

Penerapan Teknologi dalam Upaya Mitigasi Bencana Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut di Provinsi Riau Guna Mendukung Keamanan Nasional

Syafrudin Fathoni*¹, Nabella*¹, Virana Fatwa Nurmala*¹, M. Bayu Rizky Prayoga*²

¹ Universitas Pertahanan RI, Indonesia

² Badan Riset Dan Inovasi Nasional, Indonesia

* sfthonie93@gmail.com

53

Abstrak Geografi, demografi, masyarakat, dan sejarah Indonesia membuatnya rentan terhadap bencana, dan Riau adalah salah satunya. Kawasan tersebut rawan kebakaran hutan dan lahan (karhutla). Upaya penanggulangan bencana harus memanfaatkan ilmu pengetahuan dan teknologi secara efektif untuk memfasilitasi dan menyederhanakan proses penanggulangan bencana. Tujuan dari artikel ini adalah untuk mengidentifikasi peran teknologi seperti teknik adaptasi iklim, sistem pemantauan air puncak, dan penerapan Lancang Quning untuk mengatasi bahaya kebakaran hutan dan lahan. Kami menggunakan metode standar dan teknik pengumpulan data melalui wawancara dengan pemangku kepentingan. Kami menemukan bahwa ada tiga jenis aplikasi yang digunakan Pemda Riau dalam upaya pencegahan bahaya kebakaran hutan dan lahan, antara lain teknologi modifikasi cuaca, aplikasi SIPALAGA, dan aplikasi Lancang Kuning. Luas lahan atau hutan yang terbakar di Riau telah berkurang hingga 91% sejak tahun 2020. Penerapan teknologi ini terbukti berhasil melestarikan warna langit Riau. Jelas bahwa kerjasama berbagai aktor, baik sipil, militer maupun masyarakat, akan memberikan kontribusi bagi keberhasilan upaya pemadaman kebakaran untuk mencegah bahaya kebakaran hutan dan lahan yang terus berlanjut di Riau.

Abstract Indonesia's geography, demographics, society, and history make it vulnerable to disasters, and Riau is one of them. The area is at high risk of forest fires and land fires. Disaster management efforts should make effective use of science and technology to facilitate and simplify the disaster management process. The purpose of this article is to identify the role of technologies such as climate adaptation techniques, peak water monitoring systems, and the application of Lancang Quning to overcome forest and land fire hazards. We use standard methods and data collection techniques through interviews with stakeholders. We found that there are three types of applications that the Riau government is using in its efforts to prevent forest and land fire hazards, including weather modification technology, SIPALAGA applications, and Lancang Kuning applications. The area of burnt land or forest in Riau has decreased by 91% since 2020. The application of this technology has proven successful in preserving the colors of Riau's sky. It is clear that cooperation among various actors, whether civilian, military, or community, will contribute to the success of firefighting efforts to prevent ongoing forest and land fire hazards in Riau.

Keywords: Riau; Mitigation; Technology; Civilian-Military cooperation. Forest and Land Fires.

 OPEN ACCESS

Citation: Fathoni, S., Nabella, Nurmala, V.N., & Prayoga, M.B.R. (2023). Penerapan Teknologi dalam Upaya Mitigasi Bencana Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut di Provinsi Riau Guna Mendukung Keamanan Nasional. Riau Journal of Empowerment, 6(1), 53-71.
<https://doi.org/10.31258/raje.6.1.53-71>

Received: 2022-11-21 **Revised:** 2023-08-14
Accepted: 2023-08-24

Language: Indonesia (Id)

Funding: Universitas Pertahanan RI

ISSN 2623-1549 (online), 2654-4520 (print)

© 2023 Syafrudin Fathoni, Nabella, Virana Fatwa Nurmala & M. Bayu Rizky Prayoga. Author(s) retains the copyright of article published in this journal, with first publication rights granted to Riau Journal of Empowerment. The article is licenced under [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/). This license permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

PENDAHULUAN

Letak geografis, sosiologis, demografis dan historis Indonesia menjadikan wilayah Indonesia rentan terhadap bencana, baik bencana alam maupun non alam maupun bencana sosial (Yulianto et al., 2021). Terdapat lebih dari 17.504 pulau besar dan kecil oleh sebab itu Indonesia disebut negara kepulauan. Indonesia juga memiliki iklim tropis karena terletak di garis khatulistiwa (Gemino et al., 2018). Negara tropis dicirikan oleh dua musim, yaitu musim hujan dan musim kemarau. Dua musim ini dapat menyebabkan bencana sepanjang tahun karena memburuk akibat pemanasan global. Pada musim hujan beberapa wilayah Indonesia mengalami banjir, dan pada musim kemarau beberapa wilayah Indonesia mengalami kebakaran hutan dan lahan. Luas Lahan Gambut Indonesia di tahun 2019 berdasarkan data dari Global Wetlands tercatat sekitar 25,5 juta hektar (Yuliana et al., 2022). Saat musim kemarau tiba, potensi terbakarnya lahan gambut semakin besar karena lahan gambut mengandung bahan bakar berupa sisa-sisa tumbuhan yang tergeletak di bawah tanah, sehingga jika mulai terbakar, api akan menjalar perlahan ke bawah permukaan tanah dan akan sulit dilakukan untuk mendeteksi dan akan menghasilkan asap tebal. Menurut Purnama (2017), bencana adalah akibat dari terjadinya peristiwa yang tidak biasa (berbahaya) di masyarakat yang rentan (rentan) yang membuat masyarakat tidak dapat mengatasi dampak variasi dari peristiwa yang tidak biasa tersebut.

Kebakaran hutan dan kebakaran lahan (Karhutla) dapat diklasifikasikan menjadi bencana alam dan bencana tidak alam. Kebakaran hutan dan kebakaran lahan dapat disebabkan oleh 2 (dua) faktor utama, yaitu faktor alam dan aktivitas manusia. Faktor alam antara lain akibat pengaruh El-Nino menyebabkan kekeringan berkepanjangan yang menyebabkan tanaman menjadi kering. Tumbuhan kering berpotensi menimbulkan kebakaran jika terkena percikan api permukaan dari batu bara atau pembakaran lainnya, baik disengaja maupun tidak disengaja. Hal ini dapat menyebabkan kebakaran yang merusak semak dan vegetasi di permukaan maupun di bawah serasah seperti humus, gambut, akar atau kayu yang membusuk. Jika terlambat ditangani, api dapat menyebar, menyebabkan kebakaran puncak dimana kebakaran ini merusak kanopi. Faktor aktivitas manusia juga dapat menyebabkan kebakaran hutan dan lahan, antara lain melakukan pembakaran hutan, pembukaan lahan dengan teknik tebas bakar yang tidak terkendali, dan penggunaan peralatan/mesin pembakar (Saharjo et al., 2018). Kebakaran hutan dan lahan adalah kebakaran permukaan di mana api membakar bahan bakar di atas permukaan (misalnya: puing-puing, pohon, semak, dan lain-lain), api kemudian perlahan menyebar tidak menentu di bawah permukaan (api tanah), membakar bahan organik melalui pori-pori gambut dan melalui akar semak/pohon terjadi nyala api.

Bahaya utama yang terkait dengan kebakaran dan kebakaran hutan dan lahan adalah timbulnya asap yang disertai dengan adanya partikel berbahaya. Kabut asap berasal dari kebakaran hutan dan lahan skala besar, dan ditandai dengan konsentrasi partikel yang tinggi. Efek asap dan komponennya terhadap lingkungan dapat bervariasi dari bersifat lokal, menghalangi jarak pandang dan mengganggu sistem pernapasan, hingga berpotensi meningkatkan pemanasan global. Dampak ini terutama merupakan hasil dari bahan kimia primer dan emisi sekunder dari pembakaran hutan dan lahan gambut. Penyebaran asap sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca, terutama kecepatan dan arah angin. Selain itu, kestabilan atmosfer juga dapat mempengaruhi penyebaran asap kebakaran hutan (Saharjo et al., 2018). Dalam kasus kebakaran hutan dan lahan, ada dua faktor yang harus diperhatikan: pengelolaan dan pemeliharaan kondisi hutan dan rawa.

Hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan luas yang mengandung sumber daya alam hayati, terutama pepohonan dalam lingkungan alamnya, yang tidak dapat dipisahkan menurut apa yang tertulis dalam Undang-Undang Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan, kawasan hutan menurut fungsi pokoknya dibagi menjadi hutan konservasi, hutan lindung dan hutan produksi. Menurut [Rahim & Baderan \(2017\)](#), hutan adalah salah satu elemen terpenting dari pengendalian iklim. Pengelolaan hutan yang baik dapat memberikan dampak positif bagi kelangsungan kehidupan di Bumi. Aktivitas penebangan pohon dan pemanfaatan sumberdaya hutan dapat berimplikasi terhadap berkurangnya kemampuan hutan dalam menyerap karbon. Pengelolaan hutan produksi merupakan bagian dari mekanisme pembangunan berkelanjutan yang memiliki berbagai dimensi baik dari segi ekologi, ekonomi maupun sosial. Pengelolaan hutan sebaiknya berpijak pada kepentingan nasional, termasuk diantaranya memberikan jaminan akses terhadap masyarakat dalam pemanfaatan sumberdaya hutan yang mampu menyahterakan dan bertanggungjawab.

