

PENGEMBANGAN APLIKASI WEBGIS MENGGUNAKAN RSHINY UNTUK MEMONITOR POTENSI AREA RAWAN KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN DI KALIMANTAN BARAT

Muhamad Rafli Farhan, Erwin Hermawan, Sahid Agustian Hudjimartsu, Yusril Nurandi Rachim

Geospatial Information Technology, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor
Jl. Sholeh Iskandar, RT.01/RW.10, Kedungbadak, Kec, Tanah Sereal, Kota Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16162
mraflifarhan@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia, dengan kekayaan alamnya yang melimpah dan iklim tropisnya, sering menjadi pusat perhatian. Namun, dalam beberapa tahun terakhir, negara ini menghadapi tantangan serius dengan seringnya kebakaran hutan dan lahan, yang dipicu oleh berbagai faktor. Untuk mengatasi masalah ini, penelitian mendalam diperlukan untuk memberikan wawasan yang berguna bagi upaya pencegahan dan pengelolaannya. Salah satu pendekatan yang digunakan adalah metode penginderaan jauh dengan model *maximum entropy* (MaxEnt). Dengan model ini, peta distribusi wilayah rawan terhadap kebakaran dapat dibuat, serta faktor lingkungan yang paling berperan dapat diidentifikasi. Fokus penelitian ini adalah pengembangan aplikasi WebGIS menggunakan bahasa R dengan framework *RShiny* secara otomatis untuk memonitor potensi area rawan kebakaran hutan dan lahan secara efisien dan berkelanjutan. Hasil penelitian ini adalah aplikasi berbasis WebGIS yang dapat menjalankan model distribusi potensi area rawan kebakaran hutan dan lahan secara otomatis pada berbagai lokasi dengan menggunakan data kejadian berupa data titik munculnya *hotspot* dan data variabel lingkungan berupa *raster*. Aplikasi ini menghasilkan peta distribusi potensial area rawan kebakaran hutan, grafik, dan dokumen hasil proses pemodelan *Maxent* variabel lingkungan mana yang paling berpengaruh. Dengan demikian, platform ini memberikan alat yang kuat untuk mengelola, memonitor dan mencegah kebakaran hutan dan lahan di Indonesia.

Kata kunci : Kebakaran hutan dan lahan, MaxEnt, RShiny, RStudio, WebGIS

1. PENDAHULUAN

Indonesia dengan iklim tropisnya dan banyak pulau di sekitarnya, telah lama menjadi perhatian. Negara ini memiliki banyak hutan, mulai dari Sabang di Aceh hingga Merauke di Papua, meskipun luas daratannya tidak sebanding dengan lautan yang mengelilinginya[1]. Namun, Indonesia menghadapi masalah besar dalam beberapa tahun terakhir karena seringnya kebakaran hutan dan lahan yang dipicu oleh berbagai faktor, baik manusia maupun alam. Meskipun kebakaran hutan dan lahan sebagai akibat dari faktor alam tidak dapat dihindari dan tidak dapat ditanggung oleh siapa pun, tindakan manusia dalam menyebabkan kebakaran hutan menimbulkan keprihatinan besar. Banyak orang kehilangan kesadaran dan melakukan tindakan yang merugikan lingkungan hidup, yang sangat bergantung pada hutan[2].

Salah satu bencana alam yang paling sering terjadi di Pulau Kalimantan adalah kebakaran hutan dan lahan. Provinsi Kalimantan Barat adalah salah satu provinsi yang paling sering mengalami kebakaran hutan dan lahan. Berdasarkan data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), luas karhutla di Kalimantan Barat pada bulan Juli 2023 mencapai 6.681 ha, meningkat dari 1.000 ha pada bulan Juni. Ini termasuk 5.420 ha lahan mineral dan 1.261 ha lahan gambut[2].

Salah satu cara yang efektif untuk mendapatkan data tentang kebakaran hutan dan lahan adalah penginderaan jauh. Analisis titik panas dari data penginderaan jauh satelit adalah bagian dari proses ini.

Menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan nomor P.32/MenLHK/Setjen/Kum.1/3/2016, "titik panas" adalah piksel yang memiliki suhu dua kali lebih tinggi dari ambang batas tertentu, yang dinilai melalui interpretasi gambar satelit.[3]. Dalam konteks ini, penggunaan teknologi *Geographical Information System* (GIS) menjadi semakin penting dalam mengumpulkan, mengelola, dan menganalisis data geografis atau data spasial terkait kebakaran hutan dan lahan yang memanfaatkan teknologi pemrosesan citra dapat digunakan untuk mendeteksi titik api atau area yang berpotensi terbakar. Data geografis, atau data spasial, diberikan oleh sistem informasi geografis, yang dapat digunakan oleh masyarakat untuk mendapatkan informasi kewilayahan. Data sistem informasi geografis dapat diperoleh melalui teknologi internet.

WebGIS adalah istilah untuk SIG yang dibuat melalui media, berbasis internet, atau berbasis web. WebGIS digunakan karena dalam penyampaian dan tampilan sistem informasi geografis lebih informatif serta mempresentasikan kondisi lokasi[4]. Dengan adanya teknologi ini, proses identifikasi dapat lebih cepat, dan memungkinkan respons cepat untuk mengatasi ancaman kebakaran hutan.

