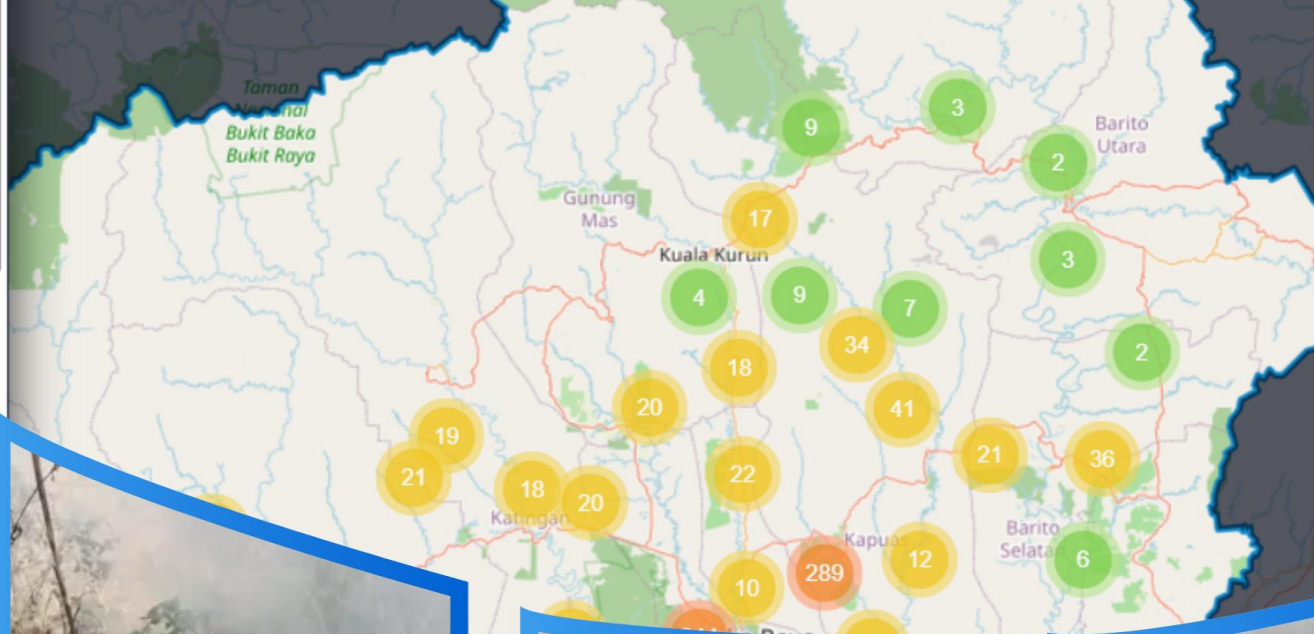


Custom Timeline

masi pergerakan

esai:



PT. Jitara Mediatama Group

# MENJAGA KALTENG BERBASIS DATA SI-KARHUTLA

...

# 2026

Dokumentasi Si-Karhutla  
Kalimantan Tengah



jitara.id

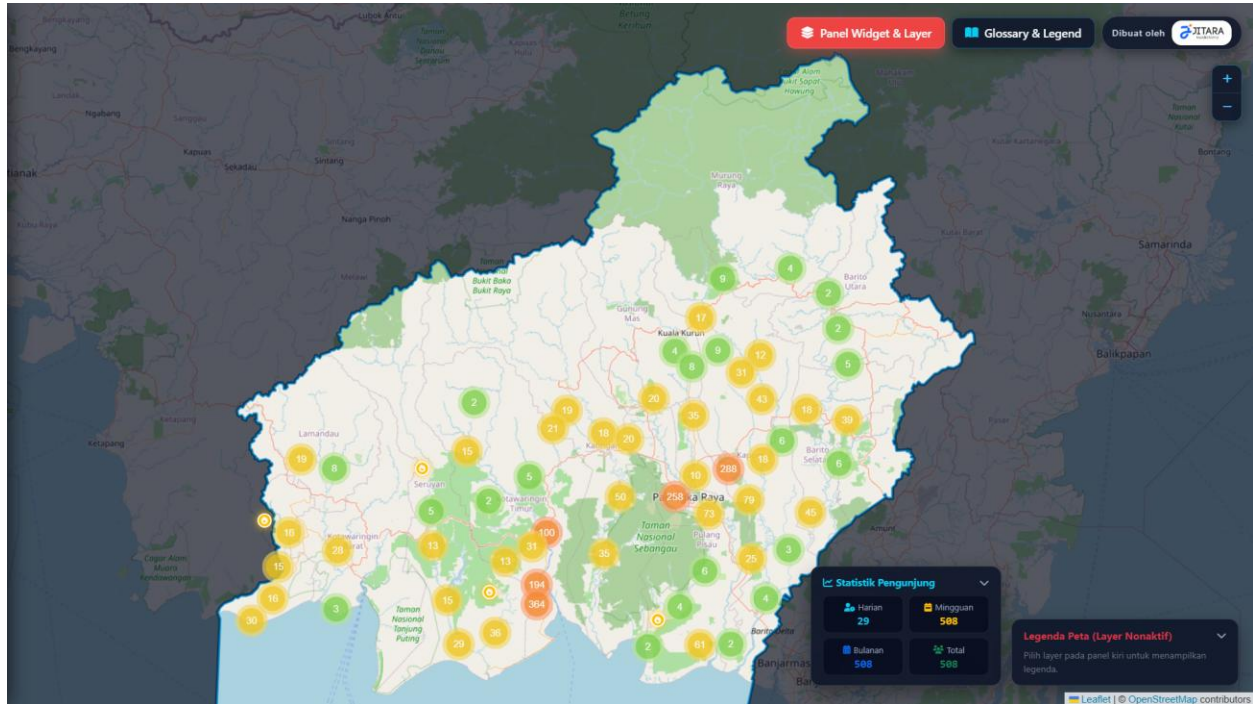


08115208925



kami@jitara.id

## BAB I: LATAR BELAKANG



### 1.1 Apa itu SiKarhutla

Sistem Informasi Kebakaran Hutan dan Lahan Kalimantan Tengah yang dikenal dengan nama **SiKarhutla** merupakan platform analitik geospasial terpadu berbasis *Web GIS (Geographic Information System)* yang dirancang untuk memantau, menganalisis, memprediksi, dan memvisualisasikan dinamika risiko kebakaran hutan dan lahan secara *real-time* dan *near-real-time* di seluruh cakupan tata wilayah Provinsi Kalimantan Tengah. Kalimantan Tengah memiliki luas wilayah mencapai 153.564 km<sup>2</sup> dengan topografi unik di mana sekitar 3,01 juta hektar daratannya berupa ekosistem lahan gambut (*peatland*) yang sangat tebal dan memiliki kandungan bahan organik sangat tinggi. Luasnya wilayah yang diampu membutuhkan suatu sistem informasi modern yang sanggup mengintegrasikan beragam sumber data observasi bumi dari berbagai institusi nasional maupun internasional ke dalam satu antarmuka tunggal (*single pane of glass*).