Rawa merupakan ekosistem unik yang tidak dapat ditemukan pada ekosistem lain. Pada musim hujan, tanah gambut menyerap kelebihan air hujan sehingga mencegah terjadinya banjir. Sebaliknya, pada musim kemarau, lahan gambut melepaskan air ke udara dan kemudian membawanya ke tempat lain sehingga mengurangi risiko potensi kekeringan di wilayah tersebut. Namun, lahan gambut sangat rentan terhadap perubahan kondisi lingkungan. Pembukaan lahan gambut akan menguras lapisan gambut dan merusak fungsi utama lahan gambut. Oleh karena itu, gambut bersifat “irreversible drying” artinya jika lahan gambut mengering, tanah akan sulit menyerap air kembali ([Syaufina et al., 2018](#)). Perluasan lahan sawit di lahan marginal seperti lahan gambut merupakan solusi penting untuk meningkatkan produksi sawit. Lahan gambut merupakan lahan potensial untuk budidaya kelapa sawit. Produksi kelapa sawit dapat mencapai 20 hingga 25 ton/ha/tahun, sehingga tidak kalah dengan produksi kelapa sawit pada tipe lahan lainnya. Menanam kelapa sawit di lahan gambut selalu melibatkan pengelolaan air, pemadatan tanah dan pemupukan, dan jika ketiga faktor tersebut tidak dikelola dengan baik, maka kelestarian lahan gambut akan terancam ([Saragih & Hariyadi, 2016](#)).

Pada tahun 2020, menurut BMKG terdapat tujuh provinsi yang rawan terhadap bencana kebakaran hutan dan lahan di Indonesia, salah satunya yaitu Provinsi Riau. Berdasarkan data Kajian Risiko Bencana yang dikeluarkan oleh BNPB (2021), besaran luas bahaya terdampak untuk jenis bencana kebakaran hutan dan lahan yang berpotensi terjadi di Provinsi Riau berkisar 3.481.249 Ha. Luas lahan gambut di Provinsi Riau mencapai hampir 60% dari luas wilayah Riau yaitu 5.355.374 Ha, oleh sebab itu provinsi Riau menjadi wilayah yang sangat rentan terjadinya kebakaran hutan dan lahan. Secara keseluruhan, luas Provinsi Riau adalah 87.023,66 km², terbentang dari lereng Bukit Barisan hingga Selat Malaka. Topografi Provinsi Riau berupa dataran dan sedikit berbukit dengan ketinggian 2 sampai 91 m dpl Menurut data Badan Pusat Statistik Provinsi Riau (2022), jumlah penduduk sampai tahun 2022 ini berjumlah 6.493.603 jiwa. Secara geografis letaknya cukup dekat dengan negara tetangga seperti Singapura dan Malaysia, menyebabkan negara tetangga juga terkena dampak jika Riau mengalami bencana kebakaran hutan dan lahan.

Risiko bencana adalah tingkat kerugian atau kemungkinan hilangnya nyawa, kerusakan dan kerugian ekonomi yang disebabkan oleh bahaya tertentu di suatu daerah pada waktu tertentu ([Sitorus et al., 2019](#)). Menurut Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Nomor 2 Tahun 2012 tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana, menjelaskan bahwa risiko bencana adalah potensi kerugian yang diakibatkan oleh suatu bencana di suatu wilayah dan dalam kurun waktu tertentu yang dapat berupa kematian, luka-

luka, sakit, ancaman kematian, hilangnya keamanan keselamatan, pemindahan, kerusakan atau kerugian harta benda dan terganggunya kehidupan masyarakat. Lingkup kajian meliputi hazard, kerentanan dan kapasitas. Pengurangan risiko pada hakekatnya adalah penerapan prinsip pencegahan dalam setiap tahapan manajemen atau pengelolaan risiko bencana; yang meliputi aspek perencanaan dan penanggulangan bencana, sebelum, pada saat dan setelah bencana terjadi. Manajemen risiko bencana adalah kerangka kerja konseptual yang berfokus pada pengurangan ancaman dan potensi kerugian akibat bencana. Bukan tentang penanganan bencana dan konsekuensinya (Rahma, 2018).

Widana (2019) menjelaskan bahwa manajemen risiko bencana merupakan proses dimana faktor risiko yang telah diidentifikasi, kemudian dianalisis, dan ditangani secara sistematis supaya kerugian dan kerusakan akibat bencana dapat dicegah atau diperkecil. Hal tersebut dapat diwujudkan melalui usaha-usaha penanganan risiko yang dilakukan melalui proses-proses sebagai berikut yakni menghindari sumber-sumber bahaya/ancaman, merubah atau memodifikasi ancaman/bahaya, memindahkan arah ancaman/bahaya dari masyarakat yang rentan terdampak, beradaptasi terhadap ancaman/bahaya, atau memindahkan risiko bencana kepada pihak yang lain.

United Nations-International Strategy for Disaster Reduction (UNDR) dalam Napitupulu et al. (2017), Pengurangan Risiko Bencana (PRB) adalah upaya sadar dan terencana dalam proses pembelajaran untuk memberdayakan masyarakat dalam upaya mengurangi risiko bencana dan membangun budaya aman dan tangguh terhadap bencana. Kegiatan PRB dapat dicapai dengan mengembangkan motivasi, keterampilan dan pengetahuan masyarakat agar dapat bertindak dan berpartisipasi dalam upaya pengurangan risiko bencana. Konsep dan praktik pengurangan risiko bencana dapat dicapai melalui upaya sistematis untuk menganalisis dan mengelola faktor penyebab bencana, termasuk mengurangi paparan bahaya, mengurangi kerentanan, mengelola lingkungan dengan bijak, dan meningkatkan kesiapsiagaan untuk menanggapi kejadian buruk.

Diterbitkannya Kerangka Kerja Sendai juga merupakan hasil dari kesepakatan seluruh dunia untuk mengurangi risiko bencana. Badan Nasional Penanggulangan Bencana (2020) telah meratifikasi dokumen Kerangka Kerja Sendai sejak tahun 2015 lalu, Untuk membantu menilai kemajuan global dalam mencapai hasil dan tujuan yang diharapkan dari kerangka kerja ini, tujuh tujuan global telah disepakati. Target-target ini akan diukur secara global dan akan dilengkapi dengan upaya mengembangkan indikator yang relevan. Target dan indikator negara akan berkontribusi pada pencapaian hasil dan tujuan yang diharapkan dari kerangka kerja ini. Berdasarkan pengalaman yang diperoleh melalui penerapan Kerangka Aksi Hyogo dan dalam mengejar hasil dan tujuan yang diinginkan, negara-negara perlu mengambil tindakan lintas sektoral yang ditargetkan di tingkat lokal, nasional maupun internasional meliputi empat bidang prioritas, beberapa di antaranya yang bertujuan untuk memperkuat tata kelola manajemen risiko bencana dan berinvestasi dalam pengurangan risiko bencana untuk pemulihan, salah satunya adalah informasi melalui pengembangan teknologi.

Ada banyak teknologi yang telah dicoba oleh pemerintah Indonesia untuk mengurangi kebakaran hutan dan lahan. Namun dalam artikel ini akan dibahas beberapa di antaranya yaitu Modified Weather Technology (TMC) untuk meningkatkan curah hujan dengan penyemaian awan, kemudian penggelaran Automatic Weather Station (AWS) untuk pelacakan tinggi air rawa, dan aplikasi centil kuning yang dibuat oleh Polda Riau menggunakan citra satelit untuk mendeteksi hotspot sehingga dapat memberikan informasi yang akurat untuk mendeteksi koordinat hotspot.

Terdapat empat bentuk kegiatan yang dihadapi saat bencana yaitu fase mitigasi, fase kesiapsiagaan, fase tanggap dan respon, dan fase pemulihan dan penormalan kembali. Berdasarkan keempat fase tersebut, peran teknologi sangat diperlukan dan dapat diterapkan di semua fase dalam menghadapi bencana. Dalam penanggulangan bencana tentunya diperlukan koordinasi lintas disiplin ilmu dan partisipasi berbagai disiplin ilmu, termasuk teknologi (Pribadi, 2020). Dokumen Kerangka Sendai (BNPB, 2020) juga disebutkan untuk memperkuat manajemen risiko bencana dan koordinasi di antara lembaga dan sektor terkait dan partisipasi penuh dan bermakna dari para pemangku kepentingan pada tingkat yang sesuai. Oleh karena itu ada kebutuhan untuk berinvestasi di bidang ekonomi, sosial, kesehatan, budaya dan pendidikan ketahanan individu, masyarakat dan bangsa serta lingkungan, juga melalui teknologi, dan penelitian. Hal ini dilakukan dengan meningkatkan akses dan mendukung inovasi dan teknologi jangka panjang, penelitian multi-bahaya, penyampaian solusi, dan pengembangan untuk manajemen risiko bencana.

