

META-ANALISIS FAKTOR PENDORONG AKTIVITAS ANTROPOGENIK TERHADAP KARAKTERISTIK KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN GAMBUT DI INDONESIA

Eka Wulandari¹, Ersa Tri Fitriasaki²
Universitas Gajahmada¹, Universitas Tanjungpura²
ekawulandari82@mail.ugm.ac.id¹

ABSTRAK

Tujuan penelitian adalah penggunaan lahan dalam mengelola lahannya serta melakukan perlakuan yang ramah lingkungan dalam membuka lahan. Metode yang dilakukan meta analisis dengan 175 jurnal artikel yang terkait dengan kebakaran hutan dan lahan di Indonesia selanjutnya diidentifikasi menghasilkan inventaris data untuk dilakukan analisis meta. Hasil penelitian melalui tes independensi antara faktor pendorong kebakaran dari kegiatan antropogenik dengan karakteristik kebakaran menunjukkan bahwa faktor lemahnya penegakan dan perlindungan hukum dalam penguasaan lahan berhubungan signifikan terhadap karakteristik kebakaran. Simpulan dari penelitian ini yaitu hak penggunaan lahan harus jelas dan adil, para pemegang konsesi telah mengelola lahannya dengan baik dan memberikan sanksi bagi yang melanggar sesuai aturan yang berlaku dan pentingnya untuk dikembangkan inovasi dalam membuka dan mengelola lahan gambut tanpa bakar yang sesuai kebutuhan dan memberikan keuntungan ekonomi terutama bagi petani kecil sehingga mengurangi konflik vertikal maupun horizontal.

Kata kunci: Hutan, Kebakaran, Lahan.

ABSTRACT

The purpose of this research is the use of land in managing the land and doing environmentally friendly treatment in clearing the land. The method that was carried out by meta-analysis with 175 journal articles related to forest and land fires in Indonesia was then identified to produce an inventory of data for meta-analysis. The results of the research through an independence test between the factors driving fires from anthropogenic activities and the characteristics of fires indicate that the factor of weak law enforcement and protection in land tenure is significantly related to the characteristics of fires. The conclusions from this research are that land use rights must be clear and fair, concession holders have managed their land well and provide sanctions for those who violate the applicable regulations and the importance of developing innovations in clearing and managing peatlands without burning according to needs and providing benefits. economy, especially for small farmers, thereby reducing vertical and horizontal conflicts.

Keywords: Land, Fire, Forest.

PENDAHULUAN

Fenomena kebakaran hutan dan lahan terjadi setiap tahun di Indonesia dengan intensitas kebakaran yang berbeda-beda. Ada tiga kali periode kebakaran terbesar di Indonesia sampai saat ini, yaitu 1982/1983, 1997/1998 dan 2014/2015. Pada kebakaran periode 1982/1983, luas kebakaran di Kalimantan Timur saja diperkirakan mencapai 3,5 juta ha (Boer, 2002), periode 1997/1998 diperkirakan 11,7 juta ha luas kawasan dilanda kebakaran dan merupakan yang terparah di dunia (Tacconi, 2003). Selanjutnya pada periode 2014/2015, luas area yang dilanda kebakaran diperkirakan 2,6 juta ha hutan dan hampir 33% adalah di lahan gambut (Trinirmalaningrum et al., 2015).

Menurut Bank Dunia diperkirakan pada kasus kebakaran hutan 2015, total kerugian ekonomi yang diderita Indonesia akibat kebakaran dan kabut asap mencapai US\$ 16.124 milyar, jika dibandingkan dengan Produk Domestik Bruto Indonesia tahun 2014 adalah sekitar 1.8% (Tacconi, 2016). Hampir seluruh studi ilmiah sepakat bahwa penyebab kebakaran berhubungan dengan perubahan penggunaan lahan dan peran api dalam pertanian serta sifat ekosistem (Juárez et.al, 2017).

Kebijakan pemerintah untuk memberikan konsesi lahan industri juga menjadi salah satu pendorong aktivitas membakar hutan dan lahan (Akbar, 2011; Lubis et.al, 2018; Sloan et.al, 2017; Thoha et.al, 2019). Selain itu, membakar untuk membuka lahan pertanian merupakan praktik umum yang dilakukan petani karena lebih murah dan cepat (Nugraha et.al, 2019). Namun karakteristik kebakarannya sendiri belum ada yang dapat mendefinisikan secara umum dan

hanya didasarkan pada hasil penelitian tunggal. Studi terdahulu sepakat bahwa pembukaan lahan untuk kepentingan pertanian maupun perkebunan merupakan pendorong utama kebakaran, tetapi mana yang paling signifikan masih tetap menjadi perdebatan, karena setiap pemangku kepentingan memiliki pendapat dari sudut pandang yang berbeda terkait pendorong dari kegiatan antropogenik tersebut.

Hasil penelitian tersebut umumnya dilakukan di area tertentu atau rentang waktu tertentu dengan topik penelitian terkait kebakaran yang berbeda-beda. Contoh beberapa penelitian tentang penyebab kebakaran yang memiliki tema yang sama namun berbeda lokasi maupun rentang waktu penelitian, seperti penyebab kebakaran yang dihubungkan dengan konflik kepemilikan lahan di Sumatera (Suyanto, 2007), masalah kebakaran hutan di Indonesia 1980an-1990an (Tacconi et.al, 2007), penyebab kebakaran tahun 1997–1998 dan dampaknya (Yim, 1999). Selain itu, untuk menyusun karakteristik kebakaran hutan dan lahan gambut di Indonesia memerlukan data set yang besar mengingat luasnya wilayah dan hampir semua wilayah pernah mengalami kebakaran.

Riset terdahulu penyebab kebakaran berhubungan dengan perubahan penggunaan lahan dan peran api dalam pertanian serta sifat ekosistem (Juárez-Orozco et al., 2017). Kebijakan pemerintah untuk memberikan konsesi lahan industri juga menjadi salah satu pendorong aktivitas membakar hutan dan lahan (Akbar, 2011; M et al., 2018; Sloan et al., 2017; Thoha et al., 2019). Selain itu, membakar untuk membuka lahan pertanian merupakan praktik umum

yang dilakukan petani karena lebih murah dan cepat (Sukarman, 2015; Varma, 2003).

Dalam pengelolaan program-program strategis dilaksanakan berdasarkan prinsip kebersamaan, toleransi dan kemanfaatan bagi masyarakat dan kebijakan pemerintah tidak hanya menguntungkan kelompok tertentu saja, sedangkan masyarakat kecil pada umumnya berada diposisi yang tidak menguntungkan. (Fitriasari et.al., 2019)

Kelebihan dari riset ini adalah mengidentifikasi karakteristik kebakaran hutan dan lahan gambut dan faktor yang mempengaruhinya. Kami mengumpulkan seluruh studi yang terkait dengan karakteristik kebakaran hutan dan lahan meliputi lokasi sebaran kebakaran beserta kondisinya, musim terjadinya kebakaran, frekuensi terjadinya kebakaran (Thoha et al., 2019). Serta berbagai penyebab kebakaran itu lalu melakukan analisis hubungan penyebab kebakaran sebagai variabel bebas dengan karakteristik kebakaran yang terjadi.