Penting untuk diperjelas sejak awal bahwa platform **SiKarhutla ini murni merupakan inisiatif, riset, dan karya inovasi mandiri dari PT Jitara Mediatama** sebuah entitas *software house* dan pengembang teknologi independen asli asal Kalimantan Tengah. Aplikasi ini **bukan**

*merupakan proyek buatan pemerintah*, melainkan bentuk sumbangsih kepedulian teknologis dari talenta lokal Kalteng dalam menjawab ancaman bencana ekologis kabut asap yang saban tahun melanda tanah kelahiran.

Meskipun SiKarhutla dikembangkan secara independen oleh Jitara Mediatama, **seluruh data, hasil analisis geospasial, pemodelan prediksi machine learning, serta sistem peringatan dini di dalam platform ini dapat diakses dan dimanfaatkan secara bebas serta terbuka oleh Pemerintah Daerah** (Pemerintah Provinsi Kalimantan Tengah, BPBD Kalteng, Satgas Karhutla, Dinas Pendidikan, Dinas Kesehatan, maupun Forkopimda) sebagai Sistem Pendukung Keputusan (*Decision Support System*) dalam merumuskan kebijakan tanggap darurat dan proteksi masyarakat.

## **1.2 Ide Awal & Kepemilikan Inovasi Software House Kalteng**

Ide awal penciptaan aplikasi SiKarhutla oleh Jitara Mediatama berakar dari pengalaman panjang bencana ekologis kebakaran hutan dan lahan gambut yang berulang kali melanda wilayah Kalimantan Tengah, khususnya kejadian besar pada tahun 1997, 2015, 2019, dan 2023. Lahan gambut Kalteng memiliki karakteristik khusus: ketika memasuki musim kemarau panjang yang dipicu oleh fenomena *El Niño*, kadar air tanah gambut (*soil moisture*) akan merosot drastis hingga kedalaman lebih dari 50 cm di bawah permukaan tanah (*water table depth*). Kondisi ini menyebabkan gambut kering berubah menjadi bahan bakar padat yang sangat mudah terbakar.

Kebakaran pada lahan gambut tidak hanya membakar vegetasi di permukaan (*surface fire*), tetapi juga membara di dalam tanah (*subsurface smoldering fire*). Kebakaran bawah permukaan ini sangat sulit dipadamkan oleh tim satgas darat karena api menjalar secara tak terlihat di bawah tumpukan serasah gambut. Dampak paling mematikan dari kebakaran gambut adalah munculnya partikel emisi beracun yang sangat pekat dalam bentuk kabut asap (*smog*). Kabut asap ini kaya akan polutan pembawa penyakit seperti ***Particulate Matter 2.5 (PM2.5)***, Karbon Monoksida (CO), Sulfur Dioksida (SO<sub>2</sub>), dan Senyawa Organik Volatil (VOC).

Sebelum dikembangkannya platform oleh Jitara Mediatama, data mengenai kondisi cuaca, titik panas, dan kualitas udara terfragmentasi di berbagai sistem yang berdiri sendiri (*silos systems*). Kementerian Kehutanan (KLHK) mengelola SiPongi, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) mengelola pemetaan FDRS Spartan, Badan Riset dan Inovasi Nasional

(BRIN) serta NASA menyediakan citra satelit, sementara Kementerian Pendidikan (Kemendikbudristek) mengelola database lokasi sekolah. Petugas lapangan di BPBD Kalteng serta pengambil keputusan di tingkat provinsi kesulitan untuk mengkorelasikan secara cepat: *dimana lokasi titik panas berada, ke mana arah angin bertiup, dan berapa banyak sekolah atau pemukiman warga yang berada dalam radius bahaya asap pada jam tersebut.*

Melihat permasalahan tersebut, tim perekayasa software di **Jitara Mediatama** secara swadaya merancang dan membangun **SiKarhutla** sebuah platform yang secara otomatis melakukan *direct data ingestion* dari NASA FIRMS API dan seluruh penyedia data global maupun nasional, mengolahnya melalui algoritma spasial berbasis jarak *Haversine* dan indeks spektral satelit *Sentinel-2*, serta menyajikannya dalam tampilan visual interaktif publik yang langsung memberi peringatan dini mengenai ancaman paparan asap terhadap anak-anak sekolah dan masyarakat luas.



### **1.3 Tujuan Pembuatan & Pemanfaatan Terbuka oleh Pemerintah**

Pengembangan Sistem Informasi Kebakaran Hutan dan Lahan Kalimantan Tengah oleh Jitara Mediatama memiliki kerangka tujuan yang terstruktur rapi ke dalam tiga tahapan capaian strategis:

### ***1.3.1 Tujuan Jangka Pendek (Short-Term Goals)***

1. Menyediakan antarmuka tunggal (single dashboard) pemantauan titik panas (hotspot) multi-satelit (VIIRS SNPP, VIIRS NOAA-20, MODIS Terra/Aqua) yang terintegrasi secara *real-time* via NASA FIRMS API bagi Satuan Tugas (Satgas) Karhutla BPBD dan publik Kalimantan Tengah.
2. Melakukan otomatisasi ekstraksi parameter meteorologi (kecepatan angin, arah angin, suhu, kelembaban) dan Kualitas Udara (ISPU/PM2.5) dari layanan *Open-Meteo* dan *Copernicus CAMS* tanpa perlu input manual.
3. Menghitung secara otomatis radius bahaya paparan asap (danger buffer radius) terhadap 6.458+ lokasi sekolah (Data PENA Kalteng) di wilayah Kalteng guna memberikan rekomendasi tindakan proteksi dini.

### ***1.3.2 Tujuan Jangka Menengah (Medium-Term Goals)***

1. Mengintegrasikan model analitik prediksi berbasis pembelajaran mesin (Machine Learning) seperti ***Long Short-Term Memory (LSTM)***, ***Gated Recurrent Unit (GRU)***, dan ***ARIMA*** yang dikembangkan dalam paket analitik gambut *PeatFR Engine* untuk memprediksi penurunan muka air tanah gambut.
2. Memanfaatkan pemrosesan citra spektral satelit resolusi tinggi *Copernicus Sentinel-2 (Bands 4, 8, 11, 12)* untuk menghitung indeks kerentanan gambut ***Fire Vulnerability Index (FVI)*** dan memetakan area bekas kebakaran ***Normalized Burn Ratio (NBR / Burn Scar)***.
3. Menyediakan fitur ***Multi-Source Comparison Matrix*** yang secara otomatis menyandingkan hasil deteksi dari 4 sumber independen (Sentinel-2, Spartan BMKG, PeatFR, dan SiPongi/NASA FIRMS) guna meminimalkan risiko kesalahan deteksi (false alarm).

