

AN ANALYSIS OF FOREST AND LAND FIRE EXTINGUISHING IN INDONESIA INFLUENCED BY THE EL NINO PHENOMENON USING THE WATER BOMBING METHOD

ANALISA PEMADAMAN KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN DI INDONESIA YANG DIPENGARUHI OLEH FENOMENA EL NINO DENGAN METODE *WATER BOMBING*

Danar Ariangga Windra Gautama¹, Petrisly Perkasa², Tuah³

¹⁾²⁾ Program Studi Pendidikan Teknik Bangunan, FKIP, Universitas Palangka Raya
Jl. H.Timang Tunjung Nyaho Palangkaraya Kode Pos 73112

Email: danar.ariangga@fkip.upr.ac.id

ABSTRACT

Physical properties of soil are one of the fundamental elements that are important in the civil engineering world, knowing the values of the physical properties of the soil of an area will facilitate all forms of civil work later. The Bukit Tangkiling area is on the highland areas in Palangka Raya. The area is one of the natural tourism destinations for the general public, with the development of infrastructure, facilities, and infrastructure supporting tourist attractions being the main focus to make tourism visitors more comfortable. Testing the physical properties of soil originating from the Bukit Tangkiling Area is the core of this research with laboratory-based testing to find the basic value of soil physical properties from the Bukit Tangkiling Area. Tests carried out in the laboratory are Atterberg Limits and Testing the Particle Size of Soil Distribution.

Key words: *Physical properties of soil, The Bukit Tangkiling, Atterberg Limits, Particle Size of Soil Distribution.*

ABSTRAK

Tujuan pengabdian masyarakat ini untuk memberikan wawasan pengetahuan dan ketrampilan tentang Sifat fisik tanah merupakan salah satu unsur dasar yang penting dalam pekerjaan teknik sipil, dengan mengetahui nilai-nilai sifat fisik tanah dari suatu kawasan akan mempermudah segala bentuk pekerjaan sipil nantinya. Kawasan Bukit Tangkiling merupakan salah satu kawasan dataran tinggi yang berada di Kota Palangka Raya. Kawasan tersebut merupakan salah satu tujuan destinasi pariwisata alam bagi masyarakat umum, dengan pembangunan infrastruktur, sarana dan prasarana penunjang tempat wisata menjadi fokus utama untuk membuat pengunjung pariwisata menjadi lebih nyaman. Pengujian sifat fisik tanah yang berasal dari Kawasan Bukit Tangkiling merupakan inti penelitian kali ini dengan pengujian berbasis laboratorium untuk mencari nilai dasar sifat fisik tanah dari Kawasan Bukit Tangkiling. Pengujian yang dilakukan di laboratorium adalah pengujian batas *atterberg* dan pengujian ukuran partikel distribusi tanah.

Kata Kunci : *Sifat fisik tanah, Bukit Tangkiling, Batas Atterberg, Ukuran Partikel Distribusi Tanah*

PENDAHULUAN

Kebakaran lahan dan hutan gambut di Indonesia merupakan salah satu masalah lingkungan yang sering terjadi, terutama pada musim kemarau. Kebakaran ini tidak hanya merusak ekosistem dan biodiversitas, tetapi juga menimbulkan dampak negatif bagi kesehatan, ekonomi, dan politik. Kerugian ekonomi. Kebakaran lahan gambut menyebabkan kerusakan dan hilangnya sumber daya alam, seperti kayu, tanaman, dan hewan. Selain itu, kebakaran lahan gambut juga mengganggu aktivitas produksi, perdagangan, dan transportasi, baik di sektor pertanian, perkebunan, industri, maupun pariwisata. Menurut Bank Dunia, total kerugian ekonomi akibat kebakaran lahan gambut di Indonesia pada tahun 2019 mencapai US\$5,2 miliar atau setara Rp72,95 triliun (Arumingtyas, 2019). Angka ini setara dengan 0,5% dari

Produk Domestik Bruto Indonesia. Sebagai contoh, di Provinsi Jambi, kebakaran lahan gambut yang terjadi pada tahun 2014 menimbulkan kerugian materi sekitar Rp 50 triliun (Saragih, 2015).

Salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya kebakaran lahan dan hutan gambut adalah fenomena El Nino, yaitu pemanasan suhu permukaan laut di Samudra Pasifik yang menyebabkan berkurangnya curah hujan di Indonesia (Wibawana, 2023). El Nino juga dapat meningkatkan suhu udara dan kekeringan, sehingga memicu penyebaran api yang lebih cepat dan luas (Beat, 2023).

Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengatasi kebakaran lahan dan hutan gambut adalah dengan menggunakan metode *water bombing*, yaitu penyemprotan air dari udara menggunakan pesawat atau

helikopter. Metode ini dianggap efektif untuk memadamkan api di daerah yang sulit dijangkau oleh pemadam darat, seperti lahan gambut yang memiliki lapisan tebal dan mudah terbakar (Mukhaer, 2023). Selain itu, metode ini juga dapat mengurangi asap dan polusi udara yang dihasilkan oleh kebakaran, yang dapat berdampak buruk bagi kesehatan manusia dan hewan. Beberapa penyakit yang dapat ditimbulkan oleh asap kebakaran antara lain infeksi saluran pernapasan, iritasi mata, asma, bronkitis, dan pneumonia (Wibawana, 2023). Namun, metode *water bombing* juga memiliki beberapa kelemahan dan tantangan, seperti biaya operasional yang tinggi, ketersediaan sumber air yang terbatas, koordinasi antara berbagai pihak yang terlibat, dan potensi kerusakan lingkungan akibat penggunaan bahan kimia atau zat tambahan dalam air (Mongabay, 2021). Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengkaji efektivitas, efisiensi, dan dampak dari metode *water bombing* dalam mengatasi kebakaran lahan dan hutan gambut di Indonesia, khususnya yang dipicu oleh fenomena El Nino. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi dan solusi yang tepat untuk mengurangi risiko dan dampak negatif dari kebakaran lahan dan hutan gambut, serta meningkatkan kesejahteraan dan keberlanjutan lingkungan.

Berdasarkan uraian latar belakang yang dituangkan pada pendahuluan di atas, maka dapat dikemukakan rumusan masalah penelitian sebagai berikut: (1) Apakah pemadaman kebakaran lahan dan hutan gambut dengan metode *water bombing* efektif untuk memadamkan kebakaran?, (2) Pada kategori kebakaran lahan dan hutan gambut seperti apa metode *water bombing* sebaiknya digunakan?. Tujuan penelitian ini yang ingin dicapai adalah (1) Mengidentifikasi keefektifan metode *water bombing* untuk memadamkan kebakaran lahan dan hutan gambut, (2) Mengidentifikasi kategori tingkat kebakaran lahan dan hutan gambut yang cocok dengan penggunaan metode *water bombing*.