Dengan melakukan meta analisis ini dapat digunakan oleh peneliti lain untuk mengelola penelitian dengan pendekatan-pendekatan dalam skala yang berbeda-beda dimasa depan terkait topik kebakaran hutan dan lahan dengan lebih baik lagi serta dapat membantu para pengambil kebijakan untuk mengatasi masalah kebakaran hutan berdasarkan isu-isu penting yang terkait dengan kebakaran hutan dan lahan di Indonesia.

Dalam studi ini, kami fokus terhadap tiga faktor pendorong yaitu kegiatan pertanian (Juárez-Orozco et al., 2017), kegiatan perkebunan serta klaim kepemilikan lahan sebagai faktor pendorong terbesar terjadinya

kebakaran (Akbar, 2011; M et al., 2018; Sloan et al., 2017; Thoha et al., 2019). Masyarakat tidak mengelola lahan dengan perlakuan antropogenik serta harus berurusan dengan hukum akibat menggunakan cara-cara yang tidak berkelanjutan dengan menggunakan api untuk membuka lahan sebagai bentuk klaim kepemilikan terhadap lahan pertanian dari tanah konsesi terutama yang tidak dimanfaatkan serta protes terhadap ketidakadilan yang dirasakan (Purnomo et.al, 2007). Aktivitas antropogenik masih dilakukan oleh masyarakat lokal dan berdampak pada kerusakan lingkungan (Erusani, 2022).

METODOLOGI PENELITIAN

Studi ini menggunakan pendekatan meta-analisis dengan mereviu studi terkait kebakaran hutan dan lahan gambut untuk kemudian mengidentifikasi faktor yang mempengaruhi karakteristik kebakaran hutan dan lahan gambut. Dengan meta analisis kami memeriksa hubungan antara karakteristik kebakaran hutan dan lahan dengan variabel bebasnya yang tidak bisa dilakukan dalam riset tunggal.

Beberapa frasa digunakan dalam studi ini sebagai referensi proses identifikasi. Misalnya frasa yang digunakan untuk identifikasi faktor pendorong kebakaran hutan dan lahan dari kegiatan pertanian adalah “ladang berpindah”, “penyuburan tanah”, “pembukaan lahan”, “perluasan lahan”, persiapan lahan” untuk melihat berbagai kegiatan menggunakan api dalam pertanian. Contoh lain frasa yang digunakan untuk klaim kepemilikan lahan adalah “protes masyarakat”, “regulasi penggunaan lahan”, “penegakan hukum” sebagai indikasi terjadinya

klaim kepemilikan lahan yang berujung pada pembakaran. Agar dapat mengkuantifikasi data tersebut maka kami menggunakan klasifikasi ada/tidak ada pada masing-masing variabel yang telah disusun di tiap artikel yang terpilih.

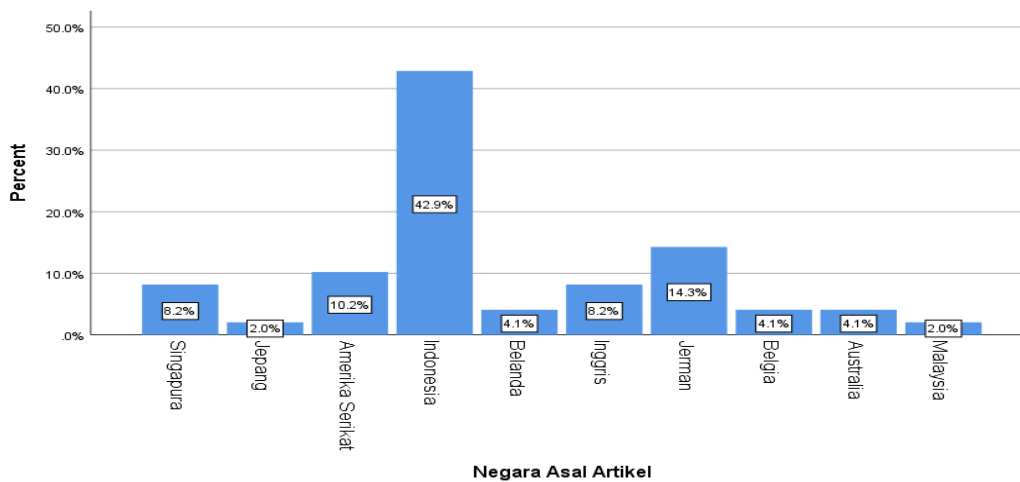
HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL

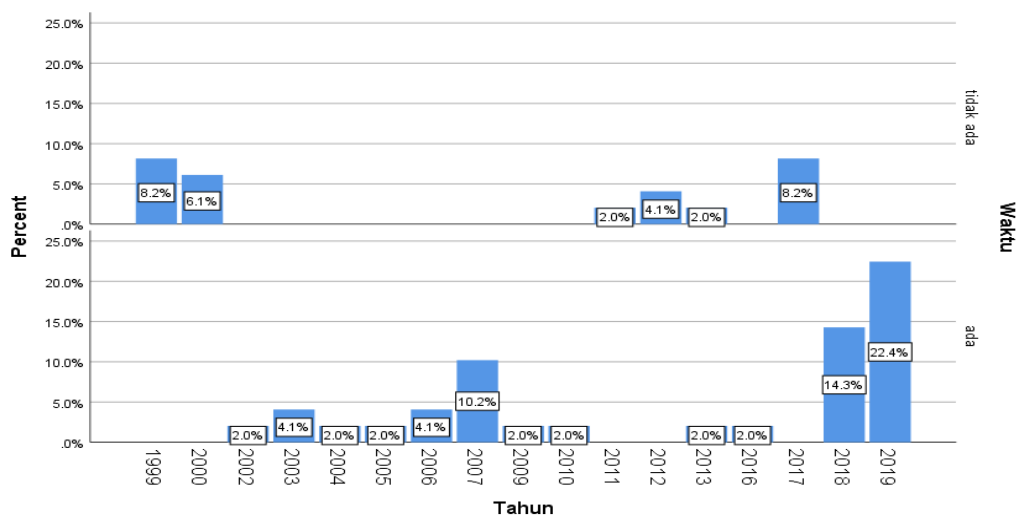
Studi ini mereviu 49 artikel yang terbit antara tahun 1999 sampai dengan 2020. Jumlah artikel yang

dipublikasikan berfluktuasi dan yang paling banyak adalah di tahun 1999 (8,2%), 2007 (10,2%), 2018 (14,3%), dan 2019 (22,4%). Fluktuasi publikasi ini terjadi disekitar tahun ENSO (El Nino Southern Oscillation) (Noaanws, 2020).

Sedangkan asal publikasi paling banyak dari Indonesia (42,9%), Jerman (14,3%), Inggris (8,2%), Amerika Serikat (10,2%) dan Singapura (8,2%). Tren publikasi dapat dilihat di gambar 2 dan 3.