Teknologi merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kapasitas manusia untuk mengurangi risiko bencana. Secara khusus, teknologi dapat secara positif/negatif memengaruhi semua faktor risiko dan semua faktor kondisi. Kebijakan pemanfaatan teknologi dalam penanggulangan bencana di Indonesia tertuang dalam sejumlah undang-undang dan peraturan kelembagaan, antara lain UU Penanggulangan Bencana No 24 Tahun 2007, dimana penanggulangan bencana harus memanfaatkan ilmu pengetahuan dan teknologi secara optimal untuk mempermudah dan mempercepat proses penanggulangan bencana, baik pada tahap pencegahan, pada saat bencana, maupun pada tahap pascabencana. Menurut Pribadi (2020), peran teknologi dalam manajemen bencana adalah sebagai alat untuk mendukung kesiapsiagaan, respons, pemulihan, dan mitigasi bencana. Teknologi diharapkan dapat menghadirkan informasi persiapan yang vital bagi semua yang membutuhkannya. Komunikasi darurat untuk tanggap darurat dan distribusi bantuan cepat. Kemudian dapat membangun kumpulan/database pengetahuan untuk mendukung proses perencanaan dan pembuatan kebijakan penanggulangan bencana.

Memposisikan teknologi dan peranannya dalam manajemen bencana kebakaran hutan dan lahan (karhutla) terbagi menjadi 2 tahap yaitu tahap antisipasi dan tahap reaktif. Pada tahap antisipasi teknologi sangat diperlukan dalam upaya untuk monitoring/pengumpulan data, deteksi dini, memprediksi lokasi dan pemetaan potensi karhutla, pengawasan dan pengecekan kondisi lapangan. Sedangkan pada tahap reaktif/respon, teknologi yang digunakan dalam rangka pencegahan penyebaran api, menekan persebaran api dan asap, serta evaluasi dampak untuk kegiatan pemulihan atau pasca bencana (Wibowo, 2019).

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) telah mengembangkan penilaian kebutuhan pascabencana, yang merupakan alat pemetaan kerentanan pascabencana. Kerentanan bencana mencakup aspek sosial budaya, ekonomi, fisik dan lingkungan. Selain aspek tersebut, bencana alam berdampak pada aspek lain seperti politik, kesehatan dan pangan. Kerentanan bencana juga mengacu pada konsep keamanan manusia. Konsep ini diturunkan dari konsep keamanan global, yang dapat dipahami bahwa untuk hidup aman, sejahtera, dan sejahtera, masyarakat harus terpenuhi kebutuhan politik, ekonomi, dan sosialnya. Kebutuhan politik berupa kebebasan berpendapat, kebebasan berkumpul, mencapai demokrasi, pluralisme, memungkinkan masyarakat menjalani kehidupan sehari-hari dengan nyaman. Kemampuan mereka untuk memenuhi kebutuhan dasar diklasifikasikan sebagai kebutuhan ekonomi, sedangkan manifestasi kebutuhan sosial meliputi kemampuan untuk mengatasi rasa takut, termasuk rasa takut akan bencana (Amri *et al.*, 2016).

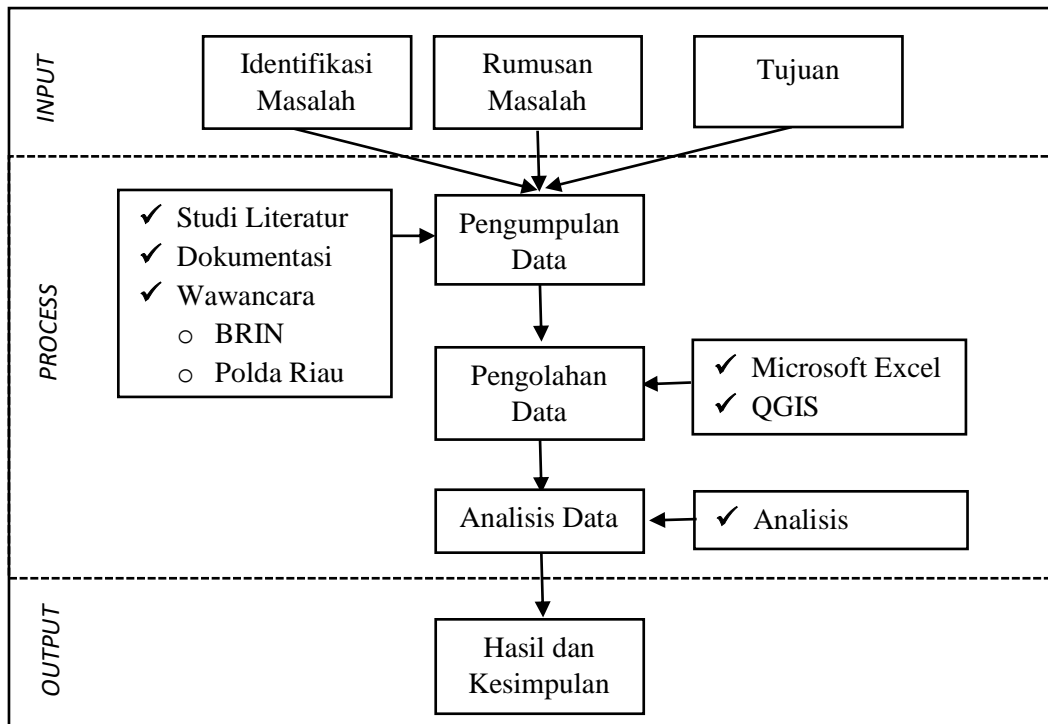
Tujuan dari makalah ini adalah untuk mengeksplorasi peran teknologi modifikasi cuaca (TMC) dalam mengurangi dampak kebakaran hutan dan lahan di provinsi Riau. Selain itu, bertujuan untuk mengidentifikasi peran Automatic Weather Station (AWS) dalam pemantauan lahan gambut yang menjadi sumber kebakaran hutan dan lahan di Provinsi Riau. Selain itu untuk mengetahui peran aplikasi Lancang Kuning dalam penanggulangan kebakaran hutan dan lahan di provinsi Riau. Diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya pengembangan teknologi untuk mengatasi kebakaran hutan dan lahan yang sering terjadi di Indonesia.

METODE PENERAPAN

Pada bagian ini akan disajikan beberapa bahasan mengenai metode dan teknik yang akan digunakan dalam penulisan artikel ini. Metode yang digunakan adalah kualitatif dengan pendekatan analisis deskriptif. [Hardani et al. \(2020\)](#) menjelaskan bahwa metode analisis didasarkan pada filosofi post-positivis, yang digunakan untuk meneliti keadaan objek alam dimana peneliti adalah instrumen utamanya. Hasil penelitian kualitatif lebih menekankan signifikansi daripada generalisasi.

Berdasarkan sumbernya, data dibagi menjadi data primer dan data sekunder ([Syahza, 2021](#)). Data primer yang digunakan adalah hasil wawancara dan FGD (Focused Group Discussion) dengan informan, sedangkan data sekunder diperoleh dari hasil dokumen primer, buku dan arsip pengetahuan atau catatan yang berkaitan dengan topik penelitian. Audiens adalah orang-orang yang terlibat langsung sebagai fasilitator dan memahami topik yang sedang dibahas. Teknik pemilihan audiens ini menggunakan purported sampling, artinya informan dipilih yang memenuhi kriteria yang telah ditetapkan, antara lain peneliti dari Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dan Operasional Polda Riau. Mata kuliahnya sendiri fokus pada penerapan teknologi dan inovasi dalam penanggulangan kebakaran hutan dan lahan di Riau, antara lain Weather Modification Technology (TMC), SIPALAGA (Wetland Monitoring System) dan Lancang Kuning Dashboard App Polda Riau.

Teknik analisis data yang digunakan adalah model interaksi seperti yang ditunjukkan oleh [Miles et al. \(2014\)](#) dalam [Kusumastuti & Khoiron \(2019\)](#) yaitu teknik analisis yang dilakukan terus menerus selama pengumpulan data lapangan sampai pengumpulan data selesai sehingga data yang diperoleh jenuh. Teknik analisis data meliputi pengumpulan data, pemadatan data, penyajian data, dan langkah akhir penarikan kesimpulan. Data primer, data sekunder dan hasil survei lapangan yang diperoleh dianalisis melalui wawancara mendalam deskriptif dan tabulasi data sosiologis. Pemadatan data dilakukan dengan menggunakan teknik enkripsi. Perlu dicatat bahwa kode yang ditentukan saat menjawab setiap rumus pertanyaan dapat berinteraksi satu sama lain tergantung pada hasil di bidang yang terakhir. Hasil akhir dipresentasikan ke publik dalam bentuk seminar dan karya ilmiah.