### ***1.3.3 Tujuan Jangka Panjang (Long-Term Goals)***

1. Menyediakan platform Sistem Pendukung Keputusan (Decision Support System - DSS) yang matang yang siap dimanfaatkan oleh Gubernur dan Pemerintah Provinsi Kalimantan Tengah dalam penetapan Status Siaga/Tanggap Darurat Bencana Karhutla berbasis bukti empiris data geospasial.

2. Mendukung agenda perlindungan dan pemulihan ekosistem gambut berkelanjutan (sustainable peatland restoration) di Kalimantan Tengah selaras dengan target komitmen penurunan emisi gas rumah kaca nasional.

3. Membangun ketahanan masyarakat (community resilience) melalui penyediaan informasi publik yang transparan, mudah dipahami, serta dapat diakses secara gratis oleh seluruh warga Kalteng.

## BAB II: SUMBER DATA DAN TEKNOLOGI INGESTI

### 2.1 Penjelasan Lengkap Sumber Data Publik & Fungsinya

Keunggulan utama dari SiKarhutla buatan Jitara Mediatama terletak pada kemampuannya melakukan ingest dan agregasi data secara hibrida dari 9 sumber data utama publik yang berasal dari lembaga bereputasi tinggi. Berikut adalah rincian mendalam mengenai masing-masing sumber data beserta fungsi spesifiknya di dalam sistem publik:

#### 2.1.1 SiPongi KLHK & NASA FIRMS NRT Multi-Satellite Feeds

**a. Deskripsi Data:** SiPongi KLHK berkolaborasi dengan NASA FIRMS (Fire Information for Resource Management System) menyediakan data deteksi titik panas (hotspot) aktif Near-Real-Time (NRT). Data dihimpun dari 3 konstelasi instrumen penginderaan jauh utama: sensor VIIRS pada satelit Suomi-NPP, sensor VIIRS pada satelit NOAA-20, serta sensor MODIS pada satelit Terra dan Aqua.

**b. Fungsi Data dalam SiKarhutla:** Fungsi utamanya adalah sebagai acuan utama (primary ground truth) lokasi titik api aktif. Data ini menyediakan koordinat presisi [Latitude, Longitude], variabel suhu kecerahan (brightness temperature) dalam Kelvin/Celsius, status keandalan (confidence level), waktu akuisisi satelit, serta referensi status kemudahan terbakar.

#### 2.1.2 Open-Meteo Weather API & Copernicus CAMS Air Quality

**a. Deskripsi Data:** Open-Meteo API memanfaatkan model prakiraan meteorologi numerik resolusi tinggi berbasis reanalisis ERA5 dari ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts). Data ini menyediakan variabel atmosferik mencakup kecepatan angin pada ketinggian 10 meter (wind\_speed\_10m dalam km/jam), arah angin (wind\_direction\_10m dalam derajat), suhu udara (temperature\_2m dalam °C), dan kelembaban nisbi (relative\_humidity\_2m dalam %). Sementara Copernicus CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service) menyediakan pemantauan emisi aerosol dan konsentrasi PM2.5.

**b. Fungsi Data dalam SiKarhutla:** Data angin diolah untuk mengkalkulasi vektor sebaran asap (smoke plume vector) yang menunjukkan ke arah mana asap kebakaran akan bergerak melintasi wilayah Kalteng. Sedangkan data PM2.5 dikonversi secara otomatis menjadi angka Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU) untuk menentukan tingkat bahaya kualitas udara bagi pernapasan warga.

### ***2.1.3 Data Geospasial Sekolah PENA Kalteng (Kemendikbudristek)***

**a. Deskripsi Data:** Dataset geospasial presisi PENA Kalteng yang mencakup 6.458+ lokasi sekolah (SD/MI, SMP/MTs, SMA/SMK/MA) di seluruh 13 Kabupaten dan 1 Kota di Kalimantan Tengah lengkap dengan koordinat [Latitude, Longitude] presisi.

**b. Fungsi Data dalam SiKarhutla:** Digunakan sebagai objek proteksi fasilitas publik utama. Sistem melakukan penapisan spasial (*spatial proximity analysis*) dengan menghitung jarak antara setiap titik panas kebakaran yang terdeteksi dengan ribuan koordinat sekolah guna mengidentifikasi sekolah mana saja yang berada pada radius bahaya kritis (<3 km, 3-5 km, 5-10 km).

### ***2.1.4 Copernicus Sentinel-2 L2A Multispectral Satellite (ESA)***

**a. Deskripsi Data:** Satelit konstelasi Sentinel-2A dan Sentinel-2B milik Badan Antariksa Eropa (ESA) yang diakses melalui portal *Copernicus Data Space Ecosystem (CDSE)* via protokol OGC WMS/WCS. Menyediakan citra multispektral 13 *bands* dengan resolusi spasial hingga 10 meter per piksel.

**b. Fungsi Data dalam SiKarhutla:** Digunakan untuk pemrosesan algoritma spektral khusus lahan gambut secara *on-the-fly* menggunakan skrip pemrosesan awan *Custom Evalscript V3*. Mengisi perhitungan indeks vegetasi (NDVI), indeks kandungan air (NDWI), pemetaan area bekas kebakaran (NBR / Burn Scar), serta kalkulasi indeks kerentanan gambut komposit ***Fire Vulnerability Index (FVI)***.

### ***2.1.5 NASA EOSDIS EONET v3 (Earth Observatory Natural Event Tracker)***

**a. Deskripsi Data:** Layanan API *RESTful* global dari NASA Goddard Space Flight Center yang mengkatalogkan peristiwa bencana alam di seluruh permukaan bumi secara *near-real-time* dalam kategori *Wildfires*.

**b. Fungsi Data dalam SiKarhutla:** Berfungsi sebagai data validasi sekunder global. Sistem menerapkan teknik *geofencing bounding box* pada koordinat Kalimantan (Bounding Box: Lat - 4.5° s/d 4.5°, Lng 108.0° s/d 119.0°) untuk menyaring dan mengklaim data peristiwa kebakaran besar secara otomatis.

### ***2.1.6 OpenStreetMap & Esri World Imagery Basemaps***

**a. Deskripsi Data:** Penyedia peta dasar (basemap tile servers) standar industri GIS yang diakses menggunakan protokol XYZ Tile Service (HTTP/HTTPS Tile Endpoints).