Grafik 1. Tren Publikasi Berdasarkan Negara Asal Penulis



Grafik 2. Tren Publikasi dan Waktu Terjadinya ENSO

Catatan: ada menunjukkan terjadinya kemarau disertai fenomena ENSO, tidak ada menunjukkan kondisi kemarau biasa.

Semua artikel terpilih mendiskusikan kebakaran hutan dan lahan gambut di Indonesia yang meliputi karakteristik kebakaran dan faktor pendorong terjadinya kebakaran hutan dari kegiatan antropogenik.

Karakteristik kebakaran di kelompokkan menjadi lokasi kebakaran, kondisi lokasi yang terbakar, jenis tutupan dan penggunaan lahan yang terbakar, waktu terjadinya kebakaran serta kondisi lahan gambut yang terbakar (tabel 1). Sedangkan faktor

pendorong kebakaran dari kegiatan antropogenik secara langsung maupun tidak langsung diidentifikasi sebanyak 20 variabel yang dikelompokkan menjadi 7 (tujuh) faktor utama (tabel 2). Adapun faktor tersebut adalah kegiatan pertanian, kegiatan perkebunan, klaim kepemilikan lahan, pembukaan permukiman, pembangunan jaringan transportasi, penebangan kayu serta pemanfaatan hutan dan lahan lainnya. Faktor-faktor tersebut menitikberatkan pada hasil atau kesimpulan dari peneliti terkait penyebab kebakaran hutan dan lahan gambut di Indonesia secara langsung maupun tidak langsung.

Tabel 1. Karakteristik Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut di Indonesia, Dirangkum dari Reviu Artikel Analisis Meta

K1	Lokasi Kebakaran (LK), meliputi:
	A. Pulau Kalimantan
	B. Pulau Sumatera
K2	Kondisi Lokasi Kebakaran (KLK), mengacu pada:
	A. populasi,
	B. jarak dengan jalan/danau/sungai/kanal
	C. jarak dengan pemukiman/kota/desa
	D. tinggi permukaan tanah
	E. jarak hutan dengan lokasi kebakaran
K3	Tutupan Lahan yang terbakar (TP), mengacu pada:
	A. Hutan Primer dan/atau Sekunder
	B. Hutan Tanaman Perkebunan
	C. Tanaman Pertanian
	D. Hutan Terlantar/Lahan terbuka/Kosong
	E. Semak belukar/padang rumput/pakis
	F. Hutan rawa gambut
K4	Penggunaan Lahan (PL), meliputi:
	A. Pertanian
	B. Perkebunan
	C. Permukiman
	D. Kayu
	E. Konservasi
K5	Kondisi Lahan Gambut (KLG) yang terbakar, meliputi :
	A. Terdegradasi
	B. Alami
K6	Waktu Terjadinya Kebakaran (W), merujuk pada:
	A. Musim kemarau/kering dengan ENSO
	B. Musim kemarau/kering

Tabel 2. Faktor Pendorong Kebakaran dari Kegiatan Antropogenik, Dirangkum dari Reviu Artikel Analisis Meta

F1	Kegiatan Pertanian (KT), meliputi:
	A. Pembukaan dan Perluasan lahan pertanian baru
	B. Pesiapan dan pembersihan lahan sebelum tanam dan sesudah panen
	C. Ladang berpindah
F2	Kegiatan Perkebunan (KB), meliputi:
	A. Konversi dan Konsesi hutan/lahan ke perkebunan
	B. Drainase/Kanal tidak benar
	C. Land Clearing Persiapan dan Perluasan Perkebunan
F3	Klaim Kepemilikan Lahan (KL), meliputi:
	A. Protes dan Konflik regulasi kepemilikan lahan
	B. Kebijakan Pengelolaan/Pemanfaatan Hutan/lahan
	C. Penegakan dan Perlindungan Penguasaan Lahan
F4	Pembukaan Permukiman (PM), meliputi:
	A. Transmigrasi
	B. Kompleks Perumahan Baru
F5	Pembangunan Jalur Transportasi (JT), meliputi:
	A. Pembuatan Jalan
	B. Pembangunan Kanal
	C. Pembuatan Akses Keluar Masuk Kayu dan Hasil Hutan lainnya
F6	Penebangan Kayu (PK), meliputi:
	A. Penebangan Ilegal
	B. Penebangan Selektif
F7	Pemanfaatan Hutan dan Lahan lainnya (PHTL), meliputi:
	A. Peternakan
	B. Berburu
	C. Ekstraksi SDA non kayu lainnya

Karakteristik yang paling banyak didiskusikan adalah pulau tempat terjadinya kebakaran, tutupan lahan yang terbakar yang meliputi hutan tanaman perkebunan dan semak belukar, akses ke hutan seperti jarak dengan jalan/danau/sungai serta sering terjadi pada saat kemarau yang disertai ENSO. Secara umum distribusi frekuensi karakteristik lokasi kebakaran (87,8%), tutupan lahan (79,6%), waktu terjadinya kebakaran (73,5%), penggunaan lahan (57,1%) serta kondisi lokasi kebakaran (42,9%). Frekuensi paling tinggi yaitu pada lokasi kebakaran mungkin dikarenakan lokasi yang digunakan menunjukkan *study site* dari artikel terpilih yang memang merupakan lokasi kebakaran berdasarkan hasil reviu. Secara umum distribusi frekuensi dari karakteristik kebakaran

hutan dan lahan gambut dapat dilihat pada tabel 3.

Sedangkan faktor pendorong terjadinya kebakaran yang paling banyak didiskusikan oleh penulis antara lain kegiatan pertanian, kegiatan perkebunan, klaim kepemilikan lahan, pembangunan jaringan transportasi dan penebangan kayu. Faktor lainnya sangat sedikit dibahas sehingga dihilangkan dari studi meta ini. Hal tersebut mungkin dikarenakan jumlah artikel yang terpilih tergolong kecil serta terbatas untuk studi di lahan gambut saja. Apabila dalam konteks berbeda, misalkan dengan memperluas studi menjadi kebakaran hutan dan lahan saja, mungkin keempat faktor tersebut dapat memiliki pengaruh yang besar terhadap terjadinya kebakaran hutan dan lahan. lebih lanjut karena

ketidacukupan dan ketidak konsistenan data, maka untuk menguji asumsi tidak dapat dilakukan.

