [5].

Berdasarkan data dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (BPPD) Kabupaten Siak, sudah banyak lahan gambut yang berubah fungsi dan menjadi kering dikarenakan beberapa hal diantaranya alih fungsi menjadi lahan sawit. Selain itu, perilaku warga sekitar yang menganggap pembakaran lahan kosong adalah hal yang wajar juga mengakibatkan lahan gambut kini sudah banyak yang menjadi lahan terbengkalai [6]. Hal ini juga diperparah dengan keadaan cuaca kering yang ekstrem dimana pada tahun 2018 hingga 2019 banyak terjadi kebakaran hutan yang sukar dikendalikan, sehingga menyebabkan bencana kabut asap dan meningkatnya penderita ISPA [7].

Perkembangan teknologi saat ini memungkinkan adanya tindakan pencegahan maupun penanggulangan kebakaran ditempat yang strategis seperti objek vital [8] maupun kebakaran lahan hutan lebih dini dengan adanya teknologi smartphone [9] yang terhubung melalui internet sehingga dapat menginformasikan kejadian kebakaran secara realtime [10]. Dipadukan dengan sensor, mikrokontroler, perangkat lunak yang terhubung dengan internet terbentuklah sebuah teknologi yang bernama IoT. Dengan kata lain, IoT ialah sebuah desain di mana suatu benda ditanamkan teknologi seperti perangkat lunak dan sensor dengan tujuan untuk berkomunikasi, bertukar data, menghubungkan, dan mengendalikan melalui perangkat lain selama masih dalam jangkauan koneksi internet [11].

Beberapa penelitian terdahulu terkait perancangan sistem deteksi kebakaran hutan berbasis IoT telah dilakukan dan dipublikasikan. Pemanfaatan sensor, seperti sensor api, sensor asap dan sensor suhu menjadi pilihan

beberapa peneliti. Sensor-sensor tersebut dirangkai pada sebuah mikrokontroler, dan terhubung melalui jaringan telekomunikasi pada saat mendeteksi anomali yang terjadi. Penelitian dari [12] memanfaatkan sensor untuk mendeteksi keberadaan api, diantaranya sensor asap, dan suhu, yang terhubung ke mikrokontroler Raspberry Pi dan smartphone android. pengujian alat yang dilakukan dapat mendeteksi api dan juga melakukan tindakan pencegahan seperti penyemprotan air. Penelitian yang dilakukan [13] memanfaatkan sensor suhu LM35, sensor api UVTRON R2868, dan sensor asap TGS2600.

Ketiga sensor tersebut terhubung melalui mikrokontroler Arduino dan modem SMS Gateway, sehingga apabila terjadi anomali, sistem akan memberitahu kepada nomor kontak yang telah diinputkan untuk menginformasikan kejadian kebakaran. Hasil penelitian dari [14] dan [15] juga menggunakan beberapa sensor seperti sensor asap, api, dan temperatur, yang dipadukan dengan notifikasi ke smartphone jika terjadi kebakaran. Sistem yang dibangun menggunakan mikrokontroler dan platform IoT Blynk, sehingga dapat diakses melalui perangkat mobile seperti iOS maupun android dengan koneksi internet. Penelitian yang dilakukan [16] mengandalkan sensor api dan NodeMCU sebagai pengirim informasi keberadaan titik api. Sistem deteksi yang dirancang dilengkapi dengan algoritma fuzzy mamdani yang dapat menghitung jarak sensor dengan titik api. Hasil penelitian yang dilakukan [17] juga mengandalkan sensor asap dan suhu, namun ditambah dengan sensor kelembapan tanah untuk mendeteksi potensi kebakaran pada lahan gambut yang kering sebelum terjadinya kebakaran. Informasi keadaan lahan gambut dikirim sebanyak tiga kali dalam sehari melalui internet dan bisa diakses pada perangkat android, sehingga pengguna dapat mengetahui riwayat keadaan lahan gambut secara berkala.