**b. Fungsi Data dalam SiKarhutla:** OpenStreetMap Bright menyediakan visualisasi detail topografi jalan, jaringan sungai, dan pemukiman warga. Sementara Esri World Imagery menyajikan citra ortofoto satelit resolusi tinggi untuk memverifikasi kondisi tutupan lahan (land cover) di sekitar titik kebakaran.

### ***2.1.7 Data Populasi & Demografi BPS Kalimantan Tengah***

**a. Deskripsi Data:** Data statistik kependudukan resmi yang diterbitkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Kalimantan Tengah mencakup jumlah jiwa, kepadatan penduduk, dan luas wilayah per kabupaten/kota.

**b. Fungsi Data dalam SiKarhutla:** Digunakan dalam *Widget District Risk Summary* untuk menghitung proyeksi estimasi jumlah jiwa yang berisiko terpapar asap kebakaran pada suatu kabupaten/kota berdasarkan akumulasi titik panas aktif.

### ***2.1.8 Spartan BMKG (Fire Danger Rating System - FDRS)***

**a. Deskripsi Data:** Sistem Peringatan Kebakaran Hutan dan Lahan BMKG berbasis metode *Canadian Forest Fire Danger Rating System (CFFDRS)* yang menghasilkan 6 indeks bahaya kebakaran.

**b. Fungsi Data dalam SiKarhutla:** Menyediakan parameter kelembaban bahan bakar (FFMC, DMC, DC) dan potensi penyebaran api (ISI, BUI, FWI) untuk menentukan kategori tingkat bahaya resmi BMKG (Aman/Hijau, Sedang/Biru, Tinggi/Kuning, Ekstrem/Merah).

### ***2.1.9 PeatFR Hydrometeorological & Machine Learning Engine***

**a. Deskripsi Data:** Arsitektur paket analitik khusus lahan gambut yang mengkombinasikan metode imputasi nilai hilang (Spline, Loess, KNN) dengan model peramalan deret waktu (time-series forecasting) seperti LSTM, GRU, dan ARIMA.

**b. Fungsi Data dalam SiKarhutla:** Mengukur dinamika kedalaman muka air tanah gambut (Water Table Depth - WTD) dan memberikan prediksi skor kerentanan gambut ***Peatland Fire Vulnerability Index (PFVI)*** hingga beberapa hari ke depan.

## 2.2 Penjelasan API Key NASA FIRMS (MAP\_KEY)

Dalam pengembangan terbaru SiKarhutla oleh Jitara Mediatama, pengingestian data titik panas (hotspot) aktif ditingkatkan menggunakan antarmuka **NASA FIRMS REST API** yang dilindungi oleh lisensi kredensial **NASA FIRMS MAP\_KEY**. Berikut adalah penjelasan lengkap mengenai definisi, kegunaan, dan tata cara memperoleh kredensial tersebut:

### 2.2.1 Apa itu NASA FIRMS MAP\_KEY

**NASA FIRMS MAP\_KEY (Map Key Authentication Token)** merupakan string token lisensi otentikasi unik sepanjang 32 karakter heksadesimal yang dikeluarkan secara resmi oleh *NASA EOSDIS FIRMS (Earth Observing System Data and Information System - Fire Information for Resource Management System)*. Token ini diberikan kepada pengembang dan lembaga riset untuk mengakses layanan antarmuka pemrograman aplikasi (RESTful Web API) NASA secara terstruktur.

### 2.2.2 Kegunaan MAP\_KEY dalam Sistem SiKarhutla

Penggunaan **NASA FIRMS MAP\_KEY** pada platform SiKarhutla memiliki 3 kegunaan teknis krusial:

**1. Pengambilan Data Presisi Berbasis Area Bounding Box Kalteng:** Dengan MAP\_KEY, server SiKarhutla dapat memanggil endpoint area khusus ``https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/api/area/csv/{MAP_KEY}/{SENSOR}/{BBOX}/{DAYS}`` yang secara spesifik menyaring koordinat batas Kalimantan Tengah ``(110.950, -3.320, 115.260, 0.780)``. Hal ini menghemat waktu komputasi dibanding mengunduh seluruh data Asia Tenggara.

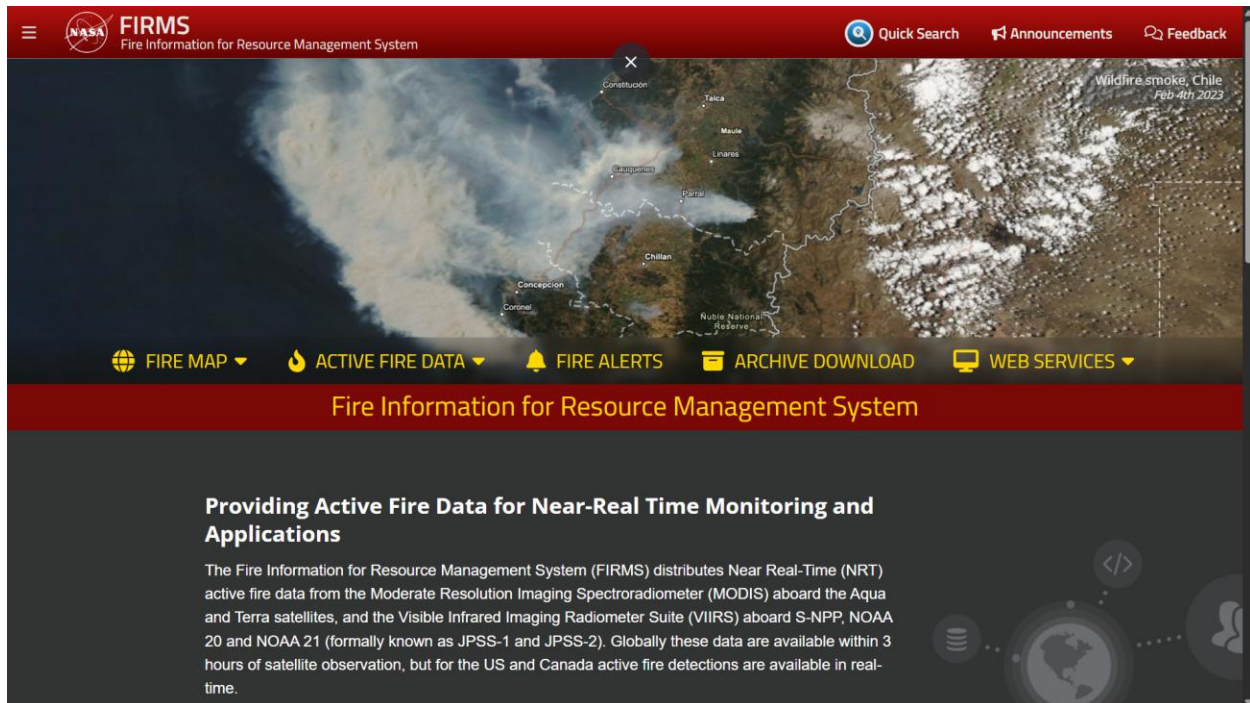
**2. Menjamin Kecepatan Ingesti & Kuota High-Priority Bandwidth:** API Key memberikan alokasi prioritas jalur data (high-priority bandwidth) dari server NASA Goddard Space Flight Center di Maryland, USA, sehingga terhindar dari pembatasan kuota publik (rate-limiting/throttling) pada saat puncak musim kemarau.