Penelitian sebelumnya menggunakan penginderaan jauh untuk memantau dampak kebakaran hutan di PT Jambi Batanghari Plantation, analisis potensi habitat anoa pada gunung dan daratan rendah menggunakan *maximum entropy*. Proses ini

melibatkan aplikasi MaxEnt v3.3.4 – v3.4.1 untuk mendukung analisis[5][6][7]. Penelitian ini, berupaya mengembangkan sebuah sistem aplikasi berbasis WebGIS yang dirancang untuk mempermudah dan mengotomatisasi proses pemodelan distribusi potensi area rawan kebakaran hutan.

R Shiny merupakan platform web yang dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman R dengan kelebihan berbagai macam *package* untuk visualisasi data hasil[8] dan data raster yang dapat ditampilkan dengan hasil pemodelan menggunakan *package leaflet*. Bahasa pemrograman ini dipilih karena kesesuaiannya dalam memproses dataset dan melakukan visualisasi hasil permodelan distribusi spasial yang akan menjadi fokus dalam penelitian ini (Rosidi, 2019). *R Shiny* akan digunakan sebagai alat untuk mengintegrasikan hasil pemodelan ke dalam antarmuka pengguna berbasis WebGIS [10].

Hasil pengembangan sistem dapat memvisualisasikan dan memodelkan distribusi spasial potensi kebakaran hutan dan lahan menggunakan *package maximum entropy* (MaxEnt) secara otomatis dari dataset yang diunggah oleh pengguna aplikasi pada wilayah yang memiliki karakteristik yang sama. Alasan penggunaan *R Shiny* sebagai subjek dari pengembangan aplikasi yang dibuat karena *R Shiny* merupakan sebuah library yang disediakan oleh R Studio dimana teknologi ini sangat interaktif terhadap pengembangan web yang akan mengimplementasikan permodelan distribusi spasial didalamnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bagian kajian teori, dibahas teori-teori yang mendukung tema penelitian. Berikut adalah penjelasan mengenai teori-teori yang mendukung penelitian ini.

2.1. Kebakaran Hutan dan Lahan

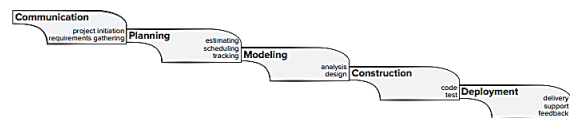
Kebakaran hutan dan lahan terjadi saat api merusak sebagian atau seluruh area hutan dan lahan, menyebabkan kerusakan dan dampak negatif pada kondisi lingkungan. Ini juga berdampak pada kerusakan ekologis, kesehatan manusia, aspek sosial-ekonomi masyarakat, perubahan iklim, dan pencemaran udara akibat asap yang menyebar ke wilayah lain. Penyebab kebakaran dapat berasal dari reaksi cepat antara oksigen dan bahan mudah terbakar di hutan dan lahan, seperti serasah, pepohonan, semak, perkebunan. Yang ditandai oleh peningkatan suhu dan munculnya api[11].

2.2. Titik Panas (Hotspot)

Titik Panas atau *Hotspot* merujuk pada suatu piksel yang memiliki nilai temperatur di atas batas tertentu setelah citra satelit diinterpretasi. Hal ini dapat berfungsi sebagai petunjuk adanya kebakaran hutan dan lahan, dilihat dari hasil analisis suhu yang melebihi ambang batas pada citra satelit[3].

2.3. Waterfall Pressman

Model *waterfall* pressman 2020, yang terkadang disebut sebagai model sekuensial linear, mengusulkan pendekatan sistematis dan berurutan dalam pengembangan perangkat lunak. Pendekatan ini dimulai dari spesifikasi kebutuhan pelanggan dan berlanjut melalui komunikasi, perencanaan, permodelan, konstruksi, hingga penyebaran, dengan dukungan berkelanjutan terhadap perangkat lunak yang selesai[12]. Model *waterfall* pressman 2020 disajikan pada Gambar 1.



Sumber : Pressman (2020)
Gambar 1. *Waterfall* pressman

2.4. Google Earth Engine(GEE)

Platform cloud computing yang menyediakan akses ke data spasial dari citra satelit, memfasilitasi pengguna dalam mengakses dan mengolah data tanpa perlu mengunduh file besar atau menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak khusus. GEE menawarkan berbagai jenis data citra satelit, seperti Landsat, Sentinel-1, Sentinel-2, Modis, dan VIIRS, serta data olahan lainnya. Platform ini juga memungkinkan pengguna untuk mengunggah dan memproses data raster dan vektor, serta menyediakan informasi metadata dan contoh API untuk modifikasi data menggunakan bahasa pemrograman JavaScript[13].