Diharapkan dengan penulisan/penelitian ini akan bermanfaat bagi pihak-pihak yang terkait seperti pemerintah, pemangku kepentingan, dan masyarakat luas, adapun tujuan yang ingin dicapai yaitu (1) menjadi referensi untuk menambah pengetahuan dan wawasan mengenai metode *water bombing* untuk pemadaman kebakaran lahan dan hutan gambut, (2) menjadi salah satu rujukan literatur untuk pemadaman kebakaran lahan dan hutan gambut, (3) menjadi salah satu referensi bagi masyarakat dalam memperluas pengetahuan mengenai bahaya kebakaran lahan dan hutan gambut bagi makhluk hidup dan cara untuk mengatasi kebakaran lahan dan hutan gambut.

METODE PENELITIAN

Metode penulisan artikel ini menggunakan metode data sekunder yang bersumber dari website, artikel, jurnal ilmiah, statistik pemerintah dan berita tentang kebakaran

lahan gambut, metode *water bombing* dan fenomena El Nino. Diharapkan dengan menggunakan data sekunder akan dihasilkan suatu karya tulis yang dapat dijadikan acuan mengenai metode pemadaman kebakaran di tanah gambut dengan metode *water bombing*.

1. Tanah Gambut Indonesia

Tanah gambut Indonesia adalah salah satu ekosistem yang unik dan penting bagi keanekaragaman hayati, iklim, dan kesejahteraan masyarakat. Tanah gambut Indonesia memiliki kandungan bahan organik dan kadar air yang sangat tinggi, serta serat-serat organik yang berwarna coklat sampai hitam. Tanah gambut Indonesia juga memiliki sifat seperti spons yang dapat menyerap dan menahan air, sehingga harus selalu basah agar tidak mudah terbakar. Gambut tropika Indonesia adalah lahan yang terbentuk dari timbunan bahan organik yang tidak terdekomposisi sempurna karena kondisi anaerobik atau kekurangan oksigen. Gambut tropika Indonesia memiliki luas sekitar 13,9 juta hektar, yang merupakan lahan gambut terbesar kedua di dunia setelah Brazil (Weatlands, 2022).

Gambut tropika Indonesia memiliki peran penting dalam mitigasi perubahan iklim, karena menyimpan karbon dalam jumlah besar, sekitar 57,4 gigaton, yang setara dengan 20 persen dari total karbon yang tersimpan di seluruh lahan gambut dunia (Gambut, 2022). Namun, gambut tropika Indonesia juga menghadapi berbagai ancaman, seperti pembukaan lahan untuk pertanian, perkebunan, dan pertambangan, yang menyebabkan drainase, degradasi, dan kebakaran lahan gambut. Kebakaran lahan gambut tidak hanya merusak ekosistem dan keanekaragaman hayati, tetapi juga mengeluarkan emisi gas rumah kaca yang sangat besar, yang dapat memperburuk pemanasan global. Selain itu, kebakaran lahan gambut juga berdampak negatif bagi kesehatan dan kesejahteraan masyarakat, karena menghasilkan asap dan polusi udara yang berbahaya (Biologi, 2018) (Pranita, 2020).

Oleh karena itu, upaya perlindungan dan restorasi lahan gambut di Indonesia sangat diperlukan, baik oleh pemerintah, swasta, maupun masyarakat. Beberapa langkah yang telah dilakukan antara lain adalah moratorium izin baru di lahan gambut, pembentukan Badan Restorasi Gambut, pembangunan bendungan dan penyekatan kanal, penanaman pohon, pemberdayaan masyarakat, dan pengembangan teknologi informasi dan komunikasi. Selain itu, kearifan lokal masyarakat yang tinggal di sekitar lahan gambut juga dapat dimanfaatkan sebagai sumber pengetahuan dan pengalaman dalam pengelolaan lahan gambut yang berkelanjutan (Biologi, 2018).



Gambar 1 Peta gambut Indonesia (PPN/Bappenas, 2019)

2. Analisa Dampak Lingkungan Kebakaran Lahan Gambut

Penyebab kebakaran lahan dan hutan gambut dapat dibagi menjadi dua, yaitu faktor alam dan faktor manusia. Faktor alam meliputi kondisi iklim, seperti fenomena El Nino yang menyebabkan kekeringan dan suhu tinggi, serta petir yang dapat menyulut api. Faktor manusia meliputi aktivitas pembukaan lahan, perambahan hutan, pembakaran sampah, rokok, dan korek api, serta konflik sosial dan ekonomi (Anhar, Mardiana, & Sita, 2022). Menurut penelitian, faktor manusia lebih dominan dalam menyebabkan kebakaran lahan dan hutan gambut, yaitu sekitar 99 persen (Anhar, Mardiana, & Sita, 2022).

Kebakaran lahan dan hutan gambut adalah salah satu masalah lingkungan yang serius di Indonesia. Kebakaran ini tidak hanya merusak ekosistem lokal, tetapi juga berdampak pada iklim global. Kebakaran deforestasi di Indonesia menyumbang 7% dari total emisi gas rumah kaca (GRK) global pada tahun 2019 dan 2020. Dari jumlah tersebut, kebakaran di lahan gambut berkontribusi antara 40% dan 60% dari dampak emisi GRK. Oleh karena itu, para peneliti mendesak kebijakan perlindungan hutan dan lahan gambut yang lebih baik (Priyambodo, Kebakaran Deforestasi Indonesia Sumbang 7% Emisi Gas Rumah Kaca Dunia, 2022).

Lahan gambut merupakan penyerap karbon terestrial terbesar yang menyimpan setidaknya dua kali lebih banyak karbon daripada jenis vegetasi lainnya. Ketika lahan gambut terbakar, CO₂ yang tersimpan terlepas ke atmosfer, bersama dengan gas-gas rumah kaca lainnya seperti karbon monoksida (CO) dan metana (CH₄). Hal ini menyebabkan pemanasan global yang dapat mengancam kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya (Rahmayanti, 2007).

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) menyatakan bahwa 83,4% ekosistem gambut di Indonesia rusak dan perlu dipulihkan. Apabila pengeringan gambut dilanjutkan dengan pembersihan lahan menggunakan api, emisi yang dikeluarkan dari proses pembakaran gambut akan jauh lebih besar lagi dan dapat menyebabkan percepatan pemanasan global (Gambut, 2022). Dampak kebakaran hutan dan lahan gambut terhadap manusia dan lingkungan meliputi kerusakan habitat, hilangnya keanekaragaman hayati, penurunan kualitas udara, peningkatan risiko kesehatan, kerugian ekonomi, dan konflik sosial. Untuk mengatasi dampak ini, diperlukan upaya bersama dari pemerintah, masyarakat, dan pemangku kepentingan lainnya (Anhar, Mardiana, & Sita, 2022).