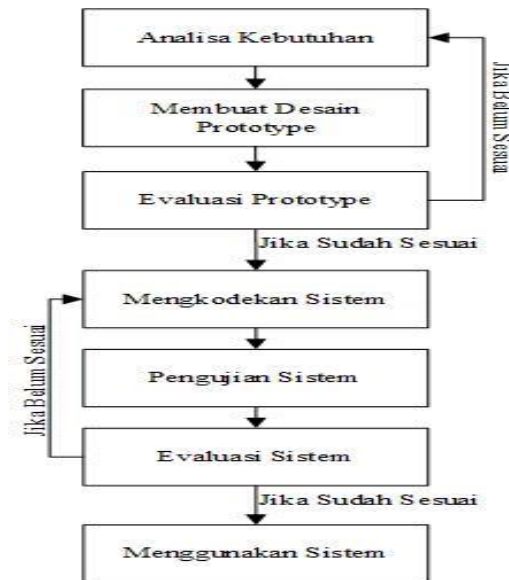
Hasil penelitian lainnya terkait dengan pencegahan kebakaran dilakukan dengan memanfaatkan hasil dari pengolahan citra. Penelitian dari [18] memproses data berupa video hasil segmentasi dari warna api dengan bantuan CIP (*Colour Image Processing*) dan mikrokontroler Raspberry Pi. Sistem yang dibangun dapat mendeteksi kebakaran pada siang dan malam hari berdasarkan intensitas warna api yang muncul. Penelitian lain yang dilakukan [19] juga mendeteksi keberadaan api dan asap berdasarkan citra yang ditangkap oleh kamera menggunakan metode *You Only Look Once* (YOLO), dan terhubung ke android untuk memberikan notifikasi. Sistem yang dibangun dapat mendeteksi objek api dan asap pada jarak 300 cm. Hasil penelitian lainnya yang menggunakan pengolahan citra dilakukan oleh [20], penelitian ini menggunakan data yang bersumber dari Pusat Pengendalian Operasi (Pusdalops) Pengendalian Bencana di BPBD Pulang Pisau. Data yang dikumpulkan berupa data latih dan data uji. Dengan menggunakan metode Color filtering berdasarkan warna Red Green Blue (RGB), nilai Hue Saturation (HSV) and YcbCr untuk klasifikasi warna asap dan api, indentifikasi keberadaan kebakaran dapat dilakukan dengan tingkat akurasi hingga 92%.

Penelitian ini bertujuan merancang sebuah sistem deteksi dini berbasis IoT dengan menggunakan beberapa sensor diantaranya sensor temperatur, sensor kelembapan udara, sensor kelembapan tanah, dan sensor level air. Ide sistem monitoring ini bertujuan merancang sebuah sistem pencegahan sejak dini sebelum terjadi kebakaran baik pada permukaan tanah maupun didalam tanah. Hal ini berhubungan dengan karakteristik dari gambut yang tidak hanya dapat terbakar pada permukaan tanah, namun juga dari dalam tanah yang disebabkan kekurangan atau ketiadaan kadar air. Selain terkait dengan karakteristik lahan, hal lainnya yang perlu diperhatikan untuk tindakan pencegahan adalah ketersediaan log data dari riwayat pemantauan sebelumnya.

Tidak adanya mekanisme penyimpanan data riwayat pada tempat atau lahan yang dimonitor di penelitian sebelumnya membuat peneliti merancang mekanisme multiplatform. Mekanisme ini menempatkan cloud server sebagai platform pertama dan tempat menyimpan informasi dari sensor, baik data realtime maupun data riwayat sebelumnya. Platform pertama ini berbasis web. Data riwayat tentunya berguna bagi user pada masa yang akan datang untuk melihat pola yang terjadi dilahan gambut, sehingga dapat dilakukan tindakan preventif yang lebih baik. Platform yang kedua yaitu berbasis android, dimana data kondisi lahan didapat dari cloud server dan diinstall pada smartphone user untuk melihat kondisi secara realtime. Platform yang ketiga yaitu sebuah LED (Light Emitting Diode) Board yang diletakkan dikantor BPBD Kabupaten Siak. Data yang dimunculkan juga berupa kondisi realtime pada lahan yang bersumber dari cloud server, dan ditampilkan dalam bentuk running text dengan tujuan agar pihak yang ada dikantor BPBD tersebut dapat melihat kondisi dilapangan dan mengambil tindakan pencegahan jika diperlukan.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan model SDLC prototyping. SDLC (system Development Life Cycle) menekankan pada proses pengembangan sistem secara sekuensial dan berurutan [21], namun karena melibatkan peran aktif dari user maka peneliti juga memasukkan fase prototype [22] agar sistem dapat dimanfaatkan sesuai dengan keinginan dari user. alur kerja model SDLC prototyping dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