2.5. R Studio

Aplikasi R pada dasarnya menggunakan teks atau baris perintah, yang berarti pengguna harus mengetikkan perintah-perintah khusus dan menghafalnya ketika melakukan analisis data dengan R. Untuk mengatasi hal ini, pengembang R menciptakan berbagai antarmuka pengguna atau *frontend* untuk R, yang bertujuan untuk mempermudah penggunaan R. Salah satu *frontend* yang populer dan nyaman adalah *RStudio*. Selain kenyamanan penggunaan, mengelola proyek seperti *R Shiny*. *RStudio* juga memudahkan pengaturan direktori kerja tanpa perlu mengetikkan perintah, cukup pilih dari menu *RStudio*. *Import* data juga lebih mudah, karena dapat dilakukan melalui menu *Environment* tanpa perlu mengetikkan perintah pada *Commander*[9].

2.6. R Shiny

Paket *library* dalam bahasa pemrograman R yang memungkinkan pembuatan aplikasi web interaktif dengan menjalankan kode R dilatar belakang. Prinsip dasarnya meliputi pengumpulan nilai input dari halaman web, memudahkan akses input tersebut oleh aplikasi di R, dan menampilkan hasil kode R sebagai output ke halaman web. Aplikasi *R Shiny* yang paling

sederhana membutuhkan fungsi server untuk pemodelan dan ui untuk antarmuka pengguna[9].

2.7. Maximum Entropy (MaxEnt)

Maximum Entropy (MaxEnt) merupakan teknik pembelajaran mesin yang menggunakan prinsip entropi maksimum untuk memperkirakan fungsi yang

menghubungkan variabel lingkungan dan kesesuaian habitat. Dengan demikian, metode ini mendekati karakteristik spesies dan potensi distribusi geografis[14].

Tabel 1. Bahan Penelitian

No	Data	Resolusi Spasial	Kegunaan	Sumber	Tahun
1.	NOAA VNP14	1 km	Informasi Titik Api (<i>Hotspot</i>)	Google Earth Engine	2022-2023
2.	MODIS Burned Area	0,5 Km	Informasi Area Terbakar (<i>Burned Area</i>)	Google Earth Engine	2022-2023
3.	MOD11A1 (LST)	1 km	Memetakan suhu permukaan tanah.	Google Earth Engine	2022-2023
4.	KDBI (<i>Keetch-Byram Drought Indeks</i>)	4 km	Memetakan indeks kekeringan	Google Earth Engine	2022-2023
5.	ERA5 Land Daily Aggregated	11,132 km	Memetakan arah dan kecepatan angin	Google Earth Engine	2022-2023
6.	CHIRPS Daily (<i>Version 2.0 Final</i>)	5,566 km	Memetakan curah hujan	Google Earth Engine	2022-2023
7.	Citra udara Harmonized Sentinel-2 Level-2A	10 meters	Menganalisis indeks kebakaran hutan (NBR).	Google Earth Engine	2022-2023

3. METODE PENELITIAN

Pada bagian ini memuat metode yang digunakan pada penelitian.

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan septemeber 2023 sampai dengan bulan juni 2024. Lokasi penelitian dilakukan di Labolatorium GIT Fakultas Teknik dan Sains Universitas Ibn Khaldun Bogor.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini berupa perangkat lunak (*software*) dan perangkat keras (*hardware*). Peralatan untuk menunjang penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 2. Alat

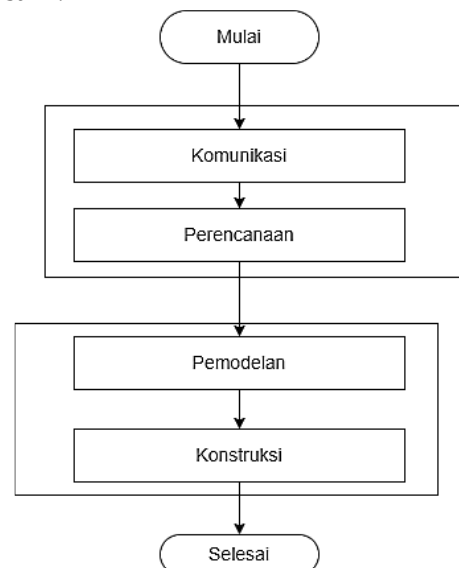
No.	Perangkat Keras	Kegunaan
1.	Laptop/Dekstop PC	Penulisan laporan dan pengolahan data <i>website</i>
2.	QGIS Dekstop	Mengolah data spasial
3.	RStudio	Mengolah model dan <i>website</i>
4.	Microsoft Office	Menulis laporan
5.	Google Chrome	Mengakses <i>website</i> Google Earth Engine

Sumber: Hasil Penelitian (2024)

Jenis data yang digunakan untuk data kejadian merupakan data sekunder, dan data variable lingkungan yang digunakan merupakan data pihak ketiga yang sudah melalui pengolahan awal. Data variabel lingkungan yang digunakan yaitu suhu permukaan bumi, indeks kekeringan, arah angin, kecepatan angin, curah hujan dan indeks kebakaran.

Bahan untuk menunjang penelitian disajikan pada Tabel 2.

Tahapan penelitian ini menggunakan metode *Waterfall Pressman 2020*. Meliputi komunikasi, perencanaan, pemodelan, konstruksi yang tersaji pada Gambar 2.



