

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam beberapa tahun terakhir, frekuensi dan intensitas kebakaran hutan meningkat secara signifikan, dipicu oleh perubahan iklim dan aktivitas manusia. Peningkatan suhu global menyebabkan penguapan yang lebih tinggi, mengeringkan hutan dan membuatnya lebih rentan terhadap kebakaran. Selain itu, perubahan pola curah hujan memperpanjang dan memperkuat musim kemarau, meningkatkan potensi kebakaran hutan. Aktivitas manusia, seperti pembukaan lahan dengan cara membakar, juga berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kejadian kebakaran hutan [7].

Teori Forest Transition menjelaskan perubahan tutupan hutan dari penyusutan menjadi perluasan [14]. Deforestasi menyebabkan penurunan luas hutan, sedangkan aforestasi dan reforestasi berperan dalam perluasan hutan dan restorasi ekosistem. Restorasi hutan bertujuan untuk memulihkan keanekaragaman hayati dan layanan ekosistem di wilayah yang telah terdegradasi. Proses ini bergantung pada tingkat modifikasi ekosistem, kemampuan ekosistem untuk pulih (resiliensi), dan tujuan manajemen yang diinginkan [3]. Untuk ekosistem yang sangat terdegradasi, tindakan rehabilitasi yang lebih spesifik seperti pemulihan kesuburan tanah dapat lebih efektif, sementara untuk ekosistem yang lebih resilien, regenerasi alami menjadi pilihan terbaik [9],[21].

Pemantauan dan penanganan kebakaran hutan menjadi tantangan besar, terutama di wilayah dengan cakupan hutan yang luas dan aksesibilitas terbatas. Dalam konteks ini, pemanfaatan teknologi berbasis data spasial dan temporal menjadi solusi yang menjanjikan untuk memantau, menganalisis, dan mengambil langkah preventif terhadap kebakaran hutan.

Uni Eropa, melalui program SILVANUS, mengambil inisiatif untuk mengatasi permasalahan ini dengan melibatkan berbagai mitra dari negara-negara

di dunia, termasuk Universitas Amikom Yogyakarta. Program SILVANUS memiliki tiga kategori penyelesaian masalah hutan: pencegahan (*prevention*), penanggulangan kebakaran (*fire suppression*), dan pemulihan pasca kebakaran (*post-recovery*). Salah satu produk yang dikembangkan dalam proyek ini adalah Open Forest Map, sebuah platform berbasis web yang dirancang untuk memantau kondisi hutan, menganalisis faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kebakaran, serta memberikan informasi tentang biodiversitas dan ketahanan ekologi. Open Forest Map fokus pada tahap ketiga (*post-recovery*), dengan tujuan memberikan manfaat tidak hanya bagi para peneliti, tetapi juga bagi pengambil kebijakan yang membutuhkan data dan analisis untuk pengelolaan wilayah hutan mereka.

Sebagai bagian dari tim Universitas Amikom Yogyakarta dalam proyek SILVANUS, saya berkontribusi dalam pengembangan *backend* dari Open Forest Map. Tugas saya mencakup pengumpulan data, pemrosesan data, penyimpanan data, transformasi data, hingga penyajian data kepada *frontend* dari Open Forest Map. Pengembangan ini membutuhkan pendekatan teknis dan kolaboratif untuk memastikan setiap fitur dapat berjalan sesuai kebutuhan pengguna, baik itu ahli ekologi, regulator, maupun administrator wilayah hutan.

Open Forest Map menggunakan data yang terbagi dalam beberapa kategori utama untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai kondisi hutan dan faktor-faktor yang mempengaruhi risiko kebakaran hutan. Kategori pertama adalah Forest Quality, yang merupakan alat penting dalam perencanaan dan pengelolaan hutan regional [22]. Selain diperlukan untuk pengelolaan hutan yang efektif, kualitas hutan juga digunakan untuk menilai fungsi ekosistem hutan [25]. Konsep kualitas hutan ini, yang pertama kali dikembangkan oleh WWF International dan IUCN, menekankan bagaimana hutan dapat memenuhi kebutuhan ekologis, ekonomi, dan sosial manusia yang terus berkembang [5]. Kualitas hutan mencakup dua aspek utama: kualitas sumber daya hutan dan kualitas ekologis hutan [8]. Dalam pemantauan kebakaran hutan, pemahaman terhadap kualitas hutan sangat penting. Variabel seperti Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) dan Normalized Burned Ratio (NBR) digunakan untuk