Gambar 1. Metode Penulisan Artikel

HASIL DAN KETERCAPAIAN SASARAN

Hasilnya didapatkan bahwa terdapat 3 macam teknologi dan inovasi yang digunakan oleh pemerintah beserta para stakeholder dalam angka mencegah ancaman karhutla di Provinsi Riau. Beberapa diantaranya dengan memanfaatkan Teknologi Modifikasi Cuaca, teknologi pemantauan lahan gambut, dan aplikasi lancang kuning. Berbagai pihak juga dilibatkan dalam kegiatan pencegahan karhutla meliputi Pemerintah Daerah, Kementerian/Lembaga, Militer, Polri, Akademisi, dan jua masyarakat menjadi ujung tombak dalam pencegahan karhutla di Provinsi Riau.

Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC)

Modifikasi cuaca teknologi (TMC) adalah upaya intervensi manusia untuk mengendalikan sumber daya air atmosfer dengan menggunakan parameter meteorologi dengan tujuan meningkatkan atau menurunkan intensitas curah hujan di wilayah tertentu, yang dirancang untuk mengurangi risiko bencana akibat perubahan iklim dan faktor meteorologi. Tujuan penerapan pengaturan cuaca di Indonesia adalah untuk meningkatkan intensitas curah hujan, mengurangi intensitas curah hujan, menghilangkan kabut asap kebakaran hutan dan lahan. Variabilitas cuaca juga dapat digunakan untuk mengurangi bencana hidrometeorologi seperti kekeringan, banjir, kebakaran hutan dan lahan, serta tanah longsor dan banyak bencana lainnya.

Berawal dari gagasan presiden Soeharto pada tahun 1976-1978 untuk mendukung sektor pertanian di Indonesia, seperti yang dilakukan Thailand. Pada tahun 1978, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) didirikan dan melaksanakan proyek pembuatan hujan buatan yang pada saat itu berada pada Direktorat Pengembangan Kekayaan Alam (PKA). Tahun 1985 berdirilah Unsur Pelaksana Teknis (UPT) Hujan Buatan dan tahun 2015 UPT Hujan Buatan berubah menjadi Nomenklatur menjadi Balai Besar Teknologi Modifikasi

Cuaca. Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC) untuk mitigasi bencana karhutla yaitu dapat memadamkan titik api, menjaga kualitas udara dan menjaga jarak pandang, kemudian TMC juga dapat bermanfaat untuk membasahi lahan gambut dalam skala luas untuk membatasi potensi penyebaran kebakaran yang lebih luas, kemudian dapat digunakan untuk mengevaluasi atau menghitung volume curah hujan yang akan dihasilkan.

Teknologi Modifikasi Cuaca (TMC) dapat dilakukan dengan menggunakan wahana udara dan wahana darat. Pada wahana udara, penyemaian awan dilakukan dengan bantuan pesawat, awalnya ditetapkan dulu strategi penyemaian awan berdasarkan monitoring dan analisis parameter cuaca, kemudian memonitoring awan potensial dari citra satelit/radar dan pos meteorologi, lalu melakukan loading bahan semai ke dalam pesawat dan mengarahkan penerbangan ke arah awan potensial, lalu melakukan penyemaian di awan potensial dan di akhir mengevaluasi hasil penyemaian. Secara teknis, TMC dilakukan dengan menyebarkan awan kumululus menggunakan bahan penyemaian, NaCl, melalui pesawat. Bahan semai merangsang tumbuhnya butir-butir air hujan sehingga mempercepat terjadinya hujan dengan intensitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan hujan alami (Tukiyat et al., 2022). Proses penggunaan wahana udara dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses hujan buatan dengan wahana udara

Adapun kelebihan dari wahana udara ini adalah bahan semai dapat mencapai target awan dan tidak dibatasi oleh lokasi awan serta lebih fleksibel dalam mencari awan yang potensial. Namun terdapat keterbatasan dalam penyemaian awan menggunakan wahana udara ini yaitu biaya operasional yang dibutuhkan sangat tinggi, risiko kegiatan penerbangan dan dibatasi oleh waktu terbang pesawat atau kendala teknis penerbangan. Sedangkan jika menggunakan wahana darat dengan menggunakan *Ground-Based Generator* untuk menambah curah hujan diawali dengan pengamatan awan di wilayah target dengan radar cuaca dan satelit, kemudian petugas mengirimkan perintah untuk menyalakan *Ground-Based Generator* menggunakan tele command melalui server yang terhubung dengan modem GSM pada masing-masing Menara *Ground-Based Generator*, kemudian melakukan penyemaian awan, dan mengevaluasi hasil. Kelebihannya yaitu relatif lebih murah dan risiko kegiatan lebih kecil, dapat beroperasi 24 jam sehari, dan dapat dioperasikan secara otomatis dari jarak jauh (telemetry). Namun keterbatasannya ialah target awan potensial dibatasi oleh lokasi *Ground-Based Generator* dan topografi wilayah kerjanya.

Keberhasilan TMC dapat dievaluasi dari hasil tambahan curah hujan karena modifikasi cuaca. Curah hujan tambahan berarti peningkatan jumlah curah hujan selama periode pelaksanaan TMC dibandingkan dengan curah hujan sebelumnya untuk waktu yang sama (Sutikno et al., 2020). Maka penggunaan TMC ini pada saat pelaksanaannya akan dibantu oleh TNI Angkatan Udara dari Pangkalan TNI Angkatan Udara Roesmin Nurjadin. Tugas TNI

dalam penanggulangan bencana karhutla di Provinsi Riau yang dilaksanakan secara terpadu dengan instansi sipil merupakan wujud aplikasi pelaksanaan OMSP sebagai salah satu tugas TNI untuk melaksanakan kebijakan negara guna mencapai tujuan nasional untuk menjaga keselamatan bangsa dari segala ancaman yang ada. Sejak tahun 2015 satgas terpadu Karhutla dibentuk pada tahap prabencana sebagai upaya mitigasi agar bencana karhutla tidak sampai pada tahap darurat bencana. Keberhasilan mitigasi karhutla di Provinsi Riau karena adanya Kerjasama dan komunikasi yang baik antara sipil dan militer.

Sistem Pemantau Air Lahan Gambut (SIPALAGA)

Apabila teknologi modifikasi cuaca merupakan salah satu upaya tindakan reaktif dalam menghadapi kebakaran hutan dan lahan, tindakan pencegahan juga diperlukan. Oleh karena itu pentingnya pemantauan kondisi fisik lahan gambut dalam upaya mitigasi kebakaran hutan dan lahan. Kegiatan pemantauan di lahan gambut diharapkan dapat meningkatkan kesiapan masyarakat dalam menghadapi bencana kebakaran hutan dan lahan. [Miettinen et al. \(2017\)](#) menjelaskan bahwa tingkat kebasahan lahan gambut dapat mempengaruhi kecepatan penyebaran api saat peristiwa kebakaran hutan dan lahan terjadi. [Restuccia et al. \(2017\)](#) juga mengidentifikasi bahwa kemungkinan terjadinya kebakaran hutan dan kebakaran lahan di lahan gambut terjadi di permukaan karena beberapa faktor antara lain kelembaban tanah, kandungan mineral, serta kondisi unsur kimiawi lainnya. Selain itu, faktor lain penyebab kebakaran di lahan gambut yang dijabarkan oleh [Stracher et al. \(2015\)](#) adalah temperatur pada bagian bawah permukaan lahan gambut.

Peraturan Pemerintah (PP) No. 57/2016, yang menegaskan bahwa pemanfaatan ekosistem gambut harus dilakukan dengan tetap menjaga fungsi hidrologis gambut. Pemantauan muka air (TMA) di lahan gambut penting dalam upaya pencegahan kebakaran hutan dan lahan (karhutla), emisi gas rumah kaca, dan pencegahan dehidrasi lahan gambut yang tidak terkendali. Pengurangan air di lahan gambut memiliki dampak lingkungan yang negatif, termasuk penurunan permukaan gambut, peningkatan emisi karbon (CO₂), menyebabkan kekeringan yang tidak dapat dipulihkan dan kebakaran hutan. Salah satu teknologi yang dapat diterapkan pada lokasi gambut untuk mendapatkan data tersebut adalah SIPALAGA (Sistem Pemantau Air Lahan Gambut) yang dapat dilihat pada Gambar 3.