Sumber: Hasil Penelitian (2024)

Gambar 2. Metode Penelitian

a. Komunikasi (Inisialisasi Proyek & Pengumpulan Kebutuhan)

Sebelum memulai pekerjaan teknis, komunikasi sangat penting untuk memahami dan mencapai tujuan yang ingin dicapai. Tahap ini melibatkan analisis masalah, pengumpulan data yang diperlukan, serta mendefinisikan fitur dan fungsi perangkat lunak[15].

b. Perencanaan (Estimasi, Penjadwalan, Pemantauan)

Tahap perencanaan menjelaskan estimasi tugas teknis, risiko yang mungkin terjadi, sumber daya yang dibutuhkan, produk penelitian yang ingin dihasilkan, penjadwalan penelitian, dan pemantauan proses pengerjaan sistem[16].

c. Pemodelan (Analisis & Desain)

Tahap ini berfokus pada perancangan arsitektur sistem, termasuk struktur data, arsitektur perangkat lunak, tampilan antarmuka, dan algoritma program. Tujuannya adalah memahami gambaran besar dari apa yang akan dikerjakan. Pemodelan sistem menggunakan diagram *use case* dan diagram *activity* pada penelitian ini[17].

d. Konstruksi (Kode & Pengujian)

Tahap konstruksi melibatkan penerjemahan desain pemodelan menjadi kode yang dapat dibaca oleh mesin. Setelah pengkodean selesai, dilakukan pengujian terhadap sistem dan kode yang telah dibuat untuk menemukan kesalahan yang mungkin terjadi. Pengujian aplikasi ini dilaksanakan dengan metode *blackbox* dan *whitebox* secara manual dan otomatis[18].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Komunikasi (Inisialisasi Proyek & Pengumpulan Kebutuhan)

Indonesia dikenal dengan iklim tropis dan kekayaan hutan yang melimpah, menghadapi permasalahan serius akibat seringnya kebakaran hutan dan lahan. Hampir setiap tahun, di Pulau Kalimantan terjadi kebakaran hutan dan lahan. Ini disebabkan oleh titik panas yang tersebar di seluruh wilayah, yang dapat menyebabkan kebakaran hutan dan lahan. Proyek inisiasi ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah aplikasi berbasis *WebGIS* yang mengintegrasikan teknologi *R Shiny* dengan pemodelan *MaxEnt* untuk menganalisis dan memodelkan distribusi spasial area rawan potensi kebakaran hutan dan lahan di Pulau Kalimantan.

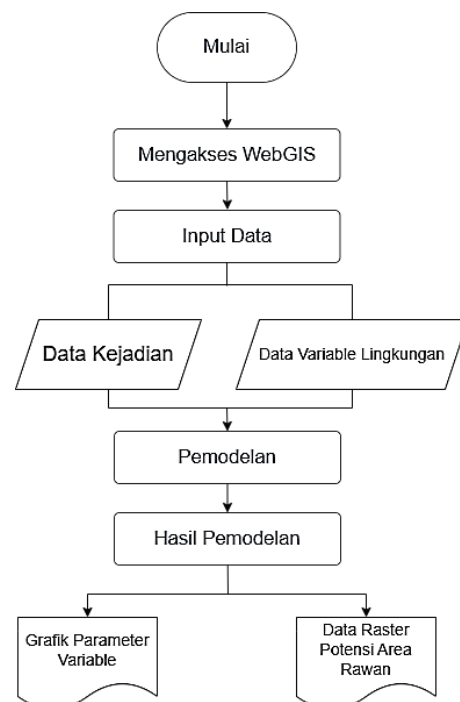
a. Tahap Persiapan Data

Tahap persiapan data untuk analisis pembentukan peta kerawanan kebakaran hutan dan lahan dimulai dengan penentuan Wilayah Kajian (ROI) berdasarkan data administrasi wilayah Provinsi dari <https://tanahair.indonesia.go.id/>. Selanjutnya, data kejadian berupa hotspot diunduh dari *NOAA VNP14* melalui *Google Earth Engine* dan dioverlay dengan data *MODIS Burned Area* untuk menghasilkan titik hotspot. Data lingkungan seperti kecepatan dan arah angin dari *ERA5-Land Daily Aggregated*, suhu permukaan dari *MOD11A1*, curah hujan dari *CHIRPS Daily*, *Normalized Burn Ratio (NBR)* dari Sentinel-2A, dan *Keetch-Byram Drought Index (KBDI)* disesuaikan dengan prosedur pengolahan dan analisis

menggunakan *Google Earth Engine* dengan resolusi 1.000 m/px. Langkah-langkah ini mendukung proses pemodelan potensi area rawan kebakaran hutan dengan memanfaatkan nilai-nilai lingkungan yang relevan.

b. Analisis Sistem

Analisis sistem yang diusulkan merupakan gambaran sistem baru yang akan dibuat. Sistem yang digunakan pada penelitian ini mempersingkat waktu pada saat melakukan pemodelan potensi area rawan kebakaran. Aplikasi ini menampilkan informasi penting seperti peta area yang berpotensi rawan kebakaran, dan nilai hasil pemodelan. Analisis sistem yang diusulkan dapat dilihat pada workflow diagram Gambar 3.