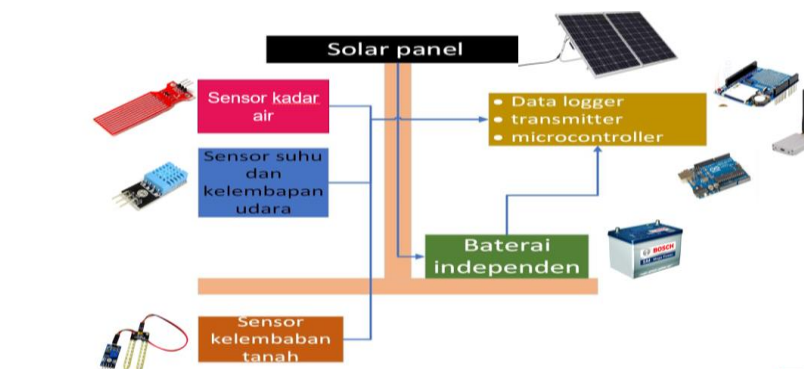
**Gambar 1.** Model SDLC Prototype

### 2.1 Analisa Kebutuhan

Peneliti melakukan tahapan analisis kebutuhan dengan cara mendengarkan masukan dan keinginan dari user, dalam hal ini adalah dinas BPBD Kabupaten Siak. User menginginkan sebuah sistem yang mampu mendeteksi lebih dini anomali pada lahan gambut, sehingga penanganan bisa segera dilakukan tanpa harus menunggu lahan sudah terbakar terlebih dahulu. Hal ini disebabkan karena jarak dan luas lahan yang harus dijangkau oleh user, sehingga dikhawatirkan jika sudah terbakar maka akan memerlukan waktu yang lebih lama untuk proses pemadaman.

### 2.2 Membuat Desain Prototype

Berdasarkan analisa kebutuhan, maka peneliti membuat desain prototype untuk sistem monitoring deteksi dini kebakaran hutan ini. Adapun blok diagram prototype dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



**Gambar 2.** Blok Diagram Prototype Yang Dibangun

Secara sederhana, seluruh sensor akan membaca keadaan disekitarnya seperti keberadaan asap, temperatur dan kelembapan udara, kelembapan tanah, dan ketersediaan air. Data dari sensor akan diolah mikrokontroler dan kemudian dikirim melalui transmitter. Sebagai pemasok sumberdaya pada siang hari solar panel akan memberikan daya kesemua komponen, namun jika malam hari ataupun tidak ada cahaya maka daya akan dipasok oleh tenaga cadangan yang bersumber dari baterai independen.

### 2.3 Evaluasi Prototype

Kegiatan Evaluasi ini dilakukan oleh user, yaitu BPBD kabupaten Siak. Jika usulan prototype sudah sesuai maka langkah akan masuk ke tahap selanjutnya. Namun jika ada yang belum sesuai, maka rancangan prototype diperbaiki dengan mengikuti tahapan sebelumnya.

### 2.4 Mengkodekan Sistem

Ketika prototype telah disetujui user, desain akan diterjemahkan ke dalam bahasa pemrograman yang sesuai untuk ketiga platform yang digunakan. Pengkodean sistem juga termasuk kalibrasi atau pengukuran nilai sensor agar sesuai kondisi riil lapangan. Alat dan bahan yang digunakan yaitu:

**Tabel 1.** Kebutuhan Software dan Hardware

No	Platform	Kebutuhan Hardware	Kebutuhan Software
1	Sensor Cabang	Mikrokontroler arduino uno R3, sensor DHT11, sensor FC-28, solar panel grade A 125x125 mm, baterai aki 12v, modul RF 433MHz.	Arduino IDE 1.8.19.
2	Sensor Utama	Mikrokontroler arduino Mega 2560, sensor DHT11, sensor FC-28, sensor SL067, solar panel grade A 125x125 mm, baterai aki 12v, modul RF 433MHz, modul RS485	Arduino IDE 1.8.19.
3	Cloud Server dan Aplikasi Web	Dual Core, 4 GB RAM, 20 GB SSD, 300 Mbps unlimited	Ubuntu OS, Apache, MySQL server, PHP, CI Framework.
4	Aplikasi Andorid	-	Kotlin.
5	LED Board	LED Running text outdoor ukuran 1 m, 100x20 cm	Power Led 2.6.