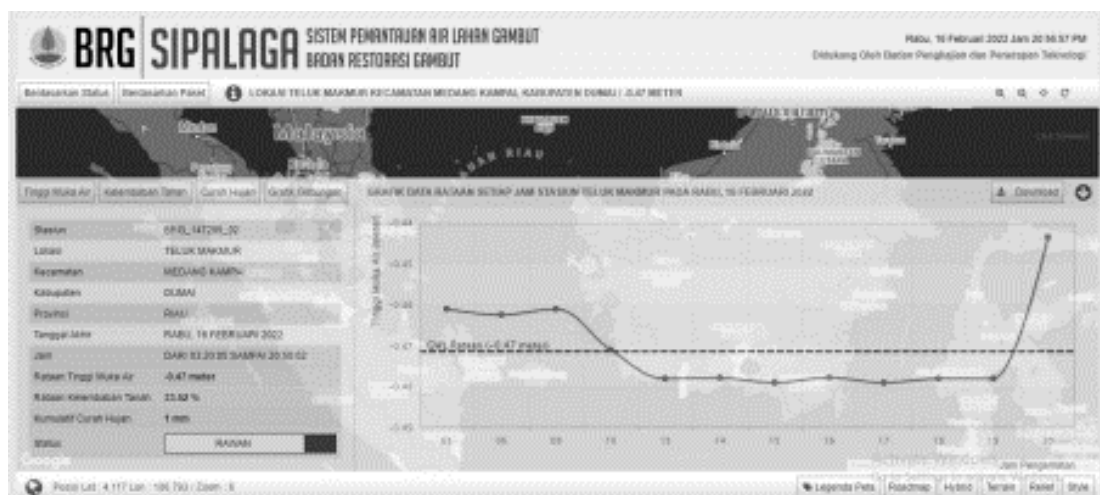


Gambar 3. Tampilan halaman depan SIPALAGA (<https://sipalaga.brg.go.id>)

SIPALAGA memiliki 2 alat pengumpulan data yaitu AWS (*Automatic Weather Station*) serta SMTS (*Soil Moisture Temperature Station*). AWS merupakan sebuah teknologi yang dapat digunakan untuk mengukur kondisi suatu lingkungan meliputi curah hujan, suhu, kecepatan dan arah angin, serta kelembaban udara dalam setiap jam. Alat ini sebenarnya sudah banyak dimiliki oleh stasiun pengamatan milik Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Namun inovasi yang diciptakan oleh Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) adalah menciptakan versi yang lebih praktis. Nantinya alat tersebut akan ditancapkan pada kawasan-kawasan lahan gambut dan disebar ke berbagai titik-titik potensial terjadinya hotspot untuk mencegah kebakaran hutan dan lahan.

AWS (*Automatic Weather Station*) adalah serangkaian sensor cuaca yang disusun untuk mengintegrasikan dan merekam data cuaca secara otomatis untuk menentukan kondisi udara dan menilai kesesuaian kondisi sekitar untuk lokasi berbagai tujuan praktis. AWS biasanya memiliki enam sensor utama yang terpasang, yaitu sensor untuk menentukan suhu dan kelembapan, menentukan curah hujan, menentukan kecepatan dan arah angin, serta menentukan radiasi matahari global (Rachmawati, 2019). AWS *Automated Weather Station* atau Telemetri yang dikembangkan oleh Balitbangtan, Kementerian Pertanian merupakan stasiun cuaca otomatis yang dapat merekam data cuaca, mengirimkannya secara berkala melalui SMS, dan menyimpan data tersebut di pusat pemrosesan data.

Selain AWS terdapat satu alat lagi yang digunakan untuk melaksanakan monitoring lahan gambut yaitu SMTS atau *Soil Moisture Temperature Station*. Alat ini digunakan untuk mengukur kondisi fisik lahan gambut meliputi suhu tanah, ketinggian air, dan lain sebagainya. Berbeda dengan AWS, SMTS harus berada di dalam tanah untuk dapat mengukur kondisi fisik lahan gambut. Kedua alat tersebut akan menyampaikan hasil pengukuran lapangan ke server pengolahan data. Sehingga untuk melakukan monitoring lahan gambut tidak memerlukan tenaga atau sumber daya manusia lebih untuk mengamati secara langsung kondisi lahan gambut, tetapi bisa menggunakan peralatan teknologi yang sebagaimana fungsi dari teknologi yakni membantu segala aktivitas manusia.



Gambar 4. Tampilan hasil perekaman data SIPALAGA

Alur penyampaian informasi dari AWS terkoneksi secara langsung dengan server. Data hasil observasi kemudian masuk ke dalam sistem komputer untuk mendapatkan hasil visualisasinya sehingga bisa dilakukan aksi mitigasi. Salah satu contohnya adalah melalui laman <http://sipalaga.brg.go.id> yang menampilkan titik-titik pengamatan seluruh Kawasan lahan gambut yang terdapat di Indonesia meliputi Provinsi Riau, Jambi, Palembang,

Kalimantan Barat dan Kalimantan Selatan. SIPALAGA berfungsi mengelola data logging tinggi muka air menjadi penyajian data berbasis web secara real time berbasis telemetri seperti yang bisa terlihat pada Gambar 4. Memasang monitor TMA sistem telemetri, bersama dengan pemantauan TMA, akan membantu pengembangan informasi dan ketersediaan data historis/serial. Sistem ini dikelola oleh Badan Restorasi Gambut dan Mangrove (BRGM) bekerjasama dengan BPPT/BRIN dengan tujuan mencegah kebakaran hutan dan lahan di Indonesia. Data SIPALAGA sangat terbuka bagi siapapun sehingga masyarakat umum dapat mengakses atau mendapatkan informasi perihal kondisi lahan gambut di sekitar mereka terutama di wilayah yang rentan mengalami kebakaran hutan dan lahan.

Aplikasi Dashboard Lancang Kuning Nusantara

Dashboard Lancang Kuning Nusantara merupakan aplikasi pemantauan api guna menanggulangi kebakaran hutan dan lahan (Karhutla). Aplikasi ini merupakan inovasi dalam bidang teknologi mutakhir yang menggunakan pendekatan pengurangan risiko bencana, dimana fokusnya menemukan titik api (*hotspot*). Inovasi ini resmi diluncurkan pada tanggal 26 Januari 2020 oleh Kapolda Riau Irjen Pol Agung Setia Imam Effendy. Teknologi ini menerapkan aplikasi yang disebut Dashboard Lancang Kuning seperti yang terlihat pada gambar 5.



Gambar 5. Logo Aplikasi Dashboard Lancang Kuning

Inovasi Dashboard Lancang kuning lahir dilatarbelakangi oleh kejadian kebakaran hutan dan lahan yang menjadi bencana tahunan setiap musim kemarau di Provinsi Riau. Pada tahun 2015 lalu, menjadi puncak kebakaran hutan dan lahan terparah yang menyebabkan negara mengalami berbagai kerugian baik dari segi materiil dan non materiil sehingga menjadikan bencana karhutla mendapatkan perhatian khusus pemerintah. Oleh karena itu dibutuhkan suatu teknologi yang dapat mengatasi masalah kebakaran hutan dan lahan di provinsi riau, aplikasi sassy yellow dirancang sedemikian rupa untuk mengatasi masalah tersebut. Ada dua poin penting dalam pengelolaan karhutla di lapangan, yakni komunikasi dan logistik.

- A. Komunikasi yaitu bagaimana komando pusat memberikan pengarahan dan perintah kepada anggota lapangan dalam penanggulangan kebakaran hutan dan lahan dipantau langsung melalui Lancang Dashboard Kuning
- B. Logistik, yaitu bagaimana Command Center memberikan dukungan logistik untuk keperluan pemadaman atau verifikasi titik api yang ada di Provinsi Riau kepada anggota yang memang berada di dekat lokasi titik api, agar cepat memadamkan kebakaran hutan atau lahan.

Kehadiran Dashboard Lancang Kuning ini sangat efektif dalam meminimalkan bencana karhutla. Dengan aplikasi ini dapat mempermudah dan mempercepat dalam mendapatkan informasi dan data terupdate terkait risiko, ancaman, serta kerentanan diberbagai daerah yang dilaporkan mulai dari level desa (Bhabinkamtibmas), level kecamatan (Polsek), hingga Kabupaten/Kota (Polres). Selain untuk mendukung urusan karhutla, Lancang Kuning juga

dirancang agar pengelolaan sistem keuangan anggaran terkait karhutla menjadi lebih transparan dan terstruktur dengan baik. Fitur-fitur yang terdapat di dalam Dashboard Lancang Kuning dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Fitur-fitur yang terdapat pada aplikasi dashboard Lancang Kuning

Fitur Internal		Fitur Tambahan
Lokasi titik api (<i>Hotspot</i>)	api Lokasi kantor Polsek, Polres, & Polda	Data pesawat yang melintas (<i>AIS</i>)
Lokasi embung	Info kepemilikan lahan	Data arah angin
Lokasi sekat kanal	Lokasi BPBD	Data lahan gambut
Lokasi anggota	Lokasi helipad	Data lahan moratorium
Manajemen tugas	Manajemen laporan	Data prakiraan cuaca
Manajemen keuangan	Pesang langsung (direct message)	

Sumber: Polda Riau (2022)

Fitur lokasi titik api ditujukan untuk mengetahui lokasi yang menjadi titik api pertama kali muncul. Data diperoleh dari satelit yang khusus memantau suhu permukaan bumi, ketika terjadi anomali suhu yang berbentuk titik panas di layar petugas akan segera datang ke lokasi tersebut untuk memvalidasi data yang terlihat pada layar aplikasi. Lokasi embung dan lokasi sekat kanal merupakan lokasi yang menunjukkan dimana sumber air terdekat yang dapat digunakan sebagai sumber pemadam api ketika kebakaran hutan dan lahan terjadi. Data info kepemilikan lahan, berguna untuk memantau pemilik lahan yang terdampak dan yang terlibat dalam karhutla. Tampilan di dalam aplikasinya dapat dilihat pada Gambar 6.