Sumber: Hasil Penelitian (2024)

Gambar3. Diagram Workflow

4.2. Perencanaan (Estimasi, Penjadwalan, Pemantauan)

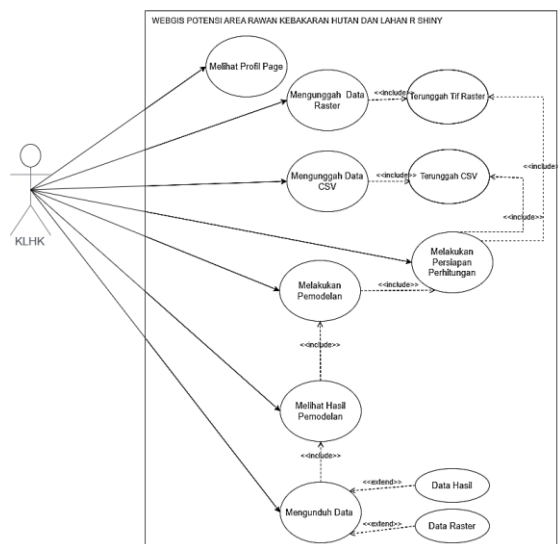
Tahap perencanaan dilakukan untuk mengestimasi penggunaan waktu yang dibutuhkan untuk membangun sistem informasi monitoring proses bimbingan skripsi di Jurusan Teknik Informatika Universitas IBN Khaldun, Setelah mengetahui sistem seperti apa yang akan dibuat tahapan perencanaan juga dilakukan untuk merangkum kebutuhan pengguna, merinci tahapan penelitian dan melakukan estimasi waktu yang digunakan dalam mengerjakan penelitian. Tabel Perencanaan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perencanaan

No	Nama	Oktober				November				Desember				Januari				Februari				Maret				April			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Pendalaman Materi																												
2	Pengumpulan Data																												
3	Analisis dan Desain Sistem																												
4	Pengkodean Sistem																												
5	Pengujian Sistem																												
6	Seminar Proposal																												

4.3. Pemodelan (Analisis & Desain)

Pemodelan sistem menggunakan diagram *use case* dan diagram *activity* pada penelitian. Pertama yaitu *use case* diagram yang menggambarkan interaksi antara aktor dengan sistem yang akan dibuat. Kedua yaitu *activity* diagram yang menggambarkan alur aktivitas dari suatu kegiatan sistem. Diagram *use case* dapat dilihat pada Gambar 4.



Sumber: Hasil Penelitian (2024)

Gambar 4. Use Case Diagram

4.4. Konstruksi(Kode & Pengujian)

Konstruksi melibatkan implementasi metode pemodelan distribusi *Maximum Entropy (MaxEnt)* ke dalam bahasa pemrograman R menggunakan paket-paket yang digunakan pada pembuatan aplikasi R Shiny. R Shiny adalah sebuah library dari RStudio yang digunakan untuk membangun aplikasi web interaktif secara gratis. Aplikasi ini dapat diakses melalui web browser seperti Google Chrome, Mozilla Firefox, Opera, dan lainnya dengan menggunakan file ui dan server.

Paket *shiny* digunakan untuk membuat aplikasi web interaktif, sementara *leaflet* digunakan untuk pembuatan peta interaktif. Raster berperan dalam manipulasi data raster seperti citra satelit, sementara *shinyjs* menambahkan fungsi tambahan dengan JavaScript. *Zip* memungkinkan kompresi dan ekstraksi file zip, dan *DT* memungkinkan pembuatan tabel interaktif. *Dismo* digunakan untuk pemodelan ekologi dan distribusi spesies, sementara *readr*

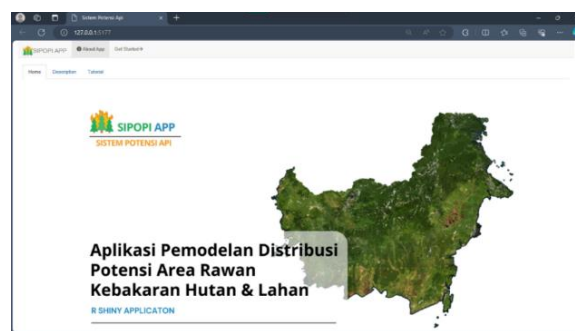
memfasilitasi pembacaan data dari berbagai format. *rJava* menghubungkan R dengan *Java*, dan *devtools* membantu dalam pengembangan paket R. *Base64enc* digunakan untuk encode dan decode data dalam format *base64*, dan *RColorBrewer* membantu dalam pembuatan palet warna. Terakhir, *shinycssloaders* menambahkan animasi loading ke aplikasi Shiny. Kombinasi pustaka ini memungkinkan pengguna untuk membuat aplikasi web interaktif yang komprehensif untuk analisis data dan visualisasi. Metode pengujian yang diterapkan mencakup *WhiteBox Testing* dan *BlackBox Testing*.