### 2.5 Pengujian Sistem

Sistem yang telah dibangun harus melewati tahap pengujian. Pengujian kali ini dilakukan pada lingkungan terkendali, dengan metode Blackbox Testing untuk menguji luaran dan mendeteksi apabila ada bug / error. Diantaranya dari sensor cabang, sensor utama, cloud server, aplikasi android, dan LED board.

### 2.6 Evaluasi Sistem

Pada tahapan ini, user melakukan evaluasi apakah sistem yang dibangun sudah sesuai dengan apa yang diharapkan atau tidak. Jika telah sesuai, sistem dapat digunakan. Namun jika tidak, lakukan perbaikan dari tahap mengkodekan sistem dan pengujian sistem

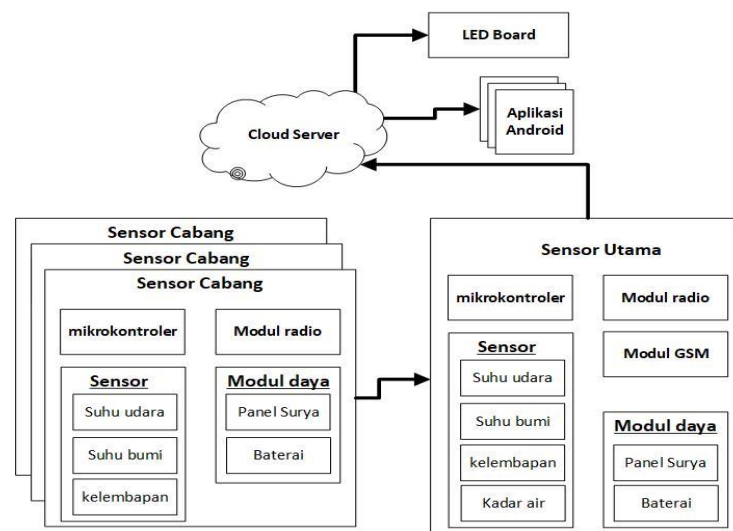
### 2.6 Menggunakan Sistem

Sistem yang dibangun telah diuji dan disetujui oleh user, dan siap untuk digunakan.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

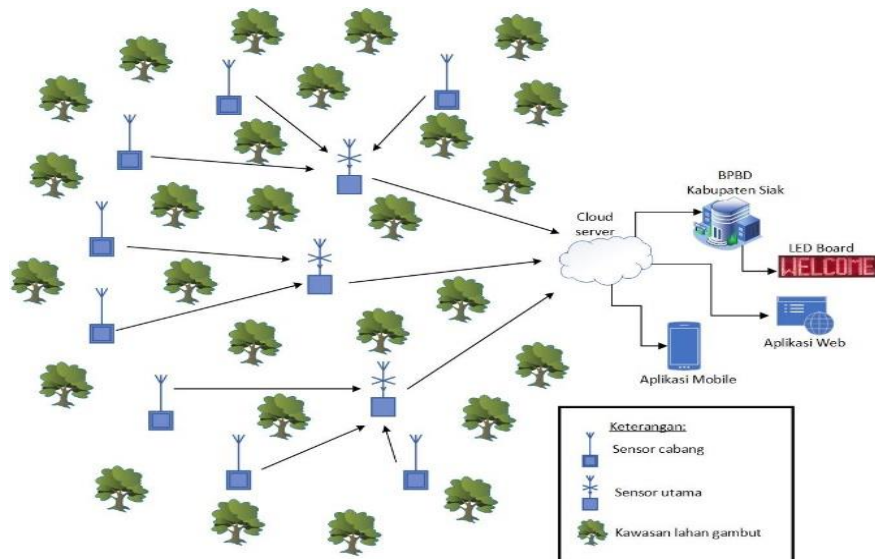
### 3.1 Implementasi

Sebagai deskripsi kerja sistem yang dibangun, pada suatu wilayah terdiri dari beberapa sensor cabang dan satu sensor utama. sensor cabang yang disebarkan pada beberapa titik di suatu wilayah akan mengirimkan informasi keadaan lahan ke sebuah sensor utama secara berkala per hari. Kemudian sensor utama akan mengkompilasi data dari sensor cabang dan hasil pengamatan dari sensor utama sendiri dan mengirimkannya ke cloud server dihari yang sama. Data yang ada pada cloud server dapat diakses via web untuk melihat riwayat lahan perhari. Bagi pengguna aplikasi android data yang dilihat adalah data realtime yang dihimpun oleh sensor utama, begitu juga informasi yang ada pada LED board. Gambaran cara kerja sistem dapat dilihat pada gambar 3 berikut:



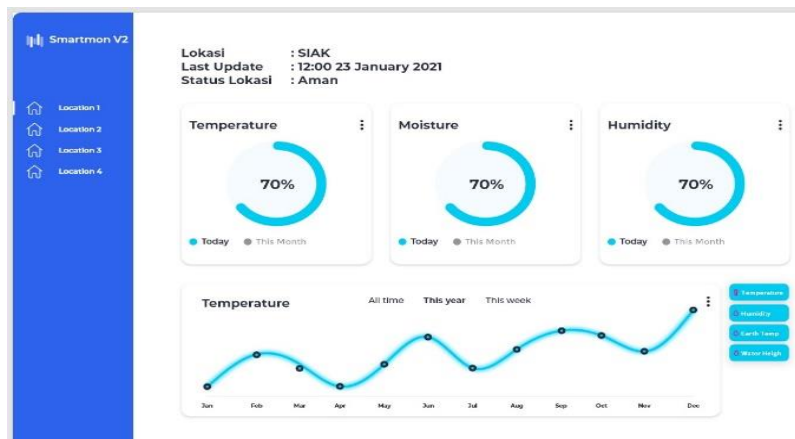
**Gambar 3.** Alur Kerja Keseluruhan Sistem Yang Dibangun

Penempatan sensor dilakukan dengan cara menyebar beberapa sensor cabang dan sensor utama secara acak dengan jarak maksimal 15 meter seperti terlihat pada gambar 4. Pemasangan dilakukan dengan metode knock-down agar memudahkan pengerjaan dan bongkar-pasang apabila terjadi kerusakan.



**Gambar 4.** Penyebaran Sensor Dilapangan

Data yang terkumpul pada cloud server dapat diakses dengan menggunakan aplikasi berbasis web, pada interface yang terdapat pada gambar 5 terlihat kondisi secara realtime dan riwayat kondisi waktu sebelumnya.



**Gambar 5.** Data Dari Cloud Server Via Aplikasi Web

Selain dapat diakses melalui aplikasi berbasis web, pengguna dapat memanfaatkan pemantauan dengan berbasis mobile maupun pada LED board yang diletakkan pada dikantor BPDB Siak. Informasi yang ditampilkan hanya kondisi terkini pada lahan gambut berdasarkan data yang dikirim oleh sensor utama menuju cloud server seperti terlihat pada gambar 6 dan gambar 7.



**Gambar 6.** Data Dari Cloud Server Ke Aplikasi Mobile



**Gambar 7.** Data Dari Cloud Server Ke LED Board

### 3.2 Pengujian Dan Evaluasi

Pengujian dilakukan pada lingkungan terkendali dengan menggunakan metode blackbox, dengan maksud agar seluruh sistem dapat benar-benar layak untuk dipergunakan dengan menguji respon dan keluaran yang dihasilkan. Pengujian melibatkan seluruh sistem, mulai dari sensor cabang, sensor induk, cloud server, aplikasi web, aplikasi mobile, dan LED board. Hasil pengujian terangkum dalam tabel 2 berikut.