menilai kesehatan vegetasi dan dampak kebakaran pada kualitas hutan. Kedua variabel ini membantu dalam memantau perubahan vegetasi secara real-time, memberikan informasi penting terkait risiko kebakaran.

Kategori kedua adalah Drivers of Forest Change, yang mencakup faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan kondisi hutan dalam jangka panjang. Perubahan ini dapat disebabkan oleh faktor alam maupun aktivitas manusia, dengan perubahan iklim global menjadi salah satu faktor utama. Menurut IPCC, kenaikan suhu global lebih dari 2,5°C diperkirakan akan mempengaruhi suhu, curah hujan, dan frekuensi kejadian ekstrim seperti kekeringan, banjir, dan kebakaran hutan [12]. Perubahan iklim ini berinteraksi dengan ekosistem hutan, yang berperan dalam mengatur iklim melalui pertukaran energi, air, dan karbon dioksida [2]. Di sisi lain, perubahan iklim juga mempengaruhi hutan melalui bencana terkait iklim seperti kekeringan, banjir, dan kebakaran hutan [4]. Dua variabel iklim yang paling mempengaruhi perubahan ekosistem hutan adalah temperature (suhu) dan precipitation (curah hujan). Kenaikan suhu meningkatkan evapotranspirasi dan defisit tekanan uap, yang memperburuk efek kekeringan [6], sementara perubahan curah hujan ekstrem dapat mempengaruhi struktur dan fungsi hutan, serta mengurangi biomassa [15],[17].

Societal Parameters juga memainkan peran penting dalam analisis kebakaran hutan. Aktivitas manusia, baik yang disengaja maupun tidak sengaja, sering kali menjadi penyebab utama kebakaran hutan [18]. Kepadatan penduduk, misalnya, memiliki hubungan yang kuat dengan frekuensi kebakaran; semakin tinggi kepadatan penduduk, semakin besar kemungkinan terjadinya kebakaran akibat aktivitas manusia [16],[18]. Selain itu, faktor sosial seperti konflik dengan komunitas pribumi dan tingkat pengangguran juga berkontribusi pada peningkatan risiko kebakaran. Kebakaran sering terjadi di wilayah dengan masalah sosial dan ekonomi yang tinggi [18].

Terakhir, Forest Policy and Programs memainkan peran penting dalam pengelolaan hutan dan mitigasi risiko kebakaran hutan. Di Eropa, strategi

kehutanan yang mengutamakan pengelolaan berbasis alam menjadi agenda utama pada 2030 [11]. Kebijakan dan regulasi yang jelas terkait kepemilikan dan pengelolaan hutan, baik di tingkat nasional maupun lokal, sangat penting untuk memastikan keberlanjutan hutan dan efektivitas program restorasi [20]. Pemahaman terhadap kebijakan hutan dan program restorasi sangat penting dalam memitigasi risiko kebakaran dan meningkatkan ketahanan ekosistem hutan.

Melalui proyek ini, saya tidak hanya berkontribusi pada pengembangan teknologi yang bermanfaat secara global, tetapi juga memperoleh pengalaman berharga dalam mengintegrasikan ilmu komputer dengan aplikasi lingkungan. Pengalaman ini menjadi landasan dalam penulisan laporan ini, yang bertujuan untuk mendokumentasikan kontribusi saya dalam proyek SILVANUS, khususnya dalam pengembangan Open Forest Map.