Aplikasi SIPOPI(Sistem Potensi Api) terdiri dari 2 bagian utama:

a. Tab Panel "About App"

Tab panel ini merupakan halaman pengenalan aplikasi dengan 3 sub tab panel didalamnya :

- 1) Sub tab panel "Home", halaman ini merupakan tampilan awal yang berisikan pengenalan aplikasi, logo dan nama aplikasi.
- 2) Sub tab panel "Description", halaman ini menampilkan deskripsi aplikasi.
- 3) Sub tab panel "Tutorial", halaman ini menampilkan cara penggunaan data yang akan dipakai pada aplikasi. Dapat dilihat pada Gambar 5



Sumber: Hasil Penelitian (2024)

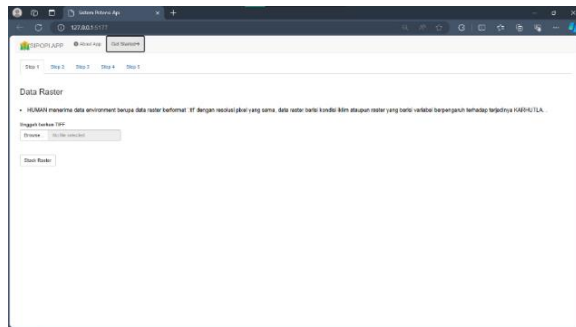
Gambar 5. Tampilan Halaman Aplikasi "SIPOPI"

b. Tab Panel "Get Started"

Tab ini merupakan salah satu fitur utama dalam aplikasi ini, dimana terdapat pemodelan distribusi spasial potensi area rawan kebakaran hutan dan lahan, dengan mengunggah data kejadian dan data variabel lingkungan yang melalui 5 tahap .

1) Sub tab panel “Step 1”

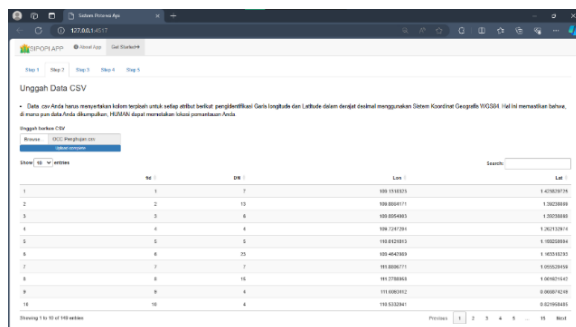
Halaman *Step 1* untuk melakukan pemodelan *maxent*, pada step 1 ini pengguna mengunggah file raster berformat .tiff dengan menekan tombol browse pada halaman. Setelah mengunggah file telah selesai, lalu klik tombol “Stack Raster” untuk mengurutkan data raster, dan akan menampilkan seperti pada Gambar 6..



Sumber: Hasil Penelitian (2024)
Gambar 6. Tampilan Halaman “Step 1”

2) Sub tab panel “Step 2”

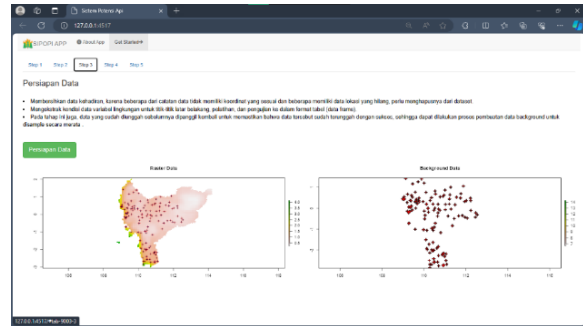
Pada halaman *step 2* ini pengguna meunggah data kejadian yang berformat .csv, data yang akan digunakan ialah data *longitude* dan *latitudenya*. Data .csv longitude dan latitude di labeli Lon untuk *Longitude* dan Lat untuk *Latitude*. Tahapnya masih sama dengan step 1 dengan menekan tombol browse pada halaman ini dan cari file data kejadian yang akan digunakan. Halaman step 2 dapat dilihat pada Gambar 7.



Sumber: Hasil Penelitian (2024)
Gambar 7. Tampilan Halaman “Step 2”

3) Sub tab panel “Step 3”

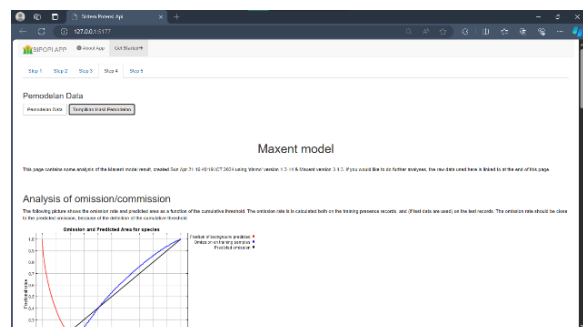
pada sub tab panel *Step 3* proses pada halaman ini ialah melakukan persiapan data untuk mempersiapkan pada proses pemodelan pada *Step 4*. Tahapan pada *step 3* ini dengan menekan tombol persiapan data yang berada pada halaman. Proses telah selesai jika halaman tersebut telah menampilkan data raster dan titik *background* seperti Gambar 8.