**3. Mendukung Otomatisasi Sinkronisasi Database (Background Console Scheduler):** MAP\_KEY terintegrasi langsung dengan perintah konsol ``php artisan karhutla:sync-hotspots`` dan tabel ``hotspot_caches`` untuk memperbarui data titik panas secara otomatis setiap beberapa menit di latar belakang tanpa membebani peramban (browser) pengakses publik.

### 2.2.3 Cara Mengambil / Memperoleh NASA FIRMS MAP\_KEY

Untuk memperoleh **NASA FIRMS MAP\_KEY** secara gratis dan legal dari NASA, langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- 1. Buka Portal Resmi NASA FIRMS API:** Akses peramban web ke alamat resmi [https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/api/map\\_key/](https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/api/map_key/).
- 2. Masukkan Alamat Email Aktif:** Pada formulir pendaftaran token, ketikkan alamat surat elektronik (email) aktif milik instansi atau pengembang.
- 3. Kirim Permohonan Token:** Klik tombol 'Request MAP Key'. Sistem otentikasi otomatis NASA akan memproses pendaftaran dalam hitungan detik.
- 4. Verifikasi dan Salin Kode Token:** Buka kotak masuk (inbox) email. Salin 32 digit kode token unik yang dikirimkan oleh pihak NASA.
- 5. Konfigurasi pada Sistem SiKarhutla:** Masukkan kode token tersebut pada menu Pengaturan Sistem (System Settings) SiKarhutla atau pada file lingkungan `.env` di variabel `NASA_FIRMS_MAP_KEY=kode_token_anda``.



## 2.3 Penjelasan Masing-Masing Nama dan Legenda Publik (Glossary & Legend)

Untuk mempermudah pemahaman baik oleh kalangan profesional pengelola bencana maupun masyarakat awam, berikut dijelaskan secara rinci seluruh istilah teknis, nama parameter, formula matematika, serta penandaan legenda visual yang digunakan di dalam antarmuka publik SiKarhutla:

**1. Titik Panas (Hotspot):** Piksel permukaan bumi yang terdeteksi oleh sensor inframerah satelit memiliki suhu jauh lebih tinggi dibandingkan dengan suhu lingkungan sekitarnya. *Hotspot* merupakan indikator awal adanya potensi kebakaran hutan dan lahan, namun tidak selalu berarti api membara (bisa berupa pemukiman, atap seng, atau permukaan tanah terbuka yang menyerap panas matahari).

**2. Brightness Temperature (Suhu Kecerahan Termal):** Nilai radiasi termal yang dipancarkan oleh objek di permukaan bumi dan ditangkap oleh sensor spektral satelit. Diukur dalam satuan Kelvin ( $T_K$ ) atau derajat Celsius ( $T_C$ ). Konversi dilakukan menggunakan persamaan fisika:

$$T_{Celsius} = T_{Kelvin} - 273.15$$

**3. Confidence Level (Tingkat Kepercayaan Hotspot):** Skor skala persentase kepastian (rentang skala 0 s.d 100) dalam mengukur indikasi bahwa sebuah *hotspot* benar-benar merupakan peristiwa kebakaran lahan aktif. Dikategorikan menjadi tiga tingkatan:

- **HIGH (Sangat Tinggi / Merah):** Skor 82% - 99%, Suhu Kecerahan  $> 340\text{ K}$  ( $\sim 67^\circ\text{C}$ ), FVI  $\geq 1.05$ . Mengindikasikan api aktif yang membara hebat.
- **MEDIUM (Sedang / Kuning):** Skor 45% - 81%, Suhu Kecerahan  $\sim 315\text{ K}$  ( $\sim 42^\circ\text{C}$ ), FVI 0.85 - 1.04. Mengindikasikan potensi kebakaran sedang atau presesi asap tebal.
- **LOW (Rendah / Hijau):** Skor 15% - 44%, FVI  $< 0.85$ . Berupa anomali suhu rendah atau paparan panas permukaan non-kebakaran.

**4. FDRS (Fire Danger Rating System):** Sistem pemeringkatan tingkat bahaya kebakaran lahan berdasarkan kalkulasi cuaca harian yang terdiri dari 6 Indeks Utama:

- **FFMC (Fine Fuel Moisture Code):** Mengukur kadar air bahan bakar halus kering (daun gugur, serasah).

- **DMC (Duff Moisture Code):** Mengukur kadar air lapisan gambut/organik sedang (kedalaman 5-10 cm).
- **DC (Drought Code):** Mengukur tingkat kekeringan gambut dalam (kedalaman >20 cm).
- **ISI (Initial Spread Index):** Mengukur laju kecepatan awal penyebaran api.
- **BUI (Buildup Index):** Mengukur total volume bahan bakar yang siap terbakar.
- **FWI (Fire Weather Index):** Indeks komposit utama intensitas bahaya api secara keseluruhan.

**5. ISPU (Indeks Standar Pencemar Udara):** Angka tanpa dimensi yang menggambarkan tingkat kualitas udara ambien di lokasi tertentu berdasarkan konsentrasi polutan PM2.5. Diklasifikasikan dalam 5 skala warna:

- **0 - 50 (Hijau / SEHAT):** Kualitas udara sangat baik, tidak berdampak pada kesehatan.
- **51 - 100 (Biru / SEDANG):** Kualitas udara masih dapat diterima oleh manusia dan hewan.
- **101 - 200 (Kuning / TIDAK SEHAT):** Berdampak buruk bagi kelompok sensitif (penderita ISPA, anak-anak, lansia).
- **201 - 300 (Oranye / SANGAT TIDAK SEHAT):** Menurunkan kualitas fisik pada semua populasi masyarakat.
- **> 300 (Merah Tua / BAHAYA):** Kualitas udara tingkat kritis, beracun, dan wajib menggunakan masker khusus atau evakuasi.