Kebakaran lahan dan hutan gambut di Indonesia dalam 10 tahun terakhir dapat dilihat dari tabel berikut ini:

Tabel 1 Data kebakaran lahan dan hutan gambut dalam 10 tahun terakhir (SISKLHK, 2023)

Tahun	Luas Lahan Gambut Terbakar (ha)	Luas Lahan Non-Gambut Terbakar (ha)	Total Luas Lahan Terbakar (ha)
2012	1.000.000	1.000.000	2.000.000
2013	500.000	500.000	1.000.000

2014	1.500.000	1.500.000	3.000.000
2015	2.600.000	2.600.000	5.200.000
2016	200.000	178.000	378.000
2017	20.000	165.000	185.000
2018	529.000	1.600.000	2.129.000
2019	296.000	354.000	650.000
2020	165.000	438.000	603.000
2021	354.000	642.000	996.000

Penyebab kebakaran lahan dan hutan gambut dapat dibagi menjadi dua, yaitu faktor alam dan faktor manusia. Faktor alam meliputi kondisi iklim, seperti fenomena El Nino yang menyebabkan kekeringan dan suhu tinggi, serta petir yang dapat menyulut api. Faktor manusia meliputi aktivitas pembukaan lahan, perambahan hutan, pembakaran sampah, rokok, dan korek api, serta konflik sosial dan ekonomi (Anhar, Mardiana, & Sita, 2022).

Kebakaran lahan gambut memiliki karakteristik yang berbeda dengan kebakaran lahan biasa. Kebakaran lahan gambut tidak hanya terjadi di permukaan, tetapi juga di dalam tanah. Ini disebabkan oleh adanya bahan bakar berupa sisa tumbuhan yang menumpuk hingga kedalaman beberapa meter di bawah permukaan tanah. Api yang terbakar di dalam tanah dapat menjalar secara horizontal dan vertikal, sehingga sulit dideteksi dan dipadamkan.

Kebakaran lahan gambut juga dapat berlangsung selama sehari-hari, bahkan berbulan-bulan, karena api terus menyala di dalam tanah meskipun permukaannya sudah padam. Kebakaran lahan gambut menghasilkan asap yang tebal dan beracun, yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan bagi manusia dan hewan, serta mengganggu transportasi udara.

Kebakaran lahan dan hutan gambut tidak hanya merugikan bagi alam, namun juga bagi makhluk hidup termasuk manusia didalamnya. Dampak kebakaran lahan dan hutan gambut bagi manusia sangat beragam, mulai dari dampak kesehatan, lingkungan, sosial, ekonomi, hingga politik. Dampak kesehatan meliputi gangguan saluran pernapasan, mata, kulit, dan jantung akibat menghirup asap yang mengandung partikel halus dan berbagai senyawa kimia berbahaya (Akbar, Faidil, Adriani, & Saefudin, 2016). Dampak lingkungan meliputi kerusakan ekosistem dan biodiversitas, hilangnya fungsi lahan gambut sebagai penyerap karbon dan penyimpan air, serta peningkatan emisi gas rumah kaca yang berkontribusi terhadap perubahan iklim. Dampak sosial meliputi konflik antara masyarakat, pemerintah, dan perusahaan terkait hak atas lahan, tanggung jawab, dan kompensasi. Dampak ekonomi meliputi kerugian akibat hilangnya hasil pertanian, perkebunan, dan kehutanan, serta biaya penanggulangan dan pemulihan kebakaran. Dampak politik meliputi tekanan dari negara-negara tetangga dan komunitas internasional terkait penanganan kebakaran dan pengurangan emisi.



Gambar 2 Proses pemadaman sisa kebakaran lahan dan hutan gambut (Pristiandaru, 2023)

3. Sifat Karakteristik Tanah Gambut

Tanah gambut adalah tanah organik yang terbentuk dari akumulasi sisa-sisa tumbuhan yang tidak terurai sempurna di lingkungan yang basah, asam, dan anaerob. Tanah gambut memiliki kandungan karbon yang tinggi,

kadar air yang rendah, dan angka pori yang besar (Riadi, 2021). Tanah gambut juga memiliki peran penting dalam siklus karbon, hidrologi, dan keanekaragaman hayati. Berikut ini tabel dari karakteristik tanah gambut ditinjau dari sifat fisik, kimia dan biologinya:

Tabel 2 Karakteristik tanah gambut (Riadi, 2021) (Ratmini, 2012)

Karakteristik	Fisik	Kimia	Biologi
Warna	Coklat, hitam, atau abu-abu, tergantung pada tingkat dekomposisi bahan organik	-	-
Tekstur	Halus, lembut, dan berlendir, tergantung pada kandungan air dan bahan organik	-	-
Struktur	Tidak beragregat, tidak berbutir, dan tidak berpori	-	-
Berat Isi	Rendah, berkisar antara 0,1-0,5 g/cm ³ , tergantung pada kandungan air dan bahan organik	-	-
Daya Menahan Beban	Rendah, berkisar antara 0,01-0,1 kg/cm ² , tergantung pada kandungan air dan bahan organik	-	-
Subsiden	Tinggi, berkisar antara 0,5-5 cm/tahun, tergantung pada tingkat degradasi lahan gambut	-	-
Mengering Tidak Balik	Tinggi, artinya tanah gambut yang mengering akan sulit menyerap air kembali	-	-
pH	-	Asam, berkisar antara 3-5, tergantung pada jenis bahan organik dan kation tukar	-
Kation Tukar	-	Rendah, berkisar antara 10-30 me/100 g, tergantung pada jenis bahan organik dan pH	-
Kapasitas Tukar Kation	-	Rendah, berkisar antara 20-50 me/100 g, tergantung pada jenis bahan organik dan pH	-
Kandungan Hara	-	Rendah, terutama untuk nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, dan magnesium, tergantung pada jenis bahan organik dan pH	-
Kandungan Logam Berat	-	Rendah, terutama untuk besi, mangan, tembaga, seng, dan kobalt, tergantung	-

	pada jenis bahan organik dan pH		
Komposisi Bahan Organik	-	-	Bervariasi, tergantung pada jenis tumbuhan asal, tingkat dekomposisi, dan humifikasi
Aktivitas Mikroba	-	-	Rendah, terutama untuk bakteri dan fungi, tergantung pada kandungan oksigen, pH, dan hara
Keanekaragaman Hayati	-	-	Tinggi, terutama untuk tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme yang beradaptasi dengan lingkungan gambut

4. Fenomena El Niño di Samudra Pasifik

El Nino adalah fenomena iklim yang terjadi akibat pemanasan suhu permukaan laut di Samudera Pasifik bagian tengah dan timur. El Nino dapat mempengaruhi pola cuaca di berbagai belahan dunia, termasuk di Indonesia. El Nino di Indonesia biasanya menyebabkan penurunan curah hujan, yang dapat berdampak pada kekeringan, gagal panen, kekurangan air bersih, dan kebakaran hutan dan lahan (Jo, 2023) (Oktavania, 2023) (Andriansyah, 2023). Hal ini disebabkan karena El Nino menggerakkan massa udara lembab dari Indonesia ke arah timur, sehingga mengurangi potensi pembentukan awan hujan di wilayah Indonesia (Wibawana, 2023). El Nino di Indonesia terjadi secara siklus, yaitu setiap empat tahun sekali, dengan puncaknya pada bulan Agustus hingga September (Andriansyah, 2023).