Sumber: Hasil Penelitian (2024)
Gambar 8. Tampilan Halaman “Step 3”

4) Sub tab panel “Step 4”

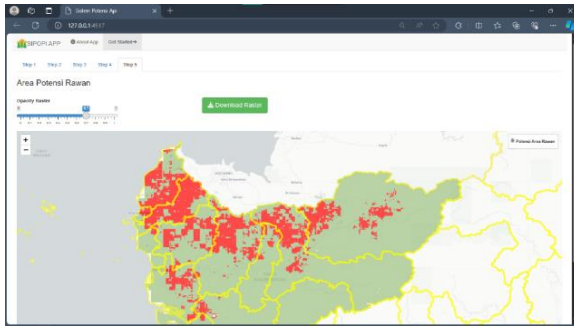
Pada halaman “*Step 4*” . Pada halaman ini proses pemodelan dilakukan dengan tahapan awal menekan tombol Pemodelan Data pada halaman tersebut , proses pemodelan telah selesai ditandai dengan notifikasi proses telah berhasil. Setelah muncul notifikasi telah berhasil , melanjutkan tahapan pada proses ini dengan menampilkan hasil pemodelan data dengan menekan tombol “Tampilkan Hasil Pemodelan” . Hasil pemodelan ini dapat diunduh dengan menekan tombol “Download ROC” akan terunduh grafik ROCnya dan menekan tombol “Download Data Hasil” akan terunduh semua data yang berada pada halaman. Halaman step 4 dapat dilihat pada Gambar 9.



Sumber: Hasil Penelitian (2024)
Gambar 9. Tampilan Halaman “Step 4”

5) Sub tab panel “Step 5”

Pada halaman “*Step 5*” , halaman tersebut menampilkan visualisasi data hasil pemodelan dalam bentuk raster yang ditampilkan dengan *leaflet* peta . Data *raster* tersebut dapat diunduh dengan menekan “*Download Raster*”. Halaman step 5 dapat dilihat pada Gambar 10.



Sumber: Hasil Penelitian (2024)
Gambar 10. Tampilan Halaman “Step 5”

Pengujian aplikasi ini menggunakan 2 metode, *whitebox testing* dan *blackbox testing*.

4.5. Whitebox Testing

Whitebox testing adalah jenis pengujian yang melibatkan pemeriksaan dan analisis langsung terhadap kode program. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengidentifikasi kesalahan atau bug yang mungkin terjadi dalam penulisan kode. Salah satu metode yang umum digunakan dalam white box testing adalah debugging. Pada proses MaxEnt, debugging merupakan cara yang efektif untuk melacak eksekusi program dan menemukan serta memperbaiki kesalahan dalam skrip kode. Dalam konteks R, terdapat beberapa teknik debugging yang bisa digunakan, antara lain menggunakan perintah "run" atau memanfaatkan fitur debug yang tersedia dalam RStudio. Pengujian *whitebox testing* pada aplikasi ini menggunakan debugging otomatis pada *R Studio* dan pengujian yang dihasilkan tidak ada kesalahan pada penulisan kode didalam aplikasi sehingga aplikasi dapat bekerja sesuai apa yang diharapkan.

4.6. Blackbox Testing

Pengujian sistem dimaksudkan untuk menguji setiap tahapan pada sistem yang telah dibangun. Pengujian sistem pada penelitian ini menggunakan metode black box testing. Metode *blackbox testing* melakukan pengujian validasi hasil yang dikeluarkan sistem pada saat sistem diberikan suatu perintah. Pengujian *blackbox testing* pada aplikasi ini menggunakan 17 *test case*, dan hasil dari 17 *test case* tersebut menghasilkan output yang sesuai. Dapat disimpulkan bahwa pengujian black box testing pada aplikasi ini sesuai dengan yang diharapkan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini, telah berhasil mengembangkan aplikasi berbasis *WebGIS* sebagai alat pemodelan distribusi potensi area rawan kebakaran hutan dan lahan. Aplikasi ini dapat menjalankan model distribusi untuk menganalisis potensi area rawan kebakaran hutan dan lahan secara otomatis pada lokasi yang memiliki karakteristik yang sama. Pengujian *blackbox testing* pada aplikasi ini menggunakan 17 *test case*, dan hasil dari 17 *test case* tersebut menghasilkan output yang sesuai. Dapat disimpulkan bahwa