**6. FVI (Fire Vulnerability Index):** Indeks kerentanan kebakaran gambut komposit yang dihitung dari kombinasi spektral air dan vegetasi satelit Sentinel-2:

$$FVI = (1 - NDWI) * 0.6 + (1 - NDVI) * 0.4$$

**7. NBR (Normalized Burn Ratio / Burn Scar):** Indeks spektral untuk memetakan luas dan tingkat keparahan kerusakan lahan bekas kebakaran (burn scar) memanfaatkan pita *Near-Infrared (NIR / Band 8)* dan *Short-Wave Infrared (SWIR / Band 12)*:

$$NBR = (B08 - B12) / (B08 + B12)$$

**8. Smoke Plume Vector (Vektor Sebaran Asap):** Panah proyeksi geospasial pada peta yang menunjukkan arah pergerakan asap berdasarkan kombinasi kecepatan angin (km/jam) dan sudut arah angin (derajat kardinal: N, NE, E, SE, S, SW, W, NW).

**9. School Danger Radius Buffer:** Zona bahaya melingkar di sekeliling titik kebakaran yang dibagi menjadi 3 zona tingkat ancaman terhadap sekolah: Zona Merah (< 3 km / Bahaya Kritis), Zona Oranye (3 - 5 km / Waspada Tinggi), dan Zona Kuning (5 - 10 km / Siaga).

## **2.4 Cara Kerja Pengambilan Data Menggunakan Direct Ingestion & Database Caching**

Pengambilan data pada platform **SiKarhutla buatan Jitara Mediatama** menggunakan metode *Direct Ingestion (Direct Data Fetching)* yang dikombinasikan dengan arsitektur simpanan *Database Caching* di mana server pengolah data secara mandiri dan terjadwal mengunduh rilis resmi NASA FIRMS API tanpa perantara pihak ketiga. Metode ini dipilih secara sengaja berdasarkan pertimbangan teknis dan strategis demi menjamin kualitas informasi publik yang tinggi.

### **2.4.1 Alasan Utama Penggunaan Metode Direct Ingestion Data**

Keputusan arsitektural oleh tim perekayasa Jitara Mediatama untuk mengimplementasikan metode *Direct Ingestion* dilandasi oleh 5 alasan krusial sebagai berikut:

**1. Kecepatan dan Aktualisasi Data Real-Time (Real-Time Data Freshness):** Dengan melakukan ingesti langsung dari server API lembaga penyedia data utama (seperti KLHK, BMKG, NASA, dan Copernicus), sistem menghapuskan tundaan waktu (latency) yang biasanya terjadi pada database perantara (middleman database). Informasi titik panas dan arah angin masuk ke layar pemantauan publik pada menit yang sama saat rilis satelit dikeluarkan.

**2. Keaslian dan Akuntabilitas Data Publik (Data Integrity & Authenticity):** Untuk kepentingan dokumen dan informasi publik, keaslian data harus dapat dipertanggungjawabkan secara objektif. Direct ingestion menjamin bahwa data yang ditampilkan bersumber langsung dari data mentah (raw feed) resmi lembaga otoritatif, tanpa ada pengubahan nilai (data tampering) atau ketergantungan pada database statis yang rentan usang.

**3. Kemandirian Sistem dan Efisiensi Anggaran (System Autonomy & Cost Efficiency):** Sebagai inovasi mandiri dari software house lokal Kalteng, Jitara Mediatama membangun sistem

yang tidak memerlukan biaya lisensi mahal kepada agregator data komersial pihak ketiga. Platform dapat memanfaatkan secara optimal layanan antarmuka publik open-access bereputasi dunia secara gratis dan legal, sehingga efisien dan berkelanjutan.

#### **4. Kendali Penuh Terhadap Manajemen Gangguan (Resilience & Failover Control):**

Melalui direct ingestion, pengembang memiliki kendali penuh untuk mengatur parameter permintaan HTTP (timeout, retry attempt, SSL verification), batas waktu penyimpanan memori temporer (caching TTL), serta mekanisme pengalihan otomatis (automatic failover) ketika salah satu server penyedia data sedang mengalami perawatan (maintenance).

**5. Efisiensi Bandwidth dan Komputasi Cloud (Cloud-Native Processing Efficiency):** Sistem tidak perlu mengunduh file citra satelit mentah berukuran giga-byte ke server lokal. Sebaliknya, direct ingestion mengirimkan perintah eksekusi algoritma langsung ke infrastruktur awan Copernicus (OGC WMS/WCS), sehingga hasil olahan yang dikembalikan berupa citra peta yang ringan dan cepat dimuat oleh masyarakat luas.

#### ***2.4.2 Mekanisme Database Caching & Background Console Synchronization***

Untuk mengoptimalkan beban komputasi server dan mempercepat pemuatan halaman peta publik, sistem dilengkapi dengan *Tabel Cache Database (hotspot\_caches)* serta penjadwalan latar belakang konsol ``php artisan karhutla:sync-hotspots``. Penjadwal konsol secara otomatis memanggil NASA FIRMS API setiap 10-15 menit sekali untuk memperbarui data titik panas dan menyimpannya di database lokal.

#### ***2.4.3 Protokol Otentikasi Token Terenkripsi OAuth2 CDSE***

Untuk mengunduh citra satelit Sentinel-2 dari *Copernicus Data Space Ecosystem (CDSE)*, sistem melakukan pertukaran kredensial terenkripsi *Client Credentials Grant OAuth2* secara otomatis. Token akses yang didapat disimpan secara temporer di memori server dan diperbarui otomatis sebelum masa kadaluarsa habis.

#### ***2.4.4 Pemrosesan Algoritma Spektral On-The-Fly di Cloud***

Sistem mengirimkan skrip pemrosesan piksel *Custom Evalscript V3* langsung ke server Copernicus. Server Copernicus mengeksekusi perhitungan NDVI, NDWI, dan NBR pada tingkatan piksel secara *cloud-native* lalu mengembalikan respon gambar ubin (tile image) yang sudah jadi kepada dashboard SiKarhutla hanya dalam waktu  $< 500$  ms.