Tabel 3. Karakteristik Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut dalam Persen yang Banyak Dibahas pada Artikel Terpilih

Karakteristik Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut	Frekuensi Berdasarkan Hasil Pembahasan pada Artikel Terpilih (%)
K1 Lokasi Kebakaran	87,8 ^α
A. Pulau Kalimantan	53,1 ^β
Provinsi Kalimantan Tengah	22,4
B. Pulau Sumatera	46,9 ^β
Provinsi Riau	20,4
K2 Kondisi Lokasi Kebakaran	42,9 ^α
A. Jarak Akses Jalan/Sungai/Danau/Kanal dengan Lokasi kebakaran	26,5
B. Ketinggian permukaan tanah	16,3
K3 Tutupan Lahan	79,6 ^α
A. Hutan Tanaman Perkebunan	44,9
B. Semak belukar/padang rumput/pakis	26,5
C. Tanaman Pertanian	22,4
D. Hutan Primer dan/atau sekunder	20,4
E. Hutan Terlarang/Lahan terbuka/Kosong	14,3
K4 Penggunaan Lahan	57,1 ^α
A. Pertanian	22,4
B. Perkebunan	46,9
K5 Kondisi Lahan Gambut	10,2 ^α
A. Terdegradasi	10,2
B. Alami	0
K6 Waktu Terjadinya Kebakaran	73,5 ^α
A. Kemarau dengan ENSO	59,2
B. Kemarau	18,4

α distribusi frekuensi secara keseluruhan dari keenam karakteristik utama.
β distribusi frekuensi seluruh provinsi yang ada di pulau tersebut

Tabel 4. Faktor Pendorong Kebakaran dari Kegiatan Antropogenik yang Dianggap Penting Mempengaruhi Karakteristik Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut di Indonesia dalam Persen yang Banyak Dibahas pada Artikel Terpilih

Faktor Pendorong Kebakaran dari Kegiatan Antropogenik	Frekuensi Berdasarkan Hasil Pembahasan pada Artikel Terpilih (%)
Kegiatan Pertanian (F1)	42,9
Kegiatan Perkebunan (F2)	67,3
Klaim Kepemilikan Lahan (F3)	26,5
Pembukaan Permukiman (F4)	4,1
Pembangunan Jaringan Transportasi (F5)	12,2
Penebangan Kayu (F6)	12,2
Pemanfaatan Hutan dan Lahan Lainnya (F7)	8,2

Kegiatan Pertanian

Distribusi frekuensi faktor pendorong kebakaran dari kegiatan antropogenik dapat dilihat pada tabel 4. Tes independensi terhadap hubungan antara karakteristik kebakaran hutan dan lahan dengan kegiatan pertanian menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan signifikan antara karakteristik kebakaran dengan faktor pendorong antropogenik yaitu kegiatan pertanian ($X^2=0,681$, $p=0,346$), yang diperkuat dengan nilai $CC=0,117$. Namun jika dilihat dari nilai statistik asosiasi sub kegiatan pertanian yaitu membuka dan memperluas lahan pertanian baru serta menyiapkan dan membersihkan lahan sebelum tanam dan sesudah panen menunjukkan tidak ada asosiasi yang signifikan sedangkan ladang berpindah berasosiasi signifikan dengan karakteristik kebakaran dan memiliki hubungan yang cukup kuat dilihat dari nilai $CC=0,333$ (tabel 5). Kegiatan ladang berpindah sangat erat kaitannya dengan membuka lahan untuk pertanian dengan menggunakan cara

membakar untuk membersihkan lahan dan menyuburkan tanah yang dilakukan oleh para petani tradisional dalam suatu komunitas tertentu.

Mengingat kegiatan ladang berpindah juga melakukan pembukaan lahan dengan cara membakar dikhawatirkan terjadi saling terkaitan antara ketiga sub variabel diatas. Oleh karena itu tes independensi Fisher dilakukan pada ketiga sub variabel kegiatan pertanian. Hasil menunjukkan ketiga sub variabel tersebut tidak memiliki hubungan signifikan. Artinya kegiatan ladang berpindah tidak ada kaitan serta tidak mendorong pembukaan dan perluasan lahan pertanian baru ($X^2=0,142$, $p=0,878$) maupun persiapan dan pembersihan lahan sebelum tanam dan sesudah panen ($X^2=0,495$, $p=0,673$). Karena ladang berpindah biasanya berskala kecil dan tidak dilakukan disemua tempat serta kegiatan ladang berpindah tidak membuka lahan baru, tetapi melakukan rotasi penggunaan lahan yang dimiliki untuk ditanami.

Tabel 5. Tabulasi Silang dari Hubungan Statistik antara Karakteristik Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut dan Kegiatan Pertanian dengan Klasifikasi Ada atau Tidak Ada pada Tiap Sub Kategori

Karakteristik Kebakaran (Besar/Kecil)	Membuka dan Memperluas Lahan Pertanian Baru		Menyiapkan dan Membersihkan Lahan Sebelum Tanam dan Sesudah Panen		Ladang Berpindah	
	Ada	Tidak Ada	Ada	Tidak Ada	Ada	Tidak Ada
Kebakaran Besar	6	36	14	28	0	42
Kebakaran Kecil	0	7	2	5	1	6
Total	6	43	16	33	1	48
X^2 Value	1,140		0,062		6.125	
p Value ^a	0.375		0.588		0.143	
Cont. Coeff.	0.151		0,036		0.333	

Catatan: Cont. Coeff, Contingency Coefficient. ^apadap value mewakili tes independensi sampel kecil (Fisher's exact test).

Kegiatan Perkebunan

Walaupun kegiatan perkebunan banyak dibahas sebagai faktor pendorong utama terjadinya kebakaran, namun hasil analisis meta menunjukkan bahwa tidak ada asosiasi yang signifikan antara karakteristik kebakaran dengan kegiatan antropogenik di bidang perkebunan terutama dalam penggunaan api sebagai cara termurah dan termudah

dalam membuka dan membersihkan lahan untuk perkebunan. Hal ini ditunjukkan dari nilai statistik tes independensi antara karakteristik kebakaran dengan kegiatan perkebunan secara keseluruhan, $X^2=2,227$, $p=0,146$, $CC = 0.209$. Asosiasi yang tidak signifikan juga terjadi pada ketiga sub kegiatan perkebunan dengan karakteristik kebakaran (tabel 6).

Tabel 6. Tabulasi Silang dari Hubungan Statistik antara Karakteristik Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut dan Kegiatan Perkebunan dengan Klasifikasi Ada atau Tidak Ada pada Tiap Sub Kategori

Karakteristik Kebakaran (Besar/Kecil)	Konversi dan Konsesi Hutan/Lahan ke Perkebunan		Drainase/Kanal Tidak Benar		Land Clearing Persiapan dan Perluasan Perkebunan	
	Ada	Tidak Ada	Ada	Tidak Ada	Ada	Tidak Ada
Kebakaran Besar	18	24	6	36	11	31
Kebakaran Kecil	2	5	0	7	1	6
Total	20	29	6	43	12	37
X^2 Value	0,507		1,140		0,460	
p Value ^a	0.391		0.375		0.445	
Cont. Coeff.	0.101		0,151		0.096	

Catatan: Cont. Coeff, Contingency Coefficient. ^apadap value mewakili tes independensi sampel kecil (Fisher's exact test).