(a)

(b)

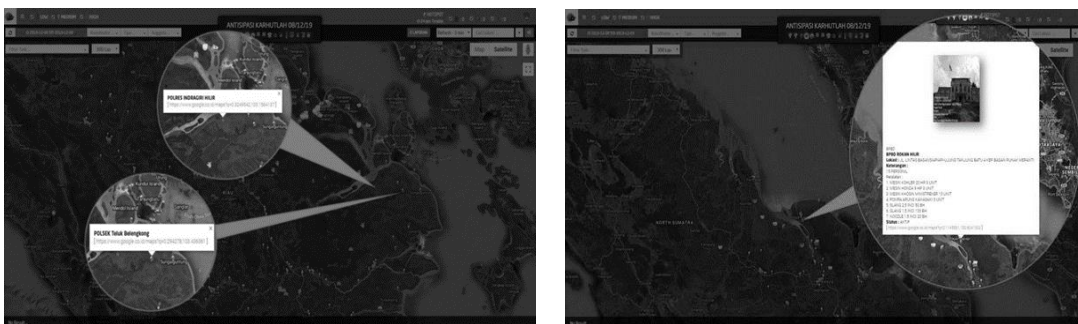


(c)

(d)

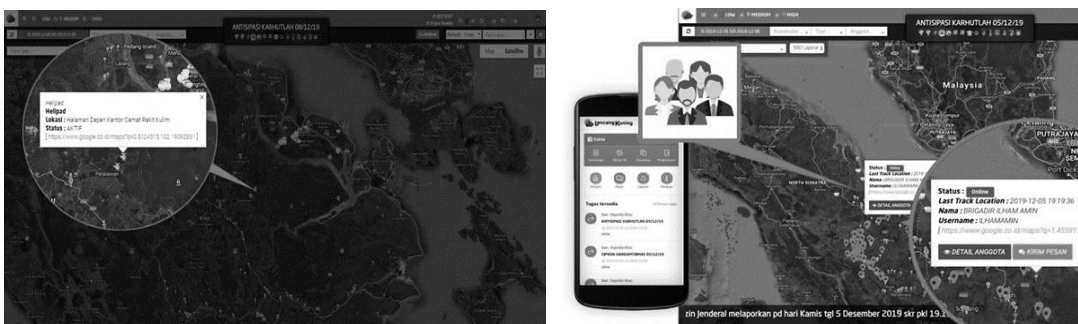
Gambar 6. Fitur-fitur aplikasi dashboard Lancang Kuning (a) Lokasi titik api (hotspot); (b) lokasi embung; (c) Lokasi sekat kanal; dan (d) Info kepemilikan lahan

Selain itu terdapat fitur-fitur lainnya seperti lokasi Polsek, Polres, dan Polda yang siap menerima laporan dari masyarakat terkait kebakaran hutan atau hal lainnya. Terdapat juga lokasi kantor atau pos siaga Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD). Lokasi helipad yang dapat digunakan untuk pendaratan anggota/petugas dalam upaya pemadaman api. Serta terdapat fitur yang menunjukkan titik lokasi anggota yang sedang bertugas secara real time. Sehingga kegiatan monitoring dalam upaya pencegahan karhutla dapat berjalan optimal. Tampilan fitur tersebut dapat dilihat pada gambar 7.



(a)

(b)



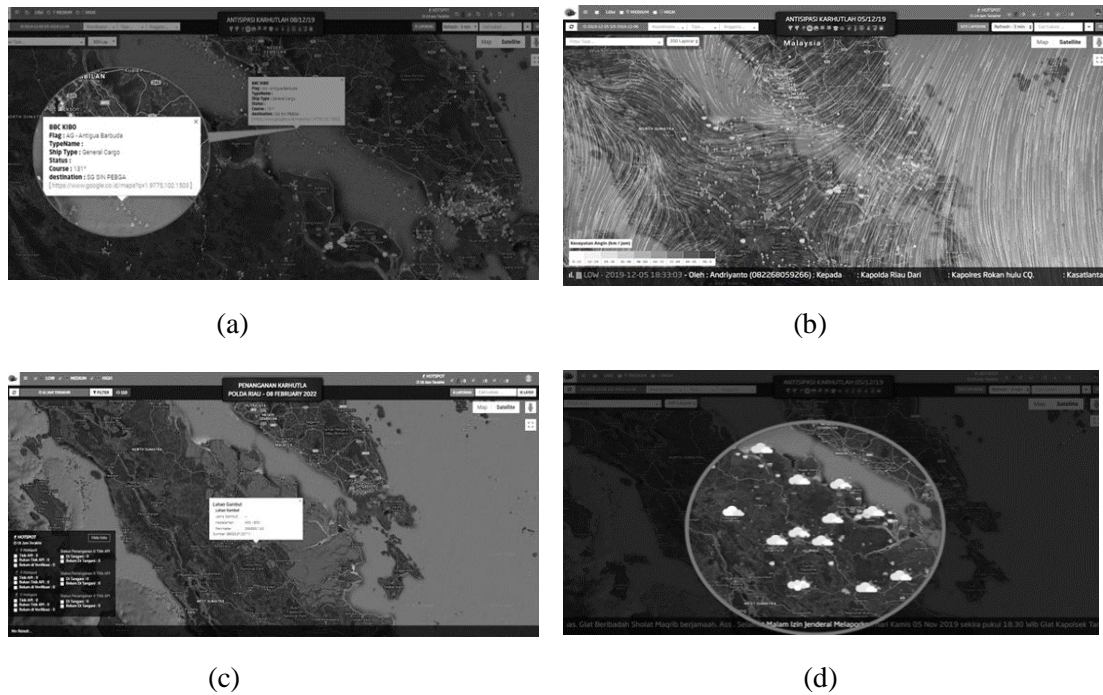
(c)

(d)

Gambar 7. Fitur-fitur aplikasi dashboard Lancang Kuning (a) Lokasi Kantor Polsek, Polres, dan Polda; (b) Lokasi kantor BPBD; (c) Lokasi helipad; (d) Lokasi anggota/petugas patroli pengamanan hutan

Kemudian aplikasi ini juga memiliki fitur manajemen laporan, manajemen tugas, dan manajemen keuangan. Fungsinya untuk mempermudah kinerja petugas dalam kegiatan pemantauan hutan dan lahan di Provinsi Riau. Ditambah lagi terdapat fitur pesan langsung

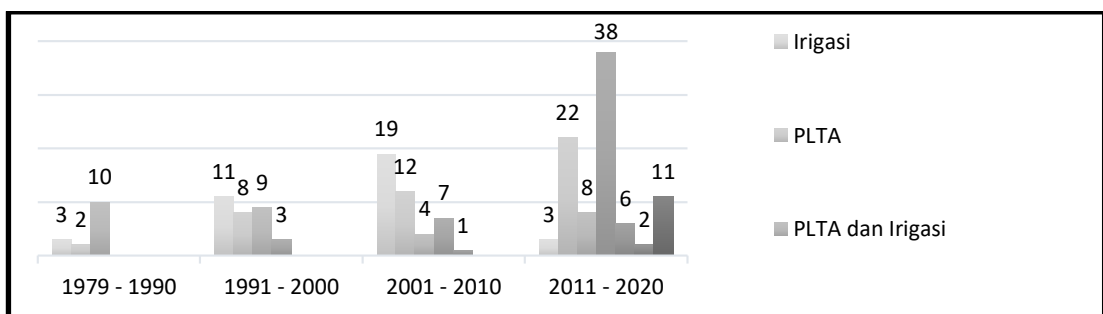
yang memungkinkan setiap anggota dapat berkomunikasi satu dengan yang lain. Aplikasi dashboard Lancang Kuning juga memiliki fitur tambahan seperti data pesawat yang melintas, arah angin, data lahan gambut, data lahan moratorium dan data prakiraan cuaca. Tampilan fitur tambahan tersebut dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Fitur-fitur tambahan yang tersedia di dashboard aplikasi Lancang Kuning (a) Data pesawat yang melintas; (b) Data arah angin; (c) Data lahan gambut; (d) Data prakiraan cuaca.

Pemanfaatan Teknologi dan Aplikasi Pencegahan Kebakaran Hutan dan Lahan di Provinsi Riau

Berdasarkan hasil wawancara dengan narasumber dari Badan Riset Inovasi Nasional, teknologi modifikasi cuaca (TMC) pada awalnya ditujukan sebagai salah satu bentuk dukungan pemerintah terhadap pengoptimalan sektor pertanian masyarakat Indonesia. Namun sejak tahun 1979 – 2020 TMC lebih banyak digunakan untuk kegiatan pemadaman kebakaran hutan. Menurut data BRIN, peningkatan kasus kebakaran hutan terjadi pada rentang waktu 2011 – 2020 sebanyak 38 kasus seperti yang terlihat pada gambar 9. Bisa dikatakan pemanfaatan TMC dalam Upaya penanganan kebakaran hutan dan lahan cukup efektif karena memiliki risiko kegiatan yang cenderung lebih kecil dibandingkan dengan pengerahan personel secara langsung ke titik api.