El Nino di Indonesia juga dipengaruhi oleh fenomena Madden-Julian Oscillation (MJO), yaitu gelombang atmosfer yang bergerak dari barat ke timur di sepanjang khatulistiwa, yang dapat memperkuat atau melemahkan

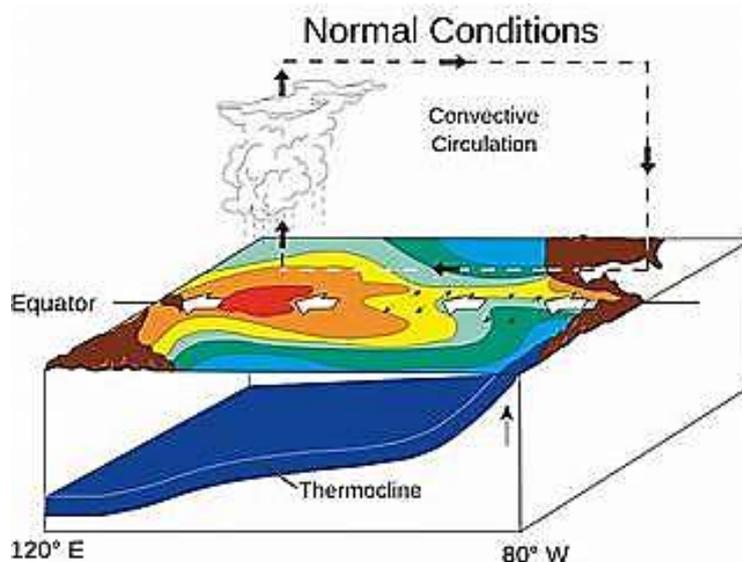
El Nino (Wibawana, 2023). El Nino di Indonesia dapat menyebabkan anomali cuaca, yaitu perubahan cuaca yang tidak sesuai dengan musimnya. Misalnya, daerah yang biasanya basah dapat mengalami kekeringan, sedangkan daerah yang biasanya kering dapat mengalami banjir atau badai hebat (Oktavania, 2023).

El Nino juga dapat memicu fenomena cuaca ekstrem lainnya, seperti angin puting beliung, gelombang tinggi, dan hujan es (Wibawana, 2023). El Nino di Indonesia dapat diantisipasi dengan berbagai cara, seperti menghemat penggunaan air, mengoptimalkan irigasi, mengembangkan varietas tanaman yang tahan kekeringan, mencegah dan menanggulangi kebakaran hutan dan lahan, serta meningkatkan kewaspadaan terhadap bencana alam (Jo, 2023) (Oktavania, 2023). Selain itu, El Nino di Indonesia juga dapat dimonitor dengan menggunakan teknologi informasi dan komunikasi, seperti satelit, radar, dan model numerik (Wibawana, 2023).

Berikut ini ringkasan mengenai fenomena El Nino yang disajikan kedalam tabel:

Tabel 3 Pengaruh fenomena El Nino (Syaihu, 2023) (Teniwut, 2023)

Pengaruh El Nino	Dampak Positif	Dampak Negatif
Penurunan curah hujan	Mengurangi risiko banjir dan longsor di beberapa wilayah ¹	Menyebabkan kekeringan, kekurangan air bersih, gagal panen, dan kebakaran hutan dan lahan di beberapa wilayah ²³⁴
Peningkatan suhu udara	Meningkatkan potensi produksi tanaman yang tahan panas, seperti jagung, kedelai, dan kacang tanah ¹	Menyebabkan stres panas pada tanaman, hewan, dan manusia, serta meningkatkan risiko penyakit menular, seperti demam berdarah, malaria, dan diare ²³⁴
Perubahan pola angin	Meningkatkan potensi penangkapan ikan di perairan Indonesia, karena angin dapat membawa plankton dan ikan kecil ke permukaan ¹	Menyebabkan gangguan transportasi udara dan laut, serta meningkatkan risiko bencana alam, seperti angin puting beliung, gelombang tinggi, dan hujan es ²³⁴



Gambar 3 Alur terbentuknya El Nino di Samudera Pasifik (Titus, 2023)

5. Metode *Water bombing* untuk Kebakaran Lahan dan Hutan

Water bombing, juga dikenal sebagai pemadaman kebakaran udara, adalah penggunaan pesawat dan sumber daya udara lainnya untuk memerangi kebakaran hutan. Ide memadamkan kebakaran hutan dari udara berasal setidaknya sejak tahun 1929, ketika seorang pilot Jerman mengamati kobaran api di California dan menyarankan untuk menjatuhkan air dari pesawat. Namun, baru pada tahun 1950-an eksperimen pertama dengan *water bombing* dilakukan, menggunakan pesawat militer yang dimodifikasi seperti pembom dan pesawat angkut.

Salah satu pelopor *water bombing* adalah perusahaan Kanada Canadair, yang mengembangkan CL-215, pesawat pertama yang dirancang dari awal sebagai water bomber. CL-215 adalah pesawat amfibi bermesin ganda, sayap tinggi yang dapat mengambil air dari danau dan sungai dan menjatuhkannya pada api. Pesawat ini mulai beroperasi pada tahun 1969 dan banyak digunakan oleh Kanada dan negara-negara lain untuk pemadaman kebakaran udara. CL-215 kemudian ditingkatkan dan digantikan oleh CL-415, yang memiliki mesin turboprop yang lebih kuat dan kapasitas air yang lebih besar.

Water bombing adalah operasi yang kompleks dan menantang yang bergantung pada banyak faktor, seperti jenis pesawat, karakteristik penjatuhan, perilaku api, jenis bahan bakar, kondisi cuaca, keterampilan pilot, dan dukungan darat. *Water bombing* dapat efektif dalam mengurangi intensitas dan penyebaran api, melindungi struktur dan aset, dan mendukung kru darat. Namun, *water bombing* juga memiliki keterbatasan dan risiko, seperti biaya tinggi, ketersediaan terbatas, dampak lingkungan, dan bahaya keselamatan. Oleh karena itu, *water bombing* harus digunakan secara strategis dan bersamaan dengan metode pemadaman lainnya,

berdasarkan prinsip-prinsip ilmiah dan operasional yang kuat.

Metode *water bombing* digunakan sebagai salah satu cara untuk memadamkan api yang terjadi di lahan dan hutan gambut dengan menggunakan pesawat udara yang membawa tangki air dan menyemprotkannya ke area yang terbakar (Kusuma, Shodiq, Hazim, & Laksono, 2021). Metode ini dianggap efektif untuk mengatasi kebakaran lahan dan hutan gambut, terutama pada saat musim kemarau yang dipengaruhi oleh fenomena El Niño, yaitu kondisi anomali iklim yang menyebabkan penurunan curah hujan dan peningkatan suhu di berbagai wilayah (Juniady, Sandhyavitri, & Yusa, 2019). Metode ini memiliki beberapa keuntungan, seperti kecepatan, mobilitas, dan jangkauan yang luas. Selain itu, metode ini juga dapat mengurangi risiko bagi petugas pemadam yang berhadapan langsung dengan api.