#### ***2.4.5 Sistem Memori Simpan Temporer Multi-Layer (Multi-Layer Caching)***

Untuk mencegah beban pemanggilan API eksternal yang berlebihan (rate limiting) serta menjaga respon dashboard tetap instan, diterapkan sistem pembagian memori simpan temporer ***Multi-Layer Caching***:

**1. Layer 1 (Hotspot SiPongi / NASA FIRMS API Cache):** Time-To-Live (TTL) = 120 detik s.d 600 detik.

**2. Layer 2 (Open-Meteo & Wind Plume Cache):** Time-To-Live (TTL) = 900 detik (15 menit).

**3. Layer 3 (NASA EONET Wildfires Cache):** Time-To-Live (TTL) = 1800 detik (30 menit).

**4. Layer 4 (GeoJSON Sekolah & Batas Kalteng):** Persistent Cache (In-Memory Browser & Local File).

#### ***2.4.6 Lapisan Ketahanan Sistem (Fallback Resilience) & Geofencing Spasial***

Sistem dilengkapi lapisan ketahanan ***Fallback Resilience Layer***. Apabila pemanggilan endpoint berbasis MAP\_KEY mengalami kendala, sistem secara cerdas beralih (automatic failover) mengunduh Open Data CSV Feeds regional SouthEast Asia 24h/7d atau mengkalkulasi ulang menggunakan koordinat presisi Kalimantan Tengah (Bounding Box Lat: -3.320 s/d 0.780, Lng: 110.950 s/d 115.260).

### **2.5 Cara Kerja Masing-Masing Widget Publik pada Dashboard Web**

Dashboard SiKarhutla Jitara dirancang modular berbasis antarmuka publik interaktif. Berikut adalah penjelasan presisi mengenai 10 **Widget Publik** yang dapat diakses secara terbuka oleh seluruh masyarakat dan instansi pemerintah:

#### ***2.5.1 Widget Pemantauan Hotspot & Status SiPongi KLHK / NASA FIRMS***

Widget publik utama ini menampilkan akumulasi titik panas (hotspot) aktif multi-satelit terkini yang terverifikasi SiPongi KLHK & NASA FIRMS NRT di wilayah Kalimantan Tengah. Dilengkapi tombol penapis interaktif berdasarkan tingkat kepastian (High Confidence, Medium, Low), indikator suhu kecerahan (brightness temperature), serta visualisasi pengelompokan penanda spasial (MarkerCluster).

### ***2.5.2 Widget Prakiraan Cuaca & Vektor Angin (Open-Meteo Weather API)***

Widget meteorologi publik ini menampilkan kecepatan angin (km/jam), arah angin kardinal, suhu udara (2m), dan kelembaban nisbi. Widget ini merender animasi panah partikel angin bergerak (wind vector animation) untuk mensimulasikan proyeksi arah pergerakan sebaran asap kebakaran secara visual.

### ***2.5.3 Widget Analisis Kerentanan Sekolah (Data PENA Kalteng / 6.458+ Sekolah)***

Widget proteksi pendidikan publik yang secara spasial mengkalkulasi jarak presisi lingkaran besar *Haversine Distance* antara lokasi 6.458+ sekolah di Kalteng dengan titik panas kebakaran aktif. Widget ini mengelompokkan sekolah ke dalam zona bahaya (<3 km Merah, 3-5 km Oranye, 5-10 km Kuning) serta menyediakan fitur pencarian sekolah interaktif.

### ***2.5.4 Widget Proyeksi Dampak Populasi Kependudukan (BPS Kalteng)***

Widget analisis dampak demografi publik yang menyandingkan lokasi titik panas aktif dengan data populasi penduduk resmi BPS Prov. Kalteng per kabupaten/kota, guna mengestimasi jumlah populasi warga yang berpotensi terpapar asap kebakaran.

### ***2.5.5 Widget Analisis Hidrometeorologi Gambut (PeatFR Engine)***

Widget prediksi kondisi tanah gambut publik yang menyajikan variabel kedalaman muka air tanah (Water Table Depth - WTD), kelembaban tanah gambut, serta grafik proyeksi tren risiko kebakaran gambut (Fire Risk Prediction H+1 s/d H+14) berbasis model machine learning.

### ***2.5.6 Widget Indeks Bahaya Kebakaran FDRS (Spartan BMKG)***

Widget sistem peringatan bahaya kebakaran BMKG yang menampilkan rincian 6 indeks FDRS (FFMC, DMC, DC, ISI, BUI, FWI) beserta indikator kategori bahaya resmi (Aman/Hijau, Sedang/Biru, Tinggi/Kuning, Ekstrem/Merah).

### ***2.5.7 Widget Komparasi Multi-Sistem Pra-Bencana (Cross-Validation Matrix)***

Widget tabel komparasi publik yang menyandingkan secara cross-validation hasil deteksi dari 4 sumber data independen (Sentinel-2, Spartan BMKG, PeatFR, dan SiPongi/NASA FIRMS) untuk menjamin akurasi data presisi tinggi.

#### ***2.5.8 Widget Custom Evalscript Editor (Copernicus Browser / Sentinel Hub)***

Widget pengolah citra spektral publik yang memungkinkan pengakses untuk membuka antarmuka pemrosesan citra satelit Sentinel-2 secara on-the-fly menggunakan kode skrip spektral (NDVI, NDWI, NBR Burn Scar, dan False Color Infrared).

#### ***2.5.9 Widget Glosarium & Legenda Indeks Karhutla (Interactive Glossary)***

Widget modal interaktif publik yang menyediakan panduan lengkap glosarium istilah Karhutla, penjelasan formula fisika konversi suhu kecerahan, rentang nilai FDRS BMKG, skala ISPU, serta panduan warna penanda legenda peta.

#### ***2.5.10 Widget Statistik Pengunjung Publik (Visitor Analytics)***

Widget transparansi pengakses publik yang mencatat statistik total kunjungan harian, unique IP visitors, serta lokasi sistem pengakses untuk menjamin akuntabilitas trafik portal.

### **2.6 Penjelasan Lengkap Satelit Pengambil Data Hotspot & Spektral Publik**

Di dalam antarmuka publik dashboard SiKarhutla, data titik panas (hotspot) dan penginderaan jauh spektral yang ditampilkan bersumber secara langsung dari 3 konstelasi satelit observasi bumi utama:

#### ***2.6.1 Rangkaian Satelit NASA MODIS (Terra & Aqua)***

Satelit *Terra* (meluncur 1999) dan *Aqua* (meluncur 2002) membawa sensor **MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)**. Satelit ini beroperasi pada orbit sinkron-matahari (sun-synchronous orbit) pada ketinggian 705 km.

- **Peran Pengambil Data Hotspot:** MODIS mengandalkan Band 21/22 (gelombang mikro 3.9  $\mu\text{m}$ ) dan Band 31 (inframerah termal 11.0  $\mu\text{m}$ ). Sensor ini mengidentifikasi anomali suhu kecerahan permukaan (brightness temperature) dengan resolusi spasial 1 km per piksel. Data diunggah via rilis NASA FIRMS MODIS\_NRT untuk penandaan titik api aktif.

#### ***2.6.2 Rangkaian Satelit NASA/NOAA VIIRS (Suomi-NPP & NOAA-20)***

Satelit *Suomi-NPP* dan *NOAA-20 (JPSS-1)* membawa sensor generasi baru **VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite)**.