Kebijakan pemberian ijin konsesi hutan menyebabkan terjadi konversi hutan menjadi perkebunan dan tanaman industri lainnya dimana hal ini akan mendorong pembersihan lahan untuk persiapan dan perluasan perkebunan. Hal ini didukung dengan hasil tes independensi antara sub variabel konversi dan konsesi hutan dan lahan ke perkebunan dengan *land clearing* untuk persiapan dan perluasan perkebunan ($X^2=3,837$, $p=0,049$) walaupun tidak terlalu signifikan jika dilihat dari nilai statistiknya. Sedangkan antara sub variabel konversi dan konsesi hutan dan lahan ke perkebunan dengan drainase/kanal tidak benar menunjukkan tidak ada hubungan signifikan ($X^2=0,152$, $p=0,527$). Demikian juga antara sub variabel

drainase/kanal tidak benar dengan *land clearing* persiapan dan perluasan perkebunan menunjukkan tidak ada hubungan signifikan ($X^2=0,226$, $p=0,068$)

Klaim Kepemilikan Lahan

Hubungan ketergantungan antara karakteristik kebakaran hutan dan lahan gambut dengan klaim kepemilikan lahan menunjukkan adanya hubungan namun tidak signifikan berdasarkan hasil perhitungan statistik, $X^2=3,926$, $p=0,07$, $CC=0,272$. Namun hubungan yang signifikan dan kuat terdapat antara sub variabel penegakan dan perlindungan hukum penguasaan lahan dengan karakteristik kebakaran ($X^2=7,122$, $p=0,031$, $CC=0,356$). Sedangkan kedua sub variabel yang

lain tidak ada hubungan signifikan dengan karakteristik kebakaran hutan dan lahan gambut (tabel 7). Hal ini menunjukkan bahwa penegakan dan perlindungan hukum bagi masyarakat dalam penguasaan lahan yang lemah akan mendorong terjadinya klaim kepemilikan lahan dengan menggunakan api yaitu membakar lahan untuk menyatakan kepemilikan yang disebabkan perasaan tidak aman dan rasa ketidakadilan bagi masyarakat.

Penegakan dan perlindungan hukum terhadap kepemilikan dan penguasaan lahan serta implemetasi kebijakan penggunaan lahan yang adil dan transparan merupakan kunci untuk meredam protes dan konflik terkait regulasi kepemilikan lahan. Hasil tes independensi Fisher antara sub variabel lemahnya penegakan dan perlindungan hukum penguasaan lahan dengan protes dan konflik regulasi kepemilikan lahan

menunjukkan hubungan yang signifikan. Dengan demikian jika penegakan dan perlindungan hukum lemah dalam penguasaan lahan, akan mendorong protes dan konflik kepemilikan yang berujung dengan pembakaran lahan ($X^2=9,070$, $p=0,019$). Sedangkan antara lemahnya penegakan dan perlindungan hukum penguasaan lahan dengan kebijakan pengelolaan/pemanfaatan hutan/lahan tidak terdapat hubungan yang signifikan ($X^2=1,448$, $p=0,250$). Artinya baik atau buruknya penegakan dan perlindungan hukum tidak ada kaitannya dengan kebijakan dimaksud. Kedua sub variabel ini sangat dipengaruhi oleh *stakeholder* yang berbeda. Jika penegakan dan perlindungan terletak pada aparat penegak hukum, maka kebijakan pengelolaan/pemanfaatan hutan lebih kepada aktor politik dan para pengambil kebijakan ditingkat nasional.

Tabel 7. Tabulasi Silang dari hubungan statistik antara Karakteristik Kebakaran Hutan dan Lahan Gambut dan Klaim Kepemilikan Lahan dengan Klasifikasi Ada atau Tidak Ada pada Tiap Sub Kategori

Karakteristik Kebakaran (Besar/Kecil)	Protes dan Konflik Regulasi Kepemilikan Lahan		Kebijakan Pengelolaan dan Pemanfaatan Hutan/Lahan		Lemahnya Penegakan dan Perlindungan Hukum Penguasaan Lahan	
	Ada	Tidak Ada	Ada	Tidak Ada	Ada	Tidak Ada
Kebakaran Besar	4	38	7	35	1	28
Kebakaran Kecil	2	5	1	6	3	17
Total	6	43	8	41	4	45
X^2 Value	2,026		0,025		7,122	
p Value ^a	0,199		0,680		0,031	
Cont. Coeff.	0,199		0,023		0,356	

Catatan: Cont. Coeff, Contingency Coefficient. ^apadap value mewakili tes independensi sampel kecil (Fisher's exact test).

Berdasarkan hasil sintesis dari artikel atau studi yang diseleksi yang menunjukkan karakteristik kebakaran dan penyebab kebakaran hutan dan lahan gambut di Indonesia bersama dengan ciri-cirinya. Distribusi frekuensi dari data set yang diperiksa

menyediakan gambaran umum terhadap karakteristik dan faktor pendorong kebakaran yang paling sering dibahas dalam studi atau artikel yang dipilih. Tes independensi *Chi-Square* diterapkan untuk melihat hubungan antar variabel dan

karakteristik kebakaran. Dalam studi ini, kami fokus terhadap tiga faktor pendorong yaitu kegiatan pertanian (Juárez-Orozco et al., 2017), kegiatan perkebunan serta klaim kepemilikan lahan sebagai faktor pendorong terbesar terjadinya kebakaran (Akbar, 2011; M et al., 2018; Sloan et al., 2017; Thoha et al., 2019). Faktor yang jarang dibahas dalam artikel terpilih dihilangkan dari meta analisis.

Kebijakan Pengelolaan dan Pemanfaatan Hutan/lahan, Pemberian Konsesi dan Konversi Hutan ke Perkebunan.

Jika dilihat dari hasil tes independensi di atas, kegiatan perkebunan tidak memiliki hubungan yang signifikan dengan kebakaran. Pemberian konsesi dan konversi hutan ke perkebunan bisa merupakan hasil samping dari kebijakan nasional dalam pengelolaan hutan. Uji independensi pada tabel 8 antara pemberian konsesi

dan konversi hutan ke perkebunan dengan kebijakan pengelolaan/pemanfaatan hutan/lahan menunjukkan hubungan yang signifikan antara kedua variabel dari dua kategori yang berbeda ($X^2 = 4,625$, $p=0,040$). Kebijakan pemanfaatan hutan melalui pemberian ijin pelepasan kawasan hutan untuk hutan produksi yang dapat dikonversi untuk kepentingan pembangunan di luar kegiatan kehutanan. Salah satu kegiatan tersebut adalah kegiatan perkebunan. Hal ini memberikan peluang bagi para perusahaan perkebunan tunggal ataupun grup membuka perkebunan di kawasan hutan. Untuk membuka hutan menjadi perkebunan salah satu cara yang mudah adalah dengan membakar. Jadi kedua variabel ini saling terkait dan secara tidak langsung mempengaruhi terjadinya kebakaran hutan dan lahan gambut.