pengujian black box testing pada aplikasi ini sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian *whitebox testing* pada aplikasi ini menggunakan debugging otomatis pada R Studio dan hasil pengujian menunjukkan tidak ada kesalahan pada penulisan kode di dalam aplikasi, sehingga aplikasi dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan.. Hal ini berasal dari metode pengujian tersebut menyatakan bahwa sistem ini sudah berjalan sesuai dengan apa yang diharapkan. Dalam mengembangkan aplikasi potensi kebakaran ini, beberapa saran peningkatan dapat dilakukan. Pertama, disarankan untuk menambahkan fitur validasi yang mampu memonitor dan mengonfirmasi keberadaan kebakaran dengan lebih akurat. Selanjutnya, untuk meningkatkan respons real-time, penting untuk mempertimbangkan penambahan fitur API yang memungkinkan akses langsung ke dataset terkini, memastikan informasi yang disajikan selalu terbaru. Oleh karena itu, hasil penelitian ini seharusnya menjadi landasan untuk pengembangan lebih lanjut, dengan fokus meningkatkan akurasi dan kemampuan adaptasi platform web ini terhadap berbagai situasi yang mungkin terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pemerintah Bagian Umum Kab.Buleleng, "Kebakaran Hutan yang Terjadi di Indonesia,,"[Online].Tersedia:<https://umumsetd.a.bulelengkab.go.id/informasi/detail/artikel/kebakaran-hutan-yang-terjadi-di-indonesia-86> [Diakses: 28 Desember 2023].
- [2] Kepala Biro Hubungan Masyarakat, "KLHK Tingkatkan Upaya Pengendalian Karhutla Kalimantan Barat", [Online]. Nomor:SP.273/HUMAS/PPIP/HMS.3/08/2023. Tersedia:<https://ppid.menlhk.go.id/berita/infografis/7331/klhk-tingkatkan-upaya-pengendalian-karhutla-kalimantan-barat> [Diakses: 20 Januari 2024].
- [3] B. H. Saharjo, "Pola Sebaran Titik Panas (Hotspot) Sebagai Indikator Terjadinya Kebakaran Hutan DAN Lahan Di Kabupaten Aceh Barat," *J. Silviculture Trop.*, vol. 12 No.2, pp. 60–66, 2021.
- [4] S. Puspitasari, M. Awaluddin, and H. Firdaus, "Pembuatan Aplikasi WebGIS Untuk Informasi Persebaran Sarana Dan Fasilitas Kesehatan Di Kabupaten Kudus," *J. Geod. Undip J. Geod. Undip*, vol. 7, no. April, p. 3, 2018.
- [5] D. Ardiani, L. M. Jaelani, S. Aldiansyah, M. P. Tambunan, M. Indrawan, and A. A. Wibowo, "Spatial Analysis of Mountain and Lowland Anoa Habitat Potential Using the Maximum Entropy and Random Forest Algorithm," *World*, vol. 4, no. 4, pp. 653–669, 2023, doi: 10.3390/world4040041.
- [6] E. Niche dan M. Exercise, "Environmental Niche Modeling Exercise," pp. 1–12, 2015.
- [7] R. Ayuba, "Pemodelan Distribusi Wilayah Rawan Kebakaran Menggunakan Model

- Maximum Entrophy (Studi Kasus PT Jambi Batanghari Plantation),” IPB University, 2021.
- [8] A. Gray, “CWDAT—An Open-Source Tool for the Visualization and Analysis of Community-Generated Water Quality Data,” *MDPI*, vol. 10, p. 207, 2021, doi: doi.org/10.3390/ijgi10040207.
- [9] M. Rosidi, “Metode Numerik Menggunakan R Untuk Teknik Lingkungan,” *bookdown.org*, 2019, [Online]. Tersedia: https://bookdown.org/moh_rosidi2610/Metode_Numerik/intro.html [Diakses: 28 Desember 2023].
- [10] R. D. Bakti, “Spatial Area Modelling For Covid-19 in Java Based on R-Shiny Web Framework,” *Jurna; Mat. Stat. komputasikomputasi*, vol. 17, pp. 381–393, 2021, doi: 10.20956/j.v17i3.11743.
- [11] N. M. Arifa, “Kebakaran Hutan Kalimantan Barat Yang Mengakibatkan Terjadinya Kabut Asap Ekstrem Di Daerah Pontianak,” *Univ. Lambung Mangkurat Banjarmasin*, 2022.
- [12] R. S. Pressman and B. R. Maxim, *Software Engineering: A Practioner’s Approach*, 2020th ed. McGraw-Hill Education, 2020.
- [13] G. Nugroho, A. Rarasat, and D. Kushardono, “Penyediaan Informasi Geospasial Berbasis Cloud Computing Data Penginderaan Jauh,” *Pus. Pemanfaat. Penginderaan Jauh - LAPAN*, vol. X, no. November, pp. 31–40, 2019.
- [14] S. P. A. S. B. Phillips, V. P. Aneja, D. Kang, “Maximum entropy modeling of species geographic distributions,” *Int. J. Glob. Environ. Issues*, 2006, doi: 10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026.
- [15] E. Prasetyo and A. Putra, “Implementasi Waterfall Model Dalam Pengembangan Sistem Informasi Eksekutif Penduduk,” *J. Inf. Syst. Informatics*, vol. 3, no. 1, pp. 213–224, 2021, doi: 10.33557/journalisi.v3i1.121.
- [16] E. Septiawan, D. Sakethi, and R. Andrian, “Penerapan Metode Waterfall Pada Pengembangan Sistem Informasi Monitoring Proses Bimbingan Skripsi Di Jurusan Ilmu Komputer Universitas Lampung,” *J. Pepadun*, vol. 3, no. 1, pp. 74–87, 2022, doi: 10.23960/pepadun.v3i1.102.
- [17] M. P. Fitria Nur Hasanah, M.Pd , Rahmania Sri Untari, *Rekayasa Perangkat Lunak*. UMSIDA Press, 2020.
- [18] M. I. Arief and R. Kurniawan, “Pengembangan Sistem Aplikasi Web Scraper Harga Komoditas Menggunakan Metode Design Oriented Research,” *Jambura J. Informatics*, vol. 2, no. 1, 2020, doi: 10.37905/jji.v2i1.4474.