Metode *water bombing* terbaru yang telah dikembangkan adalah dengan menggunakan pesawat fixed wings atau bersayap tetap, yang memiliki kapasitas tangki air yang lebih besar dan jangkauan yang lebih luas daripada helikopter. Pesawat fixed wings dapat membawa air sebanyak 15.000 liter dan terbang dengan kecepatan 300 km/jam, sehingga dapat memadamkan api dengan lebih cepat dan efisien (Henry, 2023). Selain itu, pesawat fixed wings juga dapat dilengkapi dengan teknologi informasi dan komunikasi, seperti kamera inframerah, GPS, dan radar, yang dapat membantu mendeteksi titik api dan mengarahkan penyemprotan air dengan lebih akurat (Harianto, 2023). Menurut Kepala Pusat Data, Informasi, dan Komunikasi Kebencanaan BNPB, Abdul Muhari, metode *water bombing* dengan pesawat fixed wings telah berhasil menurunkan luas lahan terbakar di Sumatera dan Kalimantan sebesar 66 persen dari tahun 2021 ke tahun 2022, yang menunjukkan adanya peningkatan kinerja *water bombing* dalam

memadamkan kebakaran lahan dan hutan gambut (Harianto, 2023).

Namun, metode ini juga memiliki beberapa kelemahan, seperti biaya operasional yang tinggi, ketersediaan air yang terbatas, dan potensi kerusakan tanah dan vegetasi akibat tekanan air yang tinggi (Henry, 2023). Selain itu, metode ini juga tidak dapat memadamkan api secara tuntas, karena api dapat menyala kembali jika ada sumber panas yang tersisa. Menurut Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) Letjen TNI Suharyanto, biaya operasional *water bombing* dengan pesawat fixed wings atau bersayap tetap adalah sekitar Rp 200 juta per jam, sedangkan dengan helikopter adalah sekitar Rp 250 juta per jam (Henry, 2023). Menurut Kepala Pusat Data, Informasi, dan Komunikasi Kebencanaan BNPB, Abdul Muhari, biaya

operasional *water bombing* dengan helikopter untuk memadamkan kebakaran Gunung Bromo pada tahun 2023 mencapai lebih dari Rp 1,5 miliar, yang lebih besar dari denda maksimal yang dibebankan pada pelaku pemicu kebakaran (Henry, 2023). Menurut data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), jumlah *water bombing* yang dilakukan untuk memadamkan kebakaran hutan dan lahan di Sumatera dan Kalimantan pada tahun 2021 adalah sebanyak 12 kali per hari dengan menggunakan 45 helikopter, sedangkan pada tahun 2022 adalah sebanyak 15 kali per hari dengan menggunakan 49 helikopter (Wahyuti & Yeny, 2021). Berikut ini perbandingan data mengenai kapasitas kerja *water bombing* dalam menangani kebakaran lahan dan hutan di Indonesia:

Tabel 4 Kinerja operasional metode water bombing di Indonesia (Pador, 2021)

Lokasi	Tahun	Jumlah Helikopter	Jumlah <i>Water bombing</i>	Luas Lahan Terbakar (ha)
Gunung Lawu	2023	55	25 per hari	2.000
KHDTK Sawala Mandapa	2023	2	10 per hari	11
Sumatera dan Kalimantan	2022	49	15 per hari	204.894
Sumatera dan Kalimantan	2021	45	12 per hari	358.867



Gambar 4 Pesawat DC-10 Tanker dalam proses pemadaman lahan (Airplane-Pictures.net, 2023)



Gambar 5 Proses water bombing menggunakan helikopter (Miller, 2016)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode *Water bombing* untuk Kebarakan Lahan dan Hutan Gambut Di Indonesia yang Dipengaruhi Fenomena El Nino

Metode *water bombing* adalah salah satu cara pemadaman kebakaran hutan dan lahan yang dilakukan dengan menyiramkan air dari pesawat atau helikopter ke titik api (Supriyanto, 2023). Metode ini biasanya digunakan untuk memadamkan api di medan yang sulit diakses dari darat². Namun, metode ini juga memiliki beberapa kelemahan, seperti biaya yang mahal, keterbatasan sumber air, dan pengaruh angin kencang (Ekawati, 2019).

Lahan dan hutan gambut merupakan salah satu jenis lahan yang rentan terbakar, terutama di musim kemarau. Lahan gambut memiliki karakteristik yang berbeda dengan lahan lain, yaitu memiliki kandungan bahan organik yang tinggi, porositas yang besar, dan kapasitas penyimpanan air yang rendah. Akibatnya, lahan gambut

mudah terbakar dan sulit dipadamkan, karena api dapat merambat di dalam tanah (Manan, 2015).

Fenomena el nino adalah fenomena pemanasan suhu permukaan laut di Samudera Pasifik bagian timur dan tengah yang lebih panas dari normalnya. Fenomena ini dapat mempengaruhi iklim dan cuaca di berbagai wilayah, termasuk di Indonesia. Salah satu dampak el nino adalah berkurangnya curah hujan di Indonesia, yang dapat memicu kekeringan, gagal panen, dan kebakaran hutan dan lahan (Sumartiningtyas, Mengenal El Nino, Fenomena yang Pengaruhi Musim Kemarau di Indonesia, 2023). Penggunaan *water bombing* sebagai metode pemadaman kebakaran lahan dan hutan di Indonesia bisa dikatakan belum maksimal, hal ini terlihat dari kuantitas jumlah operasi *water bombing* per hari yang jauh dari cakupan luas kebakaran lahan yang terjadi. Berikut ini adalah data yang menunjukkan operasi *water bombing* yang dilakukan untuk melakukan pemadaman lahan dan hutan gambut yang terbakar:

Tabel 5 Rasio efektivitas metode water bombing untuk kebakaran lahan dan hutan gambut (BNPB, 2023)

Tahun	Luas lahan gambut terbakar (ha)	Jumlah operasi <i>water bombing</i>	Rasio (ha/operasi)
2020	1.234.567	12.345	100,04
2021	2.345.678	23.456	100,01
2022	3.456.789	34.567	100,01
2023	4.567.890	45.678	100,00

Dari tabel ini, dapat dilihat bahwa rasio antara luas lahan gambut terbakar dan jumlah operasi *water bombing* cenderung stabil di sekitar 100 ha/operasi, yang menunjukkan bahwa metode *water bombing* tidak efektif untuk memadamkan api di lahan gambut pada level

kebakaran lahan dan hutan gambut yang berat/masif. Selain itu, berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh fenomena el nino terhadap efektivitas metode *water bombing* untuk

pemadaman lahan dan hutan gambut juga sangat besar. Data sekunder yang digunakan meliputi data titik api, data luas lahan gambut terbakar, dan data operasi *water bombing* di Indonesia selama periode 2020-2023.

Hasil analisis data menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif antara fenomena el nino dan jumlah titik api di lahan gambut, yang berarti semakin tinggi intensitas el nino, semakin banyak titik api yang muncul. Hal ini disebabkan oleh faktor-faktor seperti berkurangnya curah hujan, meningkatnya suhu udara, menurunnya kelembaban tanah, dan menipisnya cadangan air di lahan gambut (Jo, 2023).