Tabel 8. Tabulasi Silang dari Hubungan Statistik antara Pemberian Konsesi dan Konversi Hutan ke Perkebunan dan Kebijakan Pengelolaan/Pemanfaatan Hutan/Lahan dengan Klasifikasi Ada atau Tidak Ada

		Kebijakan Pengelolaan dan Pemanfaatan Hutan/Lahan	
		Ada	Tidak Ada
Pemberian Konsesi dan Konversi Hutan ke Perkebunan	Ada	6	14
	Tidak ada	2	27
Total		8	41
X^2 Value		4.625	
p Value ^a		0,040	
Cont. Coeff.		0,293	

Catatan: Cont. Coeff, Contingency Coefficient. ^apadap value mewakili tes independensi sampel kecil (Fisher's exact test).

PEMBAHASAN

Sejalan dengan (Effendi, 2003) pencemaran akan mempengaruhi alam dan merusak tatanan ekosistem akibat kegiatan manusia (polutan antropogenik). Berdasarkan hasil kebakaran hutan dan lahan gambut di Indonesia sangat erat kaitannya

dengan kegiatan manusia dalam penggunaan lahan adalah untuk kegiatan perkebunan, terutama gambut yang terdegradasi untuk kategori kelima. terakhir, intensitasi kebakaran besar terjadi pada saat musim kering bersamaan dengan adanya fenomena ENSO.

Lahan gambut merupakan lahan yang tidak stabil dan ketika dalam kondisi kering, air akan keluar dari pori-pori, dan oksigen akan masuk ke dalam pori – pori tanah kemudian mengoksidasi gambut melalui proses biologi maupun kimia, kekeringan juga akan meningkatkan resiko kebakaran. Lahan gambut dikeringkan dan digunakan untuk berbagai kepentingan seperti pertanian dan kehutanan (Biancalani, 2014). Lahan gambut juga merupakan target konversi lahan ke perkebunan maupun pertanian skala besar (Simorangkir, 2007) dimana Riau dan Kalimantan Tengah merupakan dua provinsi di Indonesia dengan luas lahan gambut yang signifikan. Riau yang memiliki lahan gambut terbesar di Pulau Sumatera dan Kalimantan Tengah memiliki lahan gambut terbesar kedua di Indonesia (Wahyunto et.al, 2004).

Lebih dari 30 – 40 tahun, hutan di lahan gambut Sumatera menurun dari 93% ke 38%, yang setengahnya beralih menjadi industri perkebunan (Miettinen et.al, 2012). Baik di Sumatera maupun di Kalimantan, perkebunan industri bersama dengan pertanian kecil merupakan tutupan lahan yang meningkat pesat di lahan gambut dalam 10 tahun terakhir (Miettinen et.al, 2016). Waktu kebakaran dimulai dari bulan Juli dan menurun di bulan November, yang mana Juli–September merupakan musim kemarau dengan curah hujan yang rendah dan November–April merupakan musim penghujan di Indonesia (Alsepan, 2020).

Kemarau yang terjadi bersamaan dengan periode ENSO mendorong peningkatan intensitas kebakaran karena menurunkan curah hujan secara drastis dan dalam waktu yang lama yaitu pada musim kemarau

sampai ke awal musim hujan (Alsepan, 2020).

Faktor pendorong kebakaran dari kegiatan antropogenik yang memiliki hubungan signifikan dengan karakteristik kebakaran adalah variabel lemahnya penegakan dan perlindungan hukum dalam penguasaan lahan. Lemahnya penegakan dan perlindungan hukum akan menimbulkan rasa ketidakadilan dan kekecewaan bagi masyarakat. Masyarakat setempat merasa terjadinya ketidakadilan dalam penggunaan lahan (Purnomo et al., 2019) serta tidak ada perlindungan terhadap hak kepemilikan lahan (Krishna et.al, 2017). Mereka merasa klaim kepemilikan dan penggunaan lahan tidak didengar oleh pemerintah secara adil dan transparan (Suyanto, 2007).

Akumulasi permasalahan-permasalahan karena lemahnya penegakan dan perlindungan/hukum ini mendorong terjadinya klaim kepemilikan tanah secara ilegal dan dengan cara-cara yang tidak berkelanjutan. Di sisi lain pemegang konsesi perkebunan memiliki hak yang besar untuk mengelola lahan namun kenyataannya banyak tidak dikelola dengan baik, namun tidak diketahui bagaimana sanksi yang diberikan oleh pemerintah. Untuk menegakkan dan memberikan perlindungan hukum tersebut, akan berbenturan dengan banyak kepentingan karena kebijakan penggunaan lahan di Indonesia tidak hanya dipengaruhi oleh pemerintah beserta arah kebijakan nasional, tetapi juga banyak aktor non pemerintah mulai dari perusahaan besar, organisasi non pemerintah maupun individu (Alisjahbana, 2017).

Selain itu politik patronase merupakan praktek yang banyak terjadi. Kelompok tertentu dalam hal ini pengusaha perkebunan memiliki kedekatan dengan para pembuat kebijakan sehingga sulit untuk disentuh hukum (Varkkey, 2013).

Walaupun kegiatan perkebunan melalui pembukaan lahan banyak disebut sebagai penyebab utama kebakaran hutan dan lahan, namun dalam studi ini tidak ditemukan hubungan yang signifikan antara variabel tersebut dengan karakteristik kebakaran. Namun kegiatan perkebunan melalui sub variabel pemberian konsesi dan konversi hutan menjadi perkebunan memiliki hubungan yang positif dengan kebijakan pengelolaan dan pemanfaatan hutan serta penggunaan lahan. Kedua sub variabel ini mungkin secara bersama dapat mempengaruhi karakteristik kebakaran, karena usaha perkebunan terutama yang berada di kawasan hutan tidak mungkin berdiri jika tidak ada ijin pelepasan hutan. Disisi lain ekspansi perkebunan ini sesuai dengan kepentingan pemerintah daerah terutama dalam meningkatkan perekonomian daerah yang mendorong pemberian ijin usaha perkebunan dan alokasi penggunaan lahan untuk perkebunan yang ada di daerahnya (Prabowo et.al, 2017), bahkan ada ijin yang terbit tanpa pelepasan hutan (Setiawan et.al, 2016).

SIMPULAN

Kebakaran hutan dan lahan di Indonesia merupakan masalah publik yang harus ditanggulangi secara komprehensif karena tidak hanya menyangkut ekonomi tetapi juga

ekologi dan sosial. Penegakan dan perlindungan hukum tidak bisa ditawar lagi terutama dalam mengatasi klaim kepemilikan lahan. Hak penggunaan lahan harus jelas dan adil khususnya bagi masyarakat kecil. Meninjau kembali alokasi penggunaan lahan selama ini dengan melihat apakah para pemegang konsesi telah mengelola lahannya dengan baik dan memberikan sanksi bagi yang melanggar sesuai aturan yang berlaku. Selain itu, perlu juga dicari cara lain yang kreatif tetapi juga efektif agar masyarakat dan para pelaku usaha yang memanfaatkan hutan dan lahan dengan cara-cara yang lebih berkelanjutan. Salah satunya adalah mengembangkan inovasi yang dapat diterima dan diterapkan oleh semua pihak dalam membuka dan mengelola hutan dan lahan khususnya pada lahan gambut.