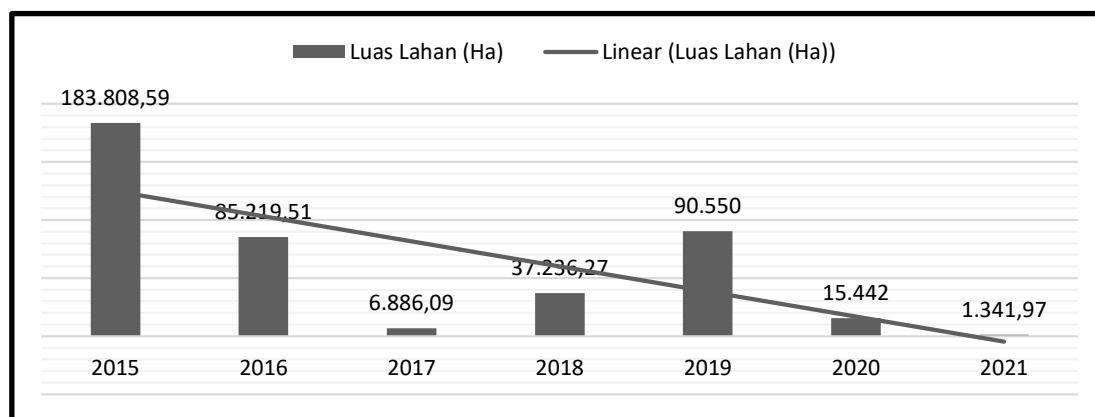


Gambar 9. Trend Permintaan TMC di Indonesia (BRIN, 2022)

Beberapa penelitian tentang peristiwa kebakaran hutan dan lahan di Indonesia juga telah banyak dilakukan dan memuji kinerja pemerintah Indonesia dalam penanganan bencana tersebut. Salah satunya yakni dari [Sloan et al. \(2021\)](#) yang menyatakan bahwa upaya pemerintah Indonesia setelah tahun 2015 untuk mencegah kebakaran hutan dan lahan dinilai cukup efektif dalam mengurangi kerusakan/degradasi hutan, kabut asap dan emisi karbon. Hal ini terlihat pada penurunan aktivitas kebakaran pada periode 2016-2019, rata-rata 23% lebih rendah dari prakiraan dan penurunan jumlah kebakaran sebesar 70% pada tahun 2019. Hasil evaluasi penerapan TMC pada rumah tangga pencegahan hutan dan kebakaran lahan di Provinsi Riau, khususnya peningkatan ketinggian air (TMA) di lahan gambut dan peningkatan curah hujan dari 32 menjadi 64% untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya hotspot.

Untuk pemantauan kondisi lahan gambut dapat menggunakan aplikasi SIPALAGA milik BRGM. Data tersebut didapatkan dari alat-alat yang telah diletakan di seluruh wilayah gambut yang rawan menjadi hotspot. Menurut data Balai Besar Teknologi Modifikasi Cuaca (BPPT), di provinsi Riau sudah terpasang sebanyak 24 alat AWS untuk pemantauan kondisi lahan gambut. Penerapan aplikasi ini juga didasarkan pada perkembangan teknologi *Artificial Intelligence* (AI) dalam memprediksi TMA lahan gambut dan potensi kemuculan hotspot yang terintegrasi dengan satelit.

Selain perlunya koordinasi antara peran pemerintah dan instansi/Lembaga terkait. Masyarakat juga dapat terlibat dalam upaya penanggulangan kebakaran hutan dan lahan salah satunya melalui aplikasi dashboard Lancang Kuning. Aplikasi tersebut tidak hanya bisa digunakan oleh institusi Polri saja, namun Masyarakat juga dapat mengakses aplikasi tersebut. Berdasarkan data dari [Polda Riau \(2022\)](#) sejak aplikasi ini dirilis pada tahun 2020 lalu, terjadi penurunan luasan lahan yang mengalami kebakaran di wilayah Provinsi Riau. Pada tahun 2019, terjadi peningkatan luasan lahan yang terbakar sekitar +143% dari tahun 2018. Tahun 2020 setelah dirilisnya aplikasi dashboard Lancang Kuning pada bulan Januari, data Polda Riau menunjukkan bahwa luas lahan yang terbakar mengalami penurunan kurang lebih -83%. Data terakhir yang dimiliki Polda Riau pada tahun 2021 luas lahan yang terbakar sudah mengalami penurunan lagi hingga kurang dari 1.400 Ha (-91%). Data luas lahan yang terbakar dapat dilihat pada gambar 10. Diprediksikan bahwa tahun 2022 akan tetap mengalami penurunan kasus kebakaran hutan dan lahan di Provinsi Riau.



Gambar 10. Luas Lahan yang Terbakar di Provinsi Riau (Polda Riau, 2022)

Aplikasi dashboard Lancang Kuning merupakan aplikasi yang sangat mendukung pengurangan risiko bencana (PRB) kebakaran hutan dan lahan. Aplikasi ini dapat diunduh oleh masyarakat secara gratis di semua layanan penginstal aplikasi. Melalui aplikasi tersebut

senantiasa memonitor dan siap siaga terhadap ancaman kebakaran hutan dan lahan di wilayah masing-masing. Seluruh instansi/stakeholder baik dari TNI, Polri, Kepala Desa dan masyarakat relawan kebakaran hutan dan lahan dapat memantau dan melaporkan secara langsung/realtime kejadian karhutla di wilayah masing-masing sehingga ancaman kebakaran hutan dan lahan dapat diantisipasi dan ditangani sedini mungkin. Berkat hal tersebut, kepercayaan masyarakat terhadap dashboard Lancang Kuning Nusantara mencapai di atas 87% (Polda Riau, 2022).

Keunggulan aplikasi ini dapat digunakan dalam setiap tahapan penanggulangan bencana kebakaran hutan dan lahan di Provinsi Riau. Pada tahap Prabencana, dashboard Lancang Kuning dapat mendeteksi secara realtime munculnya titik api yang terintegrasi langsung ke dalam sistem aplikasi. Kemudian pusat komando (*command center*) dashboard lancang kuning akan menginformasikan titik api tersebut kepada personil yang terdekat guna melakukan verifikasi data. Jika terkonfirmasi titik tersebut merupakan titik api, personel yang terdekat di lapangan akan bekerjasama dengan pihak desa/lurah dan instansi/stakeholder terkait langsung turun untuk memadamkan api dengan tujuan supaya api tidak menyebar ke lokasi/lahan lainnya. Kemudahan untuk komunikasi guna perbantuan personel baik tingkat kabupaten/kota dan tingkat provinsi ke wilayah karhutla yang sudah meluas dan sulit dipadamkan. Setelah bencana teratasi, *command center* dapat memantau langsung apakah titik api tersebut sudah benar-benar padam/belum padam secara keseluruhan. Kemudian segera dapat memerintahkan personel guna mengecek dan monitoring situasi di lokasi/lahan yang sebelumnya telah terbakar. Melalui aplikasi juga akan ada pemberian anggaran kebakaran hutan dan lahan secara transparan terhadap personel yang sudah bertugas dengan baik dan maksimal di lapangan sebagai bentuk apresiasi.

Penerapan teknologi dalam upaya pemadaman kebakaran hutan dan lahan di Provinsi Riau sudah optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan yang signifikan dalam kejadian kebakaran hutan dan lahan dan diperkirakan akan terus menurun. Banyak pihak yang berpartisipasi, tidak hanya pemerintah tetapi juga masyarakat dan akademisi dalam upaya pengembangan teknologi di bidang mitigasi bencana. Penggunaan sistem AI dalam upaya pemadaman kebakaran hutan dan lahan masih dalam tahap awal pengembangan. Oleh karena itu, peran peneliti dan akademisi sangat diperlukan untuk melindungi seluruh wilayah Indonesia dari ancaman bencana, khususnya kebakaran hutan dan lahan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kegiatan tersebut maka dalam artikel ini dapat kami simpulkan bahwa bencana kebakaran hutan dan lahan (karhutla) yang kerap terjadi di Indonesia, terutama di wilayah lahan gambut, memerlukan penanganan yang lebih berorientasi pada nilai preventif atau mencegah. Perkembangan ilmu pengetahuan membuka peluang untuk pengembangan mitigasi bencana kebakaran hutan dan lahan di Provinsi Riau. Inovasi dan teknologi dalam kerangka besar manajemen bencana karhutla, bisa saling mendukung dan melengkapi demi mencapai mitigasi yang lebih baik dan mendukung keamanan nasional. Penerapan teknologi dalam upaya penanganan dan pengurangan risiko bencana karhutla sudah cukup baik dan sangat efektif. SIPALAGA dan Dashboard Lancang Kuning merupakan teknologi yang sangat luar biasa dalam upaya pencegahan kebakaran hutan dan lahan di Provinsi Riau. Hal ini terbukti dengan berkurangnya kasus kebakaran hutan dan lahan di Provinsi Riau. Sementara teknologi modifikasi cuaca sangat berperan dalam upaya tanggap darurat dan pemadaman api

secara cepat dengan mengedepankan kolaborasi antara berbagai stakeholder (BPBD, TNI, POLRI, Peneliti/Akademisi, Masyarakat) dalam mengatasi bencana karhutla di Provinsi Riau.