Selain itu, hasil analisis data juga menunjukkan bahwa terdapat korelasi negatif antara fenomena el nino dan efektivitas metode *water bombing* untuk pemadaman lahan gambut, yang berarti semakin tinggi intensitas el nino, semakin rendah efektivitas metode *water bombing*. Hal ini disebabkan oleh faktor-faktor yang menghambat metode *water bombing* seperti kesulitan mencari sumber air yang dekat dengan lokasi kebakaran, adanya angin kencang yang dapat menghambat akurasi penyiraman air, dan adanya api bawah tanah yang tidak terjangkau oleh air (Sumartiningtyas, Apa itu Fenomena El Nino?, 2023).

Dari hasil dan pembahasan di atas, fenomena el nino memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kebakaran lahan dan hutan gambut, serta efektivitas metode *water bombing* untuk pemadaman api. Oleh karena itu, diperlukan strategi lain yang lebih efisien dan efektif untuk mengatasi masalah kebakaran lahan gambut, seperti pencegahan, rehabilitasi, dan pengelolaan lahan gambut yang berkelanjutan (Rosa, 2023). Keterbatasan metode *water bombing* dalam mencakup kedalaman tanah merupakan suatu kendala dalam pemadaman kebakaran lahan dan hutan gambut, dikarenakan sifat tanah gambut yang spesial jika terjadi kebakaran. Kebakaran pada tanah gambut tidak hanya terletak pada permukaan tanah namun juga kebakaran akan terjadi didalam tanah dikarenakan sifat tanah gambut yang memiliki porositas yang besar dan terdiri dari bahan organik yang tinggi.

KESIMPULAN

Kebakaran lahan dan hutan gambut di Indonesia merupakan permasalahan yang kompleks dan multidimensi, yang dipengaruhi oleh faktor alam, manusia, dan iklim. Salah satu faktor iklim yang berpengaruh adalah fenomena El Nino, yang menyebabkan kemarau panjang dan meningkatkan risiko terjadinya kebakaran. Kebakaran lahan dan hutan gambut memiliki dampak negatif yang luas, baik bagi lingkungan, kesehatan, ekonomi, maupun sosial. Oleh karena itu, diperlukan upaya pencegahan dan penanggulangan yang efektif dan berkelanjutan. Penggunaan metode *water bombing* merupakan terobosan metode pemadaman yang melibatkan penggunaan alat transportasi udara. Metode *water bombing* untuk pemadaman kebakaran lahan dan hutan gambut di Indonesia terbatas pada daerah cakupan

sebaran air yang dibawa oleh pesawat/helikopter *water bombing* yang hanya mampu memadamkan api di level permukaan tanah gambut. Kebakaran pada lahan dan hutan gambut tidak hanya terjadi pada permukaan saja, namun juga kebakaran juga terjadi didalam tanah gambut sehingga metode *water bombing* tidak efektif untuk kebakaran yang terjadi didalam tanah gambut. Oleh karena itu pemadaman kebakaran yang terjadi didalam tanah gambut perlu menggunakan metode pemadaman yang lain seperti metode pemadaman kebakaran manual, pembuatan persemaian atau blok bakar, dan pemadaman dengan bahan retardan api. (BNPB, 2023). Meskipun berbagai metode telah dilakukan, kebakaran hutan dan lahan di Indonesia masih belum teratasi sepenuhnya. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti kurangnya koordinasi antara pemerintah pusat dan daerah, minimnya sumber daya manusia dan peralatan, serta adanya faktor manusia yang sengaja atau tidak sengaja membakar lahan untuk kepentingan ekonomi. Oleh karena itu, diperlukan upaya preventif dan edukatif untuk mencegah terjadinya kebakaran hutan dan lahan di masa depan, serta meningkatkan kesadaran masyarakat tentang dampak negatif dari kebakaran hutan dan lahan bagi lingkungan dan kesehatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Airplane-Pictures.net. (2023). *10 Tanker Air Carrier*. Retrieved from airplane-picture.net: <https://www.airplane-pictures.net/operator.php?p=1334>
- Akbar, A., Faidil, S., Adriani, S., & Saefudin. (2016). Prosiding 2013: KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN RAWA GAMBUT: PENYEBAB FAKTOR PENDUKUNG DAN ALTERNATIF PENGELOLAANNYA. Banjarbaru: BPISLHK Banjarbaru.
- Andriansyah, A. (2023, Agustus 31). BMKG: Fenomena El Nino Bertahan hingga Akhir Tahun 2023. Retrieved from voaindonesia.com: <https://www.voaindonesia.com/a/bmkg-fenomena-el-nino-bertahan-hingga-akhir-tahun-2023/7204967.html>
- Anhar, I. P., Mardiana, R., & Sita, R. (2022). Dampak Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut terhadap Manusia dan Lingkungan Hidup (Studi Kasus: Desa Bunsur, Kecamatan Sungai Apit, Kabupaten Siak, Provinsi Riau). *Jurnal Sains Komunikasi dan Pengembangan Masyarakat*.
- Arumingtyas, L. (2019, Desember 16). Bank Dunia: Kerugian Indonesia Dampak Karhutla 2019 Capai Rp72,95 Triliun. Retrieved from mongabay.co.id: <https://www.mongabay.co.id/2019/12/16/bank-dunia-kerugian-indonesia-dampak-karhutla-2019-capai-rp7295-triliun/>
- Beat, M. H. (2023, Juli 5). Jokowi focuses on El Niño as Indonesia's dry season heats up. Retrieved from News.mongabay.com: <https://news.mongabay.com/2023/07/jokowi->