1.2 Profil Perusahaan

Universitas Amikom Yogyakarta adalah salah satu institusi pendidikan tinggi di Indonesia yang memiliki visi untuk menjadi universitas kelas dunia berbasis teknologi dan kewirausahaan. Dalam mendukung visi tersebut, Universitas Amikom Yogyakarta aktif berkolaborasi dengan berbagai pihak, baik di tingkat nasional maupun internasional. Salah satu kolaborasi internasional yang dijalankan adalah melalui proyek SILVANUS, sebuah program Uni Eropa yang berfokus pada penanganan kebakaran hutan dengan melibatkan teknologi mutakhir.

Sebagai mitra dalam proyek SILVANUS, Universitas Amikom Yogyakarta memiliki peran strategis dalam pengembangan teknologi yang mendukung pengelolaan hutan. Tim dari Universitas Amikom Yogyakarta bertanggung jawab atas berbagai aspek teknis, termasuk pengembangan aplikasi berbasis web, pengolahan data spasial, serta pengintegrasian data dari berbagai sumber. Selain Open Forest Map, tim ini juga mendukung pengembangan produk lain seperti penggunaan machine learning dan data sosial media untuk pencegahan kebakaran hutan [10], serta aplikasi yang dijelaskan oleh [23] yang membantu menentukan

alokasi sumber daya di wilayah terdampak kebakaran menggunakan teknik Geographic Information System (GIS). Keterlibatan ini menunjukkan komitmen Universitas Amikom dalam mendukung solusi inovatif untuk masalah lingkungan global.

1.3 Sekilas Produk

Proyek Open Forest Map adalah salah satu inisiatif dalam program SILVANUS yang bertujuan untuk menyediakan platform pemantauan kebakaran hutan berbasis data spasial dan temporal. Open Forest Map menawarkan tiga fitur utama, yaitu Continuous Monitoring, Ecological Resilience, dan Biodiversity Index.

- a. **Continuous Monitoring:** Fitur ini memungkinkan pengguna untuk memantau variabel-variabel yang berkaitan dengan kebakaran hutan, seperti NDVI, NBR, *temperature*, *precipitation*, dan lain-lain. Data ditampilkan dalam bentuk grafik time series untuk wilayah tertentu yang dipilih oleh pengguna.
- b. **Ecological Resilience:** Fitur ini membantu pengguna untuk mengevaluasi kemampuan suatu wilayah untuk pulih setelah terkena kebakaran dengan menggunakan berbagai parameter seperti *magnitude*, *malleability*, *elasticity*, *recovery*, dan *time to recover*. Penilaian terhadap ketahanan ekologi dilakukan dengan memanfaatkan data NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), yang digunakan untuk mengukur kesehatan vegetasi dan hubungannya dengan produktivitas tanaman. Berdasarkan studi sebelumnya, penghitungan ketahanan ekologi melibatkan beberapa langkah, seperti perhitungan *magnitude* gangguan (D), waktu pemulihan (T), serta *magnitude* pemulihan (R) yang menggambarkan perubahan kondisi hutan setelah kebakaran [4],[13]. Parameter *elasticity* mengukur kecepatan pemulihan ekosistem, sementara *malleability* menunjukkan sejauh mana ekosistem mengalami perubahan dari kondisi awalnya setelah kebakaran [19].

- c. **Biodiversity Index:** Fitur ini menyajikan informasi mengenai indeks keragaman hayati suatu wilayah, termasuk Shannon Index dan Evenness Index. Indeks ini digunakan untuk memantau dampak kebakaran terhadap ekosistem dan keragaman spesies yang ada di dalamnya. Indeks keragaman hayati, seperti yang dijelaskan oleh [24], sangat penting dalam pemantauan ekosistem karena memberikan wawasan tentang keragaman spesies yang dapat mempengaruhi ketahanan hutan terhadap gangguan. Dengan memanfaatkan data terkait keanekaragaman hayati, Open Forest Map mendukung pemantauan dan pengelolaan sumber daya alam untuk mitigasi kebakaran hutan dan perencanaan pengelolaan kawasan hutan yang lebih baik.

Konsep utama dari Open Forest Map adalah integrasi data dari berbagai sumber untuk memberikan gambaran komprehensif tentang kondisi hutan. Sistem ini dirancang untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik oleh regulator dan peneliti yang fokus pada mitigasi dan penanganan kebakaran hutan.