Inovasi harus mampu meningkatkan pengetahuan bahwa kita sedang menghadapi masalah lingkungan karena terjadinya kebakaran hutan dan lahan gambut sehingga membakar lahan gambut untuk berbagai kepentingan tidak ditolerir lagi. Inovasi ini tidak hanya sekedar dari sisi kebijakan, tetapi juga ditindaklanjuti dengan riset dan pengembangan yang bersumber dari pengetahuan lokal. Hal ini untuk menghindari *mismatch* dan kontraproduktif antara inovasi yang ditawarkan dengan kebutuhan nyata. Dengan demikian hutan dan lahan gambut dapat memberikan manfaat yang maksimal bagi para penggunanya serta mengurangi terjadinya konflik vertikal maupun horizontal yang berujung pada pembakaran hutan dan lahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, H. A., Spracklen, D. V., & Arnold, S. R. (2019). Relationship Between Fire and Forest Cover Loss in Riau Province, Indonesia between 2001 and 2012. *Forests*, *10*(10), 1–19. <https://doi.org/10.3390/f10100889>
- Akbar, A. (2011). Studi Kearifan Lokal Penggunaan Api Persiapan Lahan: Studi Kasus di Hutan Mawas, Kalimantan Tengah. *Jurnal Penelitian Sosial Dan Ekonomi Kehutanan*, *8*(3), 211–230. <https://doi.org/10.20886/jsek.2011.8.3.211-230>
- Alisjahbana, A. S., & Busch, J. M. (2017). Forestry, Forest Fires, and Climate Change in Indonesia. *Bulletin of Indonesian Economic Studies*, *53*(2), 111–136. <https://doi.org/10.1080/00074918.2017.1365404>
- Alespan, G., & Minobe, S. (2020). Relations between Interannual Variability of Regional-Scale Indonesian Precipitation and Large-Scale Climate Modes during 1960–2007. *Journal of Climate*, *33*(12), 5271–5291. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-19-0811.1>
- Biancalani, R., & Avagyan, A. (2014). *Towards Climate-Responsible Peatlands Management* (R. Biancalani & A. Avagyan, eds.). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- Boer, C. (2002). Forest and fire suppression in East Kalimantan, Indonesia. In P. Moore, D. Ganz, L. C. Tan, T. Enters, & P. B. Durst (Eds.), *Communities in Flames: Proceedings of an International Conference on Community Involvement in Fire Management*. FAO & FireFight South East Asia.
- Chandra, S., Ziemke, J. R., Duncan, B. N., Diehl, T. L., Livesey, N. J., & Froidevaux, L. (2009). Effects of the 2006 El Niño on Tropospheric Ozone and Carbon Monoxide: Implications for Dynamics and Biomass Burning. *Atmospheric Chemistry and Physics*, *9*(13), 4239–4249. <https://doi.org/10.5194/acp-9-4239-2009>
- Cochran, W. G. (1954). Some Methods for Strengthening the Common χ^2 Tests. *Biometrics*, *10*(4), 417–451.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius : Yogyakarta.
- Fitriasari, E. T., Kistanto, N., Yuwanto, Y., Yuwono, T. (2019) *Policy Strategy Beyond Eco Tourism Development, Economics Development Analysis Journal* *8*(3) 264-278. 2019 <https://doi.org/10.15294/edaj.v8i3.31104>
- Hoscilo, A., Page, S. E., Tansey, K. J., & Rieley, J. O. (2011). Effect of Repeated Fires on Land-Cover Change on Peatland in Southern Central Kalimantan, Indonesia, from 1973 to 2005. *International Journal of Wildland Fire*, *20*(4), 578–588. <https://doi.org/10.1071/WF10029>
- Juárez-Orozco, S. M., Siebe, C., & Fernández y Fernández, D. (2017). Causes and Effects of Forest Fires in Tropical Rainforests: A Bibliometric Approach. *Tropical*

- Conservation Science*, 10, 194008291773720.
<https://doi.org/10.1177/1940082917737207>
- Krishna, V. V., Kubitzka, C., Pascual, U., & Qaim, M. (2017). Land Markets, Property Rights, and Deforestation: Insights from Indonesia. *World Development*, 99, 335–349.
<https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.05.018>
- Lee, G., Liew, S. C., Lim, O. K., & Lim, H. (1999). Analysis of Vegetation Types Affected by the 1997 Forest Fires in Sumatra. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)*, 2(65), 738–740.
<https://doi.org/10.1109/igarss.1999.774424>
- Legg, C. A., & Laumonier, Y. (1999). Fire In Indonesia, 1997: A Remote Sensing Perspective. *Ambio*, 28(6), 479–485.
- M, B., Lubis D.P., S. D., & D, S. (2018). The Viewpoint of Stakeholders on the Causes of Forest and Land Fires in Riau Province, Indonesia. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 30 (February), 108–114.
<https://doi.org/10.6018/analesps.33.3.238551>
- Miettinen, J., Hooijer, A., Wang, J., Shi, C., & Liew, S. C. (2012). Peatland Degradation and Conversion Sequences and Interrelations in SUMATRA. *Regional Environmental Change*, 12(4), 729–737.
<https://doi.org/10.1007/s10113-012-0290-9>
- Miettinen, J., Shi, C., & Liew, S. C. (2016). Land cover distribution in the peatlands of Peninsular Malaysia, Sumatra and Borneo in 2015 with changes since 1990. *Global Ecology and Conservation*, 6, 67–78.
<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2016.02.004>
- Miettinen, J., Shi, C., & Liew, S. C. (2017). Fire Distribution in Peninsular Malaysia, Sumatra and Borneo in 2015 with Special Emphasis on Peatland Fires. *Environmental Management*, 60(4), 747–757.
<https://doi.org/10.1007/s00267-017-0911-7>
- NOAANWS. (2020). Historical El Nino/ La Nina Episodes (1950-present). Retrieved November 28, 2020. From http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php
- Nugraha, R. P., Fauzi, A., & Ekayani, M. (2019). Analisis Kerugian Ekonomi pada Lahan Gambut di Kecamatan Pusako, dan Kecamatan Dayun, Kabupaten Siak, Provinsi Riau. *Ekonomi Pertanian, Sumberdaya dan Lingkungan (Journal of Agriculture, Resource, and Environmental Economics)*. (2), 1-14.
<https://doi.org/10.29244/jaree.v2i2.26072>
- Page, S. E., Siegert, F., Rieley, J. O., Boehm, H. D. V., Jaya, A., & Limin, S. (2002). The Amount of Carbon Released from Peat and Forest Fires in Indonesia During 1997. *Nature*, 420(6911), 61–65.
<https://doi.org/10.1038/nature01131>
- Prabowo, D., Maryudi, A., Senawi, & Imron, M. A. (2017). Conversion of forests into oil palm plantations in West Kalimantan, Indonesia: Insights from actors' power and its dynamics. *Forest*