**Tabel 2.** Pengujian dan Evaluasi

Platform	Komponen	Uji		Hasil
		Kalibrasi	Respon	
Sensor Cabang	Interkoneksi penghantaran data	Cek koneksi	Terhubung	Sukses
	Sensor suhu	$\leq 30^{\circ}\text{c} = \text{Aman}$ $30^{\circ}\text{c} - 40^{\circ}\text{c} = \text{Normal}$ $41^{\circ}\text{c} - 60^{\circ}\text{c} = \text{Siaga}$ $> 61^{\circ}\text{c} = \text{Bahaya}$	Merespon suhu	Sukses
	Sensor kelembapan	$\leq 50 = \text{Kering}$ $\geq 51 = \text{Lembab}$	Merespon kelembapan	Sukses
Sensor Utama	Interkoneksi penghantaran data	Cek koneksi	Terhubung	Sukses
	Sensor suhu	$\leq 30^{\circ}\text{c} = \text{Aman}$ $30^{\circ}\text{c} - 40^{\circ}\text{c} = \text{Normal}$ $41^{\circ}\text{c} - 60^{\circ}\text{c} = \text{Siaga}$ $> 61^{\circ}\text{c} = \text{Bahaya}$	Merespon suhu	Sukses
	Sensor kelembapan	$\leq 50 = \text{Kering}$ $\geq 51 = \text{Lembab}$	Merespon kelembapan	Sukses
	Sensor kadar air	$480 - 615 = \text{kadar air rendah}$ $660 - 690 = \text{kadar air sedang}$ $700 - 710 = \text{kadar air tinggi}$	Merespon kadar air	Sukses
Cloud Server	Interkoneksi penghantaran data	Cek koneksi	Terhubung	Sukses
Aplikasi Web	Penyimpanan data	Tes simpan data	Data tersimpan	Sukses
	Koneksi dengan cloud server	Cek koneksi	Terhubung	Sukses
	Information retrieval dari cloud server	Tes information retrieval	Informasi berhasil di retrieve	Sukses
Aplikasi Andorid	Infografis dan riwayat data	Cek database	Infografis dan riwayat berhasil ditampilkan	Sukses
	Koneksi dengan cloud server	Cek koneksi	Terhubung	Sukses
LED Board	Information retrieval dari cloud server	Tes information retrieval	Informasi berhasil di retrieve	Sukses
	Koneksi dengan cloud server	Cek koneksi	Terhubung	Sukses
	Information retrieval dari cloud server	Tes information retrieval	Informasi berhasil di retrieve	Sukses

## 4. KESIMPULAN

Penelitian ini menitikberatkan kepada tindakan pencegahan sebelum terjadi kebakaran pada lahan gambut. Dengan menggunakan model SDLC prototyping, sistem yang dibangun pada penelitian ini mengandalkan informasi yang dikirim oleh sensor cabang ke sensor induk, lalu kemudian meneruskan ke cloud server untuk disimpan. User dapat melihat keadaan lahan dengan memanfaatkan tiga platform yang ada, yaitu dengan aplikasi web, aplikasi mobile, maupun dari LED board. Berdasarkan pengujian yang dilakukan dengan menggunakan metode blackbox, seluruh komponen sistem sukses menghasilkan luaran yang diinginkan dan dapat digunakan oleh user.