Selain penerapan teknologi yang tepat guna, sinergi regulasi dan penegakkan hukum juga diperlukan agar kegiatan mitigasi bencana karhutla dapat memberikan hasil yang lebih optimal. Serta lebih memperdalam/mengeratkan lagi hubungan dan koordinasi antara berbagai stakeholder dalam upaya pencegahan dan pengurangan risiko bencana kebakaran hutan dan lahan di Provinsi Riau.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Pertahanan RI atas terselenggaranya kegiatan Kuliah Kerja Dalam Negeri di Provinsi Riau tahun 2022. Terima kasih kami sampaikan juga kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional, Pangkalan Udara Roesmin Nurjadin, serta Polda Riau yang diwakilkan oleh Kepala Biro Operasional atas kesediaannya menjadi narasumber kami. Melalui artikel ini, kami berharap dapat dijadikan sebagai acuan referensi atau dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya terutama dalam upaya pencegahan bencana karhutla di masa yang akan datang.

DAFTAR PUSTAKA

- 1) Amri, Mohd. R., Yulianti, G., Yunus, R., Wiguna, S., Adi, A. W., Ichwana, A. N., Randongkir, R. E., & Septian, R. T. (2016). *Risiko Bencana Indonesia* (R. Jati, Ed.). Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- 2) BNPB. (2020). *DASAR PENANGGULANGAN BENCANA DAN PENGURANGAN RISIKO BENCANA* (8th ed.). Badan Nasional Penanggulangan Bencana.
- 3) Gemino, I., Herunadi, B., Conbul, D., Parwati, C. R., Prasetio, A. B., Fermila, Y., Abdillah, T., Rahallus, S., Saputri, N. N., Sapari, Ayuningtyas, D., Rahman, M. F., & Larasati, A. M. (2018). *POTRET KEBERHASILAN PROGRAM PRIORITAS TAHUN 2015-2018*. Biro Perencanaan Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman Republik Indonesia.
- 4) Hardani, Auliya, N. H., Andriani, H., Fardani, R. A., Ustiawaty, J., Utami, E. F., Sukmana, D. J., & Istiqomah, R. R. (2020). *Metode Penelitian Kualitatif & Kuantitatif*. CV. Pustaka Ilmu.
- 5) Kusumastuti, A., & Khoiron, A. M. (2019). *Metode Penelitian Kualitatif.pdf*. Lembaga Pendidikan Sukarno Pressindo.
- 6) Miittinen, J., Hooijer, A., Vernimmen, R., Liew, S. C., & Page, S. E. (2017). From carbon sink to carbon source: Extensive peat oxidation in insular Southeast Asia since 1990. *Environmental Research Letters*, *12*(2), 024014. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5b6f>
- 7) Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldana, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook*. SAGE Publication.
- 8) Napitupulu, A., Erawan, A., Mochamad, A., Chairuddin, B., Setiawan, B., Fatimah, D., Afriyanie, D., Paripurno, E. T., Surtiari, G. A. K., Nisrina, I., Puteri, S. M., Jannah, N. M., Perdinan, Siregar, R., Yunus, R., Sofyan, Sumino, & Sugiarto, Y. (2017). *Konvergensi Adaptasi Perubahan Iklim dan Pengurangan Risiko Bencana (API-PRB)*. Direktorat Adaptasi Perubahan Iklim, Direktorat Jenderal Pengendalian Perubahan Iklim, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

- 9) Polda Riau (2022). *Efektivitas Aplikasi Dashboard Lancang Kuning Nusantara Dan Penggunaan Alpalhankam Polri Dalam Penanganan Karhutla Guna Mewujudkan Keamanan Nasional*. Kuliah Kerja Dalam Negeri Program Studi Manajemen Bencana Universitas Pertahanan Republik Indonesia (UNHAN RI), Jakarta.
- 10) Pribadi, K. S. (2020). *Mitigasi Bencana Berbasis Teknologi*. WEBINAR NASIONAL 2020 “Perspektif Problematik Manajemen Bencana di Indonesia,” Pusat Studi Bencana Universitas Sebelas Maret (UNS) Surakarta.
- 11) Purnama, S. G. (2017). *Modul Manajemen Bencana*. Universitas Udayana Press. Susanto, E. H. (2017). Media Sosial Sebagai Pendukung Jaringan Komunikasi Politik. *Jurnal ASPIKOM*, 3(3), 379-398. Rachmawati, N. (2019). PENGOPERASIAN AWS (AUTOMATIC WEATHER STATION) DI KEBUN PERCOBAAN PACET. *Info Agroklimat Dan Hidrologi*, 14(2), 1–4.
- 12) Rachmawati, N. (2019). PENGOPERASIAN AWS (AUTOMATIC WEATHER STATION) DI KEBUN PERCOBAAN PACET. *Info Agroklimat Dan Hidrologi*, 14(2), 1–4.
- 13) Rahim, S., & Baderan, D. W. K. (2017). *Hutan Mangrove dan Pemanfaatannya*. Deepublish.
- 14) Rahma, A. (2018). Implementasi Program Pengurangan Risiko Bencana (PRB) Melalui Pendidikan Formal. *Jurnal VARIDIKA*, 30(1), 1–11. <https://doi.org/10.23917/varidika.v30i1.6537>
- 15) Restuccia, F., Huang, X., & Rein, G. (2017). Self-ignition of natural fuels: Can wildfires of carbon-rich soil start by self-heating? *Fire Safety Journal*, 91, 828–834. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.03.052>
- 16) Saharjo, B. H., Syaufina, L., Nurhayati, A. D., Putra, E. I., Waldi, R. D., & Wardana. (2018). *Pengendalian Kebakaran Hutan dan Lahan di Wilayah Komunitas Terdampak Asap*. IPB Press.
- 17) Saragih, J. M., & Hariyadi. (2016). Pengelolaan Lahan Gambut di Perkebunan Kelapa Sawit di Riau. *Buletin Agrohorti*, 4(3), 312–320.
- 18) Sitorus, E., Mahendra, D., & Batu, A. M. R. L. (2019). *BUKU MATERI PEMBELAJARAN MANAJEMEN GAWAT DARURAT DAN BENCANA*. UKI Press.
- 19) Sloan, S., Tacconi, L., & Cattau, M. E. (2021). Fire Prevention in Managed Landscape: Recent success and challenges in Indonesia. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 26(32). <https://doi.org/10.1007/s11027-021-09965-2>
- 20) Stracher, G. B., Prakash, A., & Rein, G. (Eds.). (2015). *Coal and Peat Fires: A Global Perspective*. Elsevier. https://www.researchgate.net/publication/303431043_Coal_and_Peat_Fires_A_Global_Perspective
- 21) Sutikno, S., Amalia, I. R., Sandhyavitri, A., Syahza, A., Widodo, H., & Seto, T. H. (2020). *Application of weather modification technology for peatlands fires mitigation in Riau, Indonesia*. 030007. <https://doi.org/10.1063/5.0002137>
- 22) Syahza, A. (2021). *Metodologi Penelitian (Edisi Revisi)*. UNRI Press.
- 23) Syaufina, L., Saharjo, B. H., Nurhayati, A. D., Putra, E. I., Waldi, R. D., & Wardana. (2018). *Mari Belajar Kebakaran Hutan dan Lahan (Cetakan 1)*. IPB Press.
- 24) Tukiyat, T., Sakya, A. E., Widodo, F. H., & Fadhillah, C. (2022). Contribution of Weather Modification Technology for Forest and Peatland Fire Mitigation in Riau Province. *International Journal of Disaster Management*, 5(1), 70–77. <https://doi.org/10.24815/ijdm.v5i1.25372>.

-
- 25) Wibowo, K. A. (2019). Manajemen Penanganan Kebakaran Hutan dan Lahan (Karhutla) Guna Peningkatan Ekonomi Kerakyatan. *Jurnal Studi Sosial dan Politik*, 3(1), 69–83. <https://doi.org/10.19109/jssp.v3i1.4072>
- 26) Widana, I. D. K. K. (2019). *BAHAN AJAR PENGURANGAN RESIKO BENCANA PROGRAM STUDI MANAJEMEN BENCANA*. CV. Makmur Cahaya Ilmu.
- 27) Yuliana, R., Erfiyanti, F., & Nurshaliha, P. (2022). Manfaat dan Fungsi Lahan Gambut Bagi Kehidupan Masyarakat. *Prosiding Seminar Nasional 2: Quo Vadis Restorasi Gambut Di Indonesia*, 2(1), 152–156.
- 28) Yulianto, S., Apriyadi, R. K., Aprilyanto, A., Winugroho, T., Ponangsera, I. S., & Wilopo, W. (2021). Histori Bencana dan Penanggulangannya di Indonesia Ditinjau Dari Perspektif Keamanan Nasional. *PENDIPA Journal of Science Education*, 5(2), 180–187. <https://doi.org/10.33369/pendipa.5.2.180-187>