- Policy and Economics*, 78, 32–39.
<https://doi.org/10.1016/j.forpol.2017.01.004>
- Purnomo, E. P., Ramdani, R., Agustiyara, A., Tomaro, Q. P. V., & Samidjo, G. S. (2019). Land Ownership Transformation Before and After Forest Fires in Indonesian Palm Oil Plantation Areas. *Journal of Land Use Science*, 14(1), 37–51.
<https://doi.org/10.1080/1747423X.2019.1614686>
- Putra, R., Sutriyono, E., Kadir, S., & Iskandar, I. (2019). Understanding of fire Distribution in the South Sumatra Peat Area During the Last Two Decades. *International Journal of GEOMATE*. 16(54). 2186–2990.
<https://doi.org/10.21660/2019.54.8243>
- Setiawan, E. N., Maryudi, A., Purwanto, R. H., & Lele, G. (2016). Opposing Interests in the Legalization of Non-Procedural Forest Conversion to Oil Palm in Central Kalimantan, Indonesia. *Land Use Policy*, 58, 472–481.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.08.003>
- Siegert, F., & Hoffmann, A. A. (2000). The 1998 forest fires in East Kalimantan (Indonesia): A Quantitative Evaluation Using High Resolution, Multitemporal ERS-2 SAR Images and NOAA-AVHRR Hotspot Data. *Remote Sensing of Environment*. 72(1). 64–77.
[https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(99\)00092-9](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(99)00092-9)
- Siegert, F., & Rucker, G. (1999). Evaluation of the 1998 Forest Fires in East-Kalimantan (Indonesia) Using Multitemporal ERS-2 SAR Images. *Earth Observation Quarterly*. (61). 7–12.
 DOI:10.1109/IGARSS.1999.773441
- Erusani, A. S., & Aji, A. C. (2022). *Anthropogenic Activities Of Illegal Mine Resistance To The Environment And Social Economic Dynamics*. *International Journal of Social Science*, 1(5), 853–858.
<https://doi.org/10.53625/ijss.v1i5.1370>
- Simorangkir, D. (2007). Fire use: Is it Really the Cheaper Land Preparation Method for Large-Scale Plantations? *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(1), 147–164.
<https://doi.org/10.1007/s11027-006-9049-2>
- Sloan, S., Locatelli, B., Wooster, M. J., & Gaveau, D. L. A. (2017). Fire Activity in Borneo Driven by Industrial Land Conversion and Drought During El Niño Periods, 1982–2010. *Global Environmental Change*, 47 (September). 95–109.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.10.001>
- Sudarman, S., Saputra, D. D., Karnowo, K., & Febrian, F. (2019). Minimalisasi Pencemaran Udara Melalui Penyetelan Perangkat Pembakaran Motor Sesuai Dengan Baku Mutu Emisi. *Rekayasa*. 16(2). 165–172.
<https://doi.org/10.15294/rekayasa.v16i2.17507>
- Sukarman. (2015). Pembentukan, Sebaran dan Kesesuaian Lahan Pembentukan Tanah Gambut. *Panduan Pengelolaan Berkelanjutan Lahan Gambut Terdegradasi*, (12), 2–15.

- Sumarga, E. (2017). Spatial Indicators For Human Activities May Explain the 2015 Fire Hotspot Distribution in Central Kalimantan Indonesia. *Tropical Conservation Science*, 10. <https://doi.org/10.1177/1940082917706168>
- Suyanto, S. (2007). Underlying Cause of Fire: Different form of Land Tenure Conflicts in Sumatra. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(1), 67–74. <https://doi.org/10.1007/s11027-006-9039-4>
- Tacconi, L., Moore, P. F., & Kaimowitz, D. (2007). Fires in tropical forests - What is Really the Problem? Lessons from Indonesia. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 12(1), 55–66. <https://doi.org/10.1007/s11027-006-9040-y>
- Tacconi, Luca. (2003). Kebakaran Hutan di Indonesia: Penyebab, Biaya dan Implikasi Kebijakan. In Center for International for Forestry Research (Vol. 38). <https://doi.org/10.17528/cifor/001200>
- Tacconi, Luca. (2016). Preventing Fires and Haze in Southeast Asia. *Nature Climate Change*, 6(7), 640–643. <https://doi.org/10.1038/nclimate3008>
- Thoha, A. S., Saharjo, B. H., Boer, R., & Ardiansyah, M. (2019). Characteristics and Causes of Forest and Land Fires in Kapuas District, Central Kalimantan Province, Indonesia. *Biodiversitas*, 20(1), 110–117. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200113>
- Trinirmalaningrum, Dalidjo, N., Siahaan, F. R., Widyanto, U., Achsan, I. A., Primandari, T., & Wardana, K. W. (2015). *Di Balik Tragedi Asap: Catatan Kebakaran Hutan dan Lahan 2015* (F. R. Siahaan & N. Dalidjo, Eds.). Jakarta: The Asia Foundation.
- Varkkey, H. (2012). Patronage Politics as a Driver of Economic Regionalisation: The Indonesian Oil Palm Sector and Transboundary Haze. *Asia Pacific Viewpoint*, 53(3), 314–329. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8373.2012.01493.x>
- Varkkey, H. (2013). Patronage politics, Plantation Fires and Transboundary Haze. *Environmental Hazards*, 12(3-4), 200-217. <https://doi.org/10.1080/17477891.2012.759524>
- Varma, A. (2003). The Economics of Slash and Burn: A Case Study of the 1997-1998 Indonesian Forest Fires. *Ecological Economics*, 46(1), 159–171. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(03\)00139-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(03)00139-3)
- Vetrita, Y., & Cochrane, M. A. (2020). Fire Frequency and Related Land-Use and Land-Cover Changes in Indonesia's Peatlands. *Remote Sensing*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/RS12010005>
- Wahyunto, Ritung, S., Suparto, & Subagjo. (2004). *Peat distributin and Carbon Content in Sumatra and Kalimantan*. Bogor: Wetlands International – Indonesia Programme.

- Whitburn, S., Van Damme, M., Clarisse, L., Turquety, S., Clerbaux, C., & Coheur, P. F. (2016). Doubling of Annual Ammonia Emissions From the Peat Fires in Indonesia During the 2015 El Niño. *Geophysical Research Letters*, *43*(20), 11,007-11,014.
<https://doi.org/10.1002/2016GL070620>
- Wooster, M. J., Perry, G. L. W., & Zoumas, A. (2012). Fire, Drought and El Niño Relationships on Borneo (Southeast Asia) in the Pre-MODIS Era (1980-2000). *Biogeosciences*, *9*(1), 317–340.
<https://doi.org/10.5194/bg-9-317-2012>
- Wooster, M. J., & Strub, N. (2002). Study of the 1997 Borneo fires: Quantitative Analysis Using Global Area Coverage (GAC) Satellite data. *Global Biogeochemical Cycles*, *16*(1), 9-1-9-12.
<https://doi.org/10.1029/2000gb001357>
- Yim, C. Y. (1999). The Forest Fires in Indonesia 1997-98. *Geography*, *84*(3), 251–260