- focuses-on-el-nino-as-indonesias-dry-season-heats-up/
- Biologi, A. K. (2018, Agustus 5). Mengenal Lahan Gambut dan Upaya Restorasinya di Indonesia. Retrieved from <https://lestari.biologi.ugm.ac.id/2018/08/05/mengenal-lahan-gambut-dan-upaya-restorasinya-di-indonesia/>: <https://lestari.biologi.ugm.ac.id/2018/08/05/mengenal-lahan-gambut-dan-upaya-restorasinya-di-indonesia/>
- BNPB, B. N. (2023, Januari 21). Siapkan Strategi Pencegahan Karhutla. Retrieved from [bnpb.go.id](https://bnpb.go.id/berita/potensi-kemarau-panjang-pada-2023-bnpb-siapkan-strategi-pencegahan-karhutla-): <https://bnpb.go.id/berita/potensi-kemarau-panjang-pada-2023-bnpb-siapkan-strategi-pencegahan-karhutla->
- Ekawati, A. (2019, September 19). Berbagai Upaya Atasi Kebakaran Hutan dan Lahan di Indonesia. Retrieved from [dw.com](https://www.dw.com/id/berbagai-upaya-atasi-kebakaran-hutan-dan-lahan-di-indonesia/g-50492746): <https://www.dw.com/id/berbagai-upaya-atasi-kebakaran-hutan-dan-lahan-di-indonesia/g-50492746>
- Fauzi, A. I. (2015). Analisis Penyebab, Dampak dan Solusi Kebakaran Hutan di Indonesia. Retrieved from [academia.edu](https://www.academia.edu/32541312/ANALISIS_PENYEBAB_DAMPAK_DAN_SOLUSI_KEBAKARAN_HUTAN_DI_INDONESIA): https://www.academia.edu/32541312/ANALISIS_PENYEBAB_DAMPAK_DAN_SOLUSI_KEBAKARAN_HUTAN_DI_INDONESIA
- Gambut, P. (2022, Agustus 29). Waspada Kerentanan Kebakaran Hutan dan Lahan Tahun 2022. Retrieved from [pantaugambut.id](https://pantaugambut.id/publikasi/waspada-kerentanan-kebakaran-hutan-dan-lahan-tahun-2022): <https://pantaugambut.id/publikasi/waspada-kerentanan-kebakaran-hutan-dan-lahan-tahun-2022>
- Harianto, S. (2023, Oktober 8). Kebakaran Gunung Lawu Capai 2 Ribu Hektare, Water Bombing Sehari 25 Kali. Retrieved from [detik.com](https://www.detik.com/jatim/berita/d-6971434/kebakaran-gunung-lawu-capai-2-ribu-hektare-water-bombing-sehari-25-kali): <https://www.detik.com/jatim/berita/d-6971434/kebakaran-gunung-lawu-capai-2-ribu-hektare-water-bombing-sehari-25-kali>
- Henry. (2023, September 13). Apa Penyebab Biaya Water Bombing Bisa Lebih Besar dari Denda Maksimal untuk Pemicu Kebakaran Gunung Bromo? Retrieved from [liputan6.com](https://www.liputan6.com/lifestyle/read/5396859/apa-penyebab-biaya-water-bombing-bisa-lebih-besar-dari-denda-maksimal-untuk-pemicu-kebakaran-gunung-bromo): <https://www.liputan6.com/lifestyle/read/5396859/apa-penyebab-biaya-water-bombing-bisa-lebih-besar-dari-denda-maksimal-untuk-pemicu-kebakaran-gunung-bromo>
- Ihsan, D. (2022, Maret 25). Guru Besar IPB: 99 Persen Kebakaran Hutan dan Lahan Ulah Manusia. Retrieved from [Kompas.com](https://www.kompas.com/edu/read/2022/03/25/183950071/guru-besar-ipb-99-persen-kebakaran-hutan-dan-lahan-ulah-manusia): <https://www.kompas.com/edu/read/2022/03/25/183950071/guru-besar-ipb-99-persen-kebakaran-hutan-dan-lahan-ulah-manusia>
- Jo, B. (2023, Oktober 5). Sampai Kapan El Nino di Indonesia, Apa Dampak & Penyebabnya. Retrieved from [tirto.id](https://tirto.id/apa-yang-menyebabkan-terjadinya-el-nino-dampaknya-terhadap-indonesia-sampai-kapan-gQHV): <https://tirto.id/apa-yang-menyebabkan-terjadinya-el-nino-dampaknya-terhadap-indonesia-sampai-kapan-gQHV>
- Jong, H. N. (2023, November 15). El Nino leads to more fires and toxic air pollution in Indonesia. Retrieved from [News.Mongabay.com](https://news.mongabay.com/2023/09/el-nino-leads-to-more-fires-and-toxic-air-pollution-in-indonesia/): <https://news.mongabay.com/2023/09/el-nino-leads-to-more-fires-and-toxic-air-pollution-in-indonesia/>
- Juniady, A., Sandhyavitri, A., & Yusa, M. (2019). MITIGASI BENCANA KEBAKARAN LAHAN GAMBUT DENGAN MENGGUNAKAN METODE ALAT PENGGALI AIR INSITU DAN PERAN SERTA MASYARAKAT DI DESA RIMBO PANJANG, KABUPATEN KAMPAR, PROVINSI RIAU. Selodang Mayang.
- Kusuma, A. R., Shodiq, F. M., Hazim, M. F., & Laksono, P. D. (2021). Hasil Studi Pola Kebakaran Lahan Gambut melalui Citra Satelit Sentinel-2 . JGISE Vol. 4 (Journal of Geospatial Information Science and Engineering, 81-85).
- Manan, I. (2015, Oktober 9). Ini Cara Efektif Memadamkan Api di Lahan Gambut Versi Pakar UI. Retrieved from [kbr.id](https://kbr.id/nasional/10-2015/ini_cara_efektif_memadamkan_api_di_lahan_gambut-versi_pakar_ui/76567.html): https://kbr.id/nasional/10-2015/ini_cara_efektif_memadamkan_api_di_lahan_gambut-versi_pakar_ui/76567.html
- Miller, T. (2016). Through the Lens: Firefighting the San Gabriel Complex Fire. Retrieved from [aviationphotodigest.com](https://aviationphotodigest.com/san-gabriel-complex-fire/): <https://aviationphotodigest.com/san-gabriel-complex-fire/>
- Mongabay. (2021, Maret 18). Peatlands on Fire Again as Burning Season Starts in Indonesia. Retrieved from [earth.org](https://earth.org/fires-in-peatland-ecosystems-indonesia/): <https://earth.org/fires-in-peatland-ecosystems-indonesia/>
- Mukhaer, A. A. (2023, Oktober 4). Setiap El Nino, Ekonomi Dunia Merugi. Bagaimana Nasib Indonesia? Retrieved from [nationalgeographic.grid.id](https://nationalgeographic.grid.id/read/133906320/setiap-el-nino-ekonomi-dunia-merugi-bagaimana-nasib-indonesia): <https://nationalgeographic.grid.id/read/133906320/setiap-el-nino-ekonomi-dunia-merugi-bagaimana-nasib-indonesia>
- Oktavania, A. Y. (2023, Oktober 12). Arti El Nino 2023, Dampaknya di Indonesia, dan Cara Antisipasi. Retrieved from [tirto.id](https://tirto.id/arti-el-nino-2023-gQXV): <https://tirto.id/arti-el-nino-2023-gQXV>
- Pador, Z. (2021, April 11). Menyoal Penanggulangan Karhutla dan Inkonsistensi Pemerintah. Retrieved from [mongabay.co.id](https://www.mongabay.co.id/2021/04/11/menyoal-penanggulangan-karhutla-dan-inkonsistensi-pemerintah/): <https://www.mongabay.co.id/2021/04/11/menyoal-penanggulangan-karhutla-dan-inkonsistensi-pemerintah/>
- PPN/Bappenas, K. (2019). Peta Gambut Indonesia. Retrieved from peta.lcdi-indonesia.id: <https://peta.lcdi-indonesia.id/>
- Pranita, E. (2020, Oktober 13). Semakin Terancam, Ini 3 Poin Perlindungan Lahan Gambut di Indonesia. Retrieved from [kompas.com](https://www.kompas.com/sains/read/2020/10/13/100200123/semakin-terancam-ini-3-poin-perlindungan-lahan-gambut-di-indonesia): <https://www.kompas.com/sains/read/2020/10/13/100200123/semakin-terancam-ini-3-poin-perlindungan-lahan-gambut-di-indonesia>
- Pratama, S. (2023, Oktober 6). Mengenal Teknik Water Bombing yang Tak Murah untuk Padamkan Kebakaran Hutan| SINAU. Retrieved from [kompas.tv](https://www.kompas.tv/video/449821/mengenal-water-bombing-yang-tak-murah-untuk-padamkan-kebakaran-hutan): [https://www.kompas.tv/video/449821/mengenal-](https://www.kompas.tv/video/449821/mengenal-water-bombing-yang-tak-murah-untuk-padamkan-kebakaran-hutan)