## REFERENCES

- [1] A. Subiyanto, "Analysis of Forest and Land Fire From the Side of Trigger Factors and Political Ecology," *J. Manaj. Bencana*, vol. 6, no. 2, pp. 1–24, 2020.
- [2] A. Yusuf, H. Hapsah, S. H. Siregar, and D. R. Nurrochmat, "Analisis Kebakaran Hutan Dan Lahan Di Provinsi Riau," *Din. Lingkungan. Indones.*, vol. 6, no. 2, p. 67, 2019.
- [3] D. Arisandi, A. Syamsuadi, T. F. Gafar, S. Hartati, and M. Fajar, "Pembinaan Masyarakat Peduli Api Sebagai Bentuk Partisipasi Warga Desa Dayun Dalam Menangani Bencana Kebakaran Lahan," *Ikraith-Abdimas*, vol. 3, no. 3, pp. 34–37, 2020.
- [4] J. Prayitno, R. Prisha, and S. Herlina, "Formulasi konsorsium mikroba asal pertambangan minyak siak riau yang efektif dalam mendegradasi senyawa hidrokarbon," *J. Teknol. Lingkung.*, vol. 13, no. 2, pp. 123–130, 2012.
- [5] B. Tampubolon, D. T. Harjanti, N. M. Adlika, and L. M. H. Christanto, "Pemanfaatan Lahan Gambut Menjadi Lahan Potensial untuk Menjaga Ketahanan Pangan di Kalimantan Barat," *Geodika J. Kaji. Ilmu dan Pendidik. Geogr.*, vol. 4, no. 2, pp. 182–191, 2020.
- [6] Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Siak, "Buku Profil Daerah Kabupaten Siak Tahun 2013," Siak, 2014.
- [7] A. S. Cahyono, S. P. Warsito, W. Andayani, and D. H. Darwanto, "FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KEBAKARAN HUTAN DI INDONESIA DAN IMPLIKASI KEBIJAKANNYA," *J. Sylva Lestari*, vol. 3, no. 1, pp. 103–112, 2015.
- [8] S. Sunardi, J. Margolang, J. Hidayat, I. Idris, and R. Khair, "Rancang Bangun Protoype Robot Navigasi Pemadam Api di Bandar Udara," *J. Sist. Komput. dan Inform.*, vol. 1, no. 3, p. 273, 2020.
- [9] F. Fatayat and J. Risanto, "Model Sistem Deteksi Dini Kebakaran Hutan Dan Lahan (Karhutla) Berbasis Android Di Kabupaten Pelalawan," *Simtika*, vol. 3, no. 3, pp. 19–25, 2020.
- [10] V. Dubey, P. Kumar, and N. Chauhan, "Forest Fire Detection System Using IoT and Artificial Neural Network," in *International Conference on Innovative Computing and Communication (ICICC-2018)*, 2019, vol. 55, pp. 323–337.
- [11] R. Komalasari, "MANFAAT APLIKASI TEKNOLOGI IOT DI MASA PANDEMI COVID-19: STUDI EKSPLOLATIF," *Temat. - J. Teknol. Inf. Dan Komun.*, vol. 7, no. 2, pp. 140–146, 2020.
- [12] I. W. Pande Agustiana Putra, I. N. Piarsa, and K. Suar Wibawa, "Sistem Pendeteksi Kebakaran Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Android," *J. Ilm. Merpati (Menara Penelit. Akad. Teknol. Informasi)*, vol. 6, no. 3, p. 167, 2018.
- [13] A. Setiawan and B. Yanto, "Prototype Sistem Deteksi Dini Kebakaran Hutan (Sd2kh) dengan Sensormatik," in *PROSIDING SEMINAR NASIONAL SISFOTEK*, 2018, no. September, pp. 4–5.
- [14] J. M. S. Waworundeng, "Desain Sistem Deteksi Asap dan Api Berbasis Sensor, Mikrokontroler dan IoT," *CogITo Smart J.*, vol. 6, no. 1, p. 117, 2020.
- [15] S. Siswanto, S. Sutarti, R. N. Hay's, and A. S. Anggoro, "Prototype Wireless Sensor Network ( Wsn ) Sistem," *J. Perspekt.*, vol. 4, no. 2, pp. 117–122, 2020.
- [16] I. F. Rahmad, L. Tanti, B. Triandi, I. Komputer, R. S. Komputer, and U. P. Utama, "Wireless Sensor Network Sebagai Penentu Lokasi Kebakaran Hutan," *TIN Terap. Inform. Nusant.*, vol. 2, no. 3, pp. 138–144, 2021.
- [17] D. Arisandi, A. Syamsuadi, T. F. Gafar, S. Hartati, and M. Fajar, "Rancang Bangun Perangkat Telemetry Sebagai Deteksi Dini Kebakaran Hutan Di Desa Dayun Kabupaten Siak," *Ikraith-Abdimas*, vol. 3, no. 3, pp. 7–11, 2020.
- [18] M. Nasir, Atthariq, and M. Arhami, "Sistem Pendeteksi Dini Kebakaran Menggunakan Colour Image Processing dan Raspberry Pi," *Proceeding Semin. Nas. Politek. Negeri Lhokseumawe*, vol. 2, no. 1, p. A-226-A231, 2018.
- [19] N. Amanda, I. Sutrisno, and D. Sukoco, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Titik Api dan Asap Menggunakan Metode YOLO dan Berbasis Android untuk Deteksi Dini Kebakaran pada Gedung Bertingkat," *J. Conf. Autom. Eng. Its Appl.*, vol. 1, no. 2809, pp. 193–197, 2021.
- [20] R. E. Wibowo, R. Teguh, and A. Lestari, "Deteksi Dini Kebakaran Hutan Dan Lahan Memanfaatkan Ekstraksi Exif Pada Informasi Gambar Berbasis Pengolahan Citra," *J. Teknol. Inf. J. Keilmuan dan Apl. Bid. Tek. Inform.*, vol. 15, no. 1, pp. 1–12, 2021.
- [21] D. Galin, *From SDLC to Agile-Processes and Quality Assurance Activities*. Wiley-IEEE Press, 2018.
- [22] J. E. T. Akinsola, A. S. Ogunbanwo, O. J. Okesola, I. J. Odun-Ayo, F. D. Ayegbusi, and A. A. Adebisi, "Comparative analysis of software development life cycle models (SDLC)," in *Computer Science On-line Conference*, 2020, pp. 310–322.