- **Peran Pengambil Data Hotspot Presisi 375m:** VIIRS memberikan peningkatan resolusi spasial presisi tinggi yaitu **375 meter per piksel** pada pita imager (I-Bands I4 dan I5). VIIRS

merupakan sensor utama pengambil data titik api kecil (small fires) dan kebakaran gambut awal. Diambil secara *near-real-time* via NASA FIRMS API (VIIRS\_SNPP\_NRT & VIIRS\_NOAA20\_NRT).

### ***2.6.3 Rangkaian Satelit Copernicus Sentinel-2 (Sentinel-2A & Sentinel-2B)***

Konstelasi dua satelit kembar milik Program Copernicus Badan Antariksa Eropa (ESA). Mengusung sensor multispektral ***MSI (MultiSpectral Instrument)***.

- **Peran Citra Spektral Resolusi Tinggi 10m:** Sentinel-2 memiliki 13 pita spektral dengan resolusi spasial 10 meter (pita visible NIR) dan 20 meter (pita Short-Wave Infrared / SWIR). Satelit ini digunakan pada dashboard publik untuk memetakan detail vegetasi (NDVI), defisit air gambut (NDWI), dan luas area bekas kebakaran (Burn Scar / NBR).

## BAB III: PENUTUP

### 3.1 Kesimpulan & Catatan Keterbukaan Pengembangan

Aplikasi Sistem Informasi Kebakaran Hutan dan Lahan Kalimantan Tengah (SiKarhutla) yang diprakarsai oleh Jitara Mediatama merupakan manifestasi inovasi teknologi geospasial mandiri yang berhasil menjawab tantangan pemantauan bencana Karhutla di wilayah ekosistem lahan gambut. Berdasarkan uraian teknis yang telah dipaparkan pada bab-bab sebelumnya, dapat ditarik beberapa poin kesimpulan utama:

**1. Integrasi Multidisiplin Data Mandiri:** SiKarhutla yang dibangun oleh Jitara Mediatama berhasil mengintegrasikan 9 sumber data independen bereputasi global dan nasional (SiPongi KLHK, NASA FIRMS API, Open-Meteo, Data PENA Kalteng, Copernicus Sentinel-2, NASA EONET, OSM/Esri, BPS Kalteng, Spartan BMKG, dan PeatFR Engine) ke dalam satu platform Web GIS yang responsif dan dapat diakses publik secara *real-time*.

**2. Arsitektur Ingesti & Caching yang Tangguh:** Melalui penerapan *Direct Ingestion* terintegrasi *NASA FIRMS MAP\_KEY*, *Database Caching Layer*, dan *Background Console Scheduler*, sistem mampu memproses algoritma spektral komposit (FVI, NBR, NDVI, NDWI) serta kalkulasi jarak *Haversine* secara cepat dengan waktu respon < 500 ms.

**3. Inovasi Proteksi Sektor Pendidikan Publik:** Fitur *Widget School Radius Buffer* memberikan kontribusi nyata dalam menghubungkan data titik panas kebakaran dengan 6.458+ lokasi sekolah (PENA Kalteng) secara otomatis, sehingga ancaman paparan asap terhadap anak-anak sekolah dapat dideteksi dan dimitigasi sedini mungkin.

Sebagai bentuk kerendahan hati dan komitmen keterbukaan pengembangan, **kami menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam pembuatan aplikasi ini. Kami juga menerima kritik, saran, dan kolaborasi dalam pengembangannya** dari berbagai pihak—baik Pemerintah Provinsi Kalimantan Tengah, BPBD, akademisi, peneliti geospasial, lembaga swadaya masyarakat, maupun masyarakat luas—guna terus menyempurnakan platform ini demi perlindungan lingkungan gambut dan keselamatan seluruh warga Kalimantan Tengah secara berkelanjutan.

## 3.2 Dampak & Manfaat Pemanfaatan Platform oleh Pemerintah

Kehadiran dan operasionalisasi berkelanjutan dari aplikasi SiKarhutla yang dikembangkan oleh Jitara Mediatama dapat dimanfaatkan secara penuh oleh Pemerintah Provinsi Kalimantan Tengah untuk memberikan dampak transformatif yang sangat luas di berbagai sektor kehidupan:

### 3.2.1 Dampak Penyelamatan Ekosistem Lahan Gambut

Dengan adanya deteksi dini titik panas yang dikombinasikan dengan pemodelan indeks kerentanan gambut **Fire Vulnerability Index (FVI)** dan prediksi kedalaman muka air tanah (WTD) dari PeatFR, tim Satgas Darat dan Manggala Agni dapat melakukan intervensi pembasahan gambut (peat rewetting) dan patroli pencegahan sebelum api membesar dan membakar lapisan gambut dalam. Hal ini secara langsung menyelamatkan keanekaragaman hayati gambut Kalteng serta mencegah pelepasan emisi karbon ke atmosfer.

### 3.2.2 Dampak Kesehatan Masyarakat & Penurunan Kasus ISPA

Melalui pemantauan *Widget Wind Plume Vector* dan grafik Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU/PM2.5) yang akurat, Dinas Kesehatan dan BPBD dapat memberikan peringatan dini (early health advisory) kepada warga untuk menggunakan masker standar atau membatasi aktivitas di luar ruangan. Langkah antisipatif ini diproyeksikan dapat menurunkan angka penderita Infeksi Saluran Pernapasan Akut (ISPA) secara signifikan di musim kemarau.

### 3.2.3 Dampak Perlindungan Sektor Pendidikan & Keselamatan Siswa

Informasi presisi mengenai sekolah mana saja yang masuk ke dalam **Zona Merah Radius Bahaya (< 3 km)** mempermudah Dinas Pendidikan Provinsi dan Kabupaten/Kota untuk mengambil keputusan yang cepat dan terukur—seperti mengalihkan proses belajar-mengajar menjadi pembelajaran jarak jauh (PJJ) atau menyesuaikan jam masuk sekolah. Kebijakan ini menjamin keselamatan fisik dan paru-paru generasi muda Kalteng tanpa mengorbankan kepastian hak pendidikan.

### 3.2.4 Dampak Efisiensi Kebijakan & Dukungan Sistem Pemprov Kalteng

Bagi Pemerintah Provinsi Kalimantan Tengah, SiKarhutla berfungsi sebagai **Evidence-Based Decision Support System (DSS)**. Gubernur dan jajaran Forkopimda Kalteng dapat menetapkan status siaga darurat, mengalokasikan anggaran Bantuan Tidak Terduga (BTT), serta

menempatkan personel penanggulangan secara tepat sasaran (*precision resource allocation*) berbasis data geospasial yang akuntabel, efisien, dan transparan.