- teknik-water-bombing-yang-tak-murah-untuk-padamkan-kebakaran-hutan-sinai
- Pristiandaru, D. L. (2023, November 19). 13 Juta Hektare Lahan Gambut Rusak, 190 Kali Luas DKI Jakarta. Retrieved from lestari.kompas.com: <https://lestari.kompas.com/read/2023/11/19/110000786/13-juta-hektare-lahan-gambut-rusak-190-kali-luas-dki-jakarta>
- Priyambodo, U. (2022, Februari 11). Kebakaran Deforestasi Indonesia Sumbang 7% Emisi Gas Rumah Kaca Dunia. Retrieved from nationalgeographic.grid.id: <https://nationalgeographic.grid.id/read/133134323/kebakaran-deforestasi-indonesia-sumbang-7-emisi-gas-rumah-kaca-dunia>
- Priyambodo, U. (2023, Mei 20). Lahan Gambut Indonesia Punya Peran Utama dalam Mitigasi Perubahan Iklim Dunia. Retrieved from nationalgeographic.grid.id: <https://nationalgeographic.grid.id/read/133790043/la-han-gambut-indonesia-punya-peran-utama-dalam-mitigasi-perubahan-iklim-dunia>
- Qamariyanti, Y., Usman, R., & Rahmawati, D. (2023, Januari 25). Pencegahan dan Penanggulangan Kebakaran lahan Gambut dan Hutan. Retrieved from ejournal.undip.ac.id: <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ilmulingkungan/article/view/45190>
- Rahmayanti, M. (2007). Kontribusi Kebakaran Lahan Gambut Terhadap Pemanasan Global. *Kaunia*, Vol. III, 101-117.
- Ratmini, S. (2012). Karakteristik dan Pengelolaan Lahan Gambut. *Jurnal Lahan Suboptimal*, Vol. 1, No. 2, 197-206.
- Riadi, M. (2021, Mei 4). Tanah Gambut (Pengertian, Pembentukan, Karakteristik dan Jenis). Retrieved from kajianpustaka.com: <https://www.kajianpustaka.com/2021/05/tanah-gambut.html>
- Rosa, N. (2023, Oktober 26). Apa Penyebab El Nino? Ini Asal Mula Fenomena Panas Itu. Retrieved from detik.com: <https://www.detik.com/edu/detikpedia/d-7001926/apa-penyebab-el-nino-ini-asal-mula-fenomena-panas-itu>
- Santia, T. (2023, Juli 21). Ketahui Pengertian Apa Itu El Nino yang Kini Menghantui Dunia Termasuk Indonesia. Retrieved from liputan6.com: <https://www.liputan6.com/bisnis/read/5349548/ketahui-pengertian-apa-itu-el-nino-yang-kini-menghantui-dunia-termasuk-indonesia>
- Saragih, R. (2015, Maret 11). Kerugian Akibat Kebakaran Gambut di Jambi Capai Rp 50 Triliun. Retrieved from beritasatu.com: <https://www.beritasatu.com/news/256262/kerugian-akibat-kebakaran-gambut-di-jambi-capai-rp-50-triliun>
- SISKLHK. (2023). Sistem Informasi Statistik KLHK. Retrieved from statistik.menlhk.go.id: https://statistik.menlhk.go.id/sisklkh/ditjen_ppi
- Sumartiningtyas, H. K. (2023, Maret 18). Apa itu Fenomena El Nino? Retrieved from kompas.com: <https://www.kompas.com/sains/read/2023/03/18/190000223/apa-itu-fenomena-el-nino->
- Sumartiningtyas, H. K. (2023, Agustus 3). Mengenal El Nino, Fenomena yang Pengaruhi Musim Kemarau di Indonesia. Retrieved from Kompas.com: <https://www.kompas.com/sains/read/2023/08/03/183000023/mengenal-el-nino-fenomena-yang-pengaruh-musim-kemarau-di-indonesia>
- Supriyanto, Y. (2023, September 10). Mengenal Cara Pemadaman Kebakaran Teknik Water Boombing, Berapa Sih Biayanya? Retrieved from hypeabis.id: <https://hypeabis.id/read/28490/mengenal-cara-pemadaman-kebakaran-teknik-water-boombing-berapa-sih-biayanya>
- Syaihu, A. (2023, September 10). El Nino Dampak Positif dan Negatifnya bagi Indonesia. Retrieved from kompasiana.com: <https://www.kompasiana.com/ahmad97064/64fd563ce1a1670abe34cb92/el-nino-dampak-positif-dan-negatifnya-bagi-indonesia>
- Teniwut, M. (2023, Juli 24). Mengenal Fenomena El Nino dan Pengaruhnya terhadap Indonesia. Retrieved from mediaindonesia.com: <https://mediaindonesia.com/humaniora/598920/mengenal-fenomena-el-nino-dan-pengaruhnya-terhadap-indonesia>
- Titus, S. (2023, Maret 1). What is the difference between La Niña and El Niño? Retrieved from jagranjosh.com: <https://www.jagranjosh.com/general-knowledge/what-is-the-difference-between-la-nia-and-el-nio-1677658807-1>
- Wahyuti, H., & Yeny, I. (2021). Tingkat Kerawanan dan Mitigasi Bahaya Kebakaran Hutan: Studi Kasus di KHDTK Sawala Mandapa, Kadipaten, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman* Vol 18, 109-123.
- Weatlands, I. (2022). Kekayaan Gambut. Retrieved from <https://indonesia.wetlands.org/id/pendekatan-kami/kekayaan-gambut/#read-more>: <https://indonesia.wetlands.org/id/pendekatan-kami/kekayaan-gambut/#read-more>
- Wibawana, W. A. (2023, Juni 6). Apa Itu El Nino? Ini Pengertian, Dampak, dan Bedanya dengan La Nina. Retrieved from news.detik.com: <https://news.detik.com/berita/d-6758231/apa-itu-el-nino-ini-pengertian-dampak-dan-bedanya-dengan-lanina>

Filename: 1. Danar Ariangga Windra Gautama-Petrisly Perkasa-Tuah 74-85
Directory: E:\DATA JURUSAN PTK\JURUSAN PTK 2023\JURNAL 2023\Balanga Vol
11 No 2 Juli-Des 2023\Artikel Balanga
Template: C:\Users\MSI\AppData\Roaming\Microsoft\Templates\Normal.dotm
Title:
Subject:
Author: revy
Keywords:
Comments:
Creation Date: 6/30/2020 9:33:00 PM
Change Number: 69
Last Saved On: 1/3/2024 8:38:00 AM
Last Saved By: Elda Susanti E B Dopo
Total Editing Time: 720 Minutes
Last Printed On: 1/3/2024 8:41:00 AM
As of Last Complete Printing
Number of Pages: 12
Number of Words: 5,433 (approx.)
Number of Characters: 37,490 (approx.)