

DAMPAK KEBAKARAN LAHAN TERHADAP KESUBURAN FISIK, KIMIA, DAN BIOLOGI TANAH SERTA ALTERNATIF PENANGGULANGAN DAN PEMANFAATANNYA

The Impact of Land Burning on Soil Physical Fertility, Chemistry, and Biology and their Alternative Controlling and Usage

M. Anang Firmansyah¹ dan Subowo²

anang.firmansyah75@yahoo.com; sub_gito@yahoo.com

¹ *Balai Penelitian dan Pengkajian Kalimantan Tengah, Jl. G. Obos Km 5, Kotak Pos 122 Palangkaraya 73111*

² *Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114*

Naskah diterima 6 Februari 2012; hasil evaluasi 16 Agustus 2012; hasil perbaikan 21 Desember 2012

ABSTRAK

Makalah membahas dampak kebakaran lahan terhadap kesuburan tanah yang meliputi sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Kebakaran lahan pada awalnya akan menurunkan keanekaragaman hayati tanah, kandungan bahan organik tanah dan selanjutnya dalam jangka pendek mampu meningkatkan pH tanah, meningkatkan N-NH₄⁺, fosfor tersedia, Na⁺, K⁺ dan Mg²⁺, menurunkan KTK, dan Ca²⁺ dan populasi biologi tanah. Sifat tanah yang paling peka terhadap kebakaran lahan adalah sifat biologi tanah termasuk hama-penyakit bawaan tanah yang hidup di permukaan tanah. Pembakaran lahan sengaja hendaknya diarahkan pada lahan yang potensial untuk pengembangan pertanian, namun memiliki endemi serangan hama-penyakit bawaan tanah. Pemanfaatan lahan pasca kebakaran dapat dilakukan dengan pencegahan terjadinya erosi oleh air hujan, pemberian bahan organik yang tidak mengandung hama-penyakit tanaman; pilihan komoditas dari jenis tanaman sederhana yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan cepat tumbuh. Aplikasi pupuk hayati dapat dilakukan secara maksimal, baik jenis/fungsi, jumlah maupun penempatannya dengan diikuti pemberian bahan organik secukupnya. Seluruh organisme fungsional yang dapat memperbaiki sifat fisik maupun kimia/hara dapat diaplikasikan dengan tetap memperhatikan pencegahan adanya kontaminasi hama-penyakit bawaan tanah.

Kata kunci : Kebakaran, lahan, biologi tanah, kesuburan tanah

ABSTRACT

The paper discussed the impact of fires on soil fertility including soil physical, chemical, and biological aspects. Fires initially lowered soil biodiversity, organic matter content and further in the short term increased soil pH, N-NH₄⁺, available phosphorus, Na⁺, K⁺ and Mg²⁺, but decreased CEC, Ca²⁺, and biological population of the soil. The most susceptible soil properties were soil biological properties and soil pest-borne disease living on the soil surface. Deliberately burning the land should be directed to the potential land for agriculture, but has endemic soil-borne disease. Post-fire land use can be done by preventing erosion, application organic materials that do not contain plant pests and disease, selection of crops having high economic value and grow rapidly. Application of biofertilizers included type/function, rate, and placement and accompanied by sufficient organic matter application. All microorganism having ability to improve soil physical and chemical properties could be applied to the soils and that contamination of the soil borne diseases should be prevented.

Keywords : Fire, land, soil biology, soil fertility

Kebakaran di Indonesia pada tahun 1997 yang bertepatan terjadinya El-Nino, berdampak terhadap perubahan lingkungan global (Asian Development Bank, 1999). Selain itu, kebakaran lahan di Indonesia juga terjadi pada sistem perladangan berpindah yang banyak dilakukan oleh masyarakat

pedalaman. Tingkat kebakaran yang luar biasa besar tersebut menjadi pusat perhatian masyarakat regional dan internasional. *Food and Agriculture Organization* menyelenggarakan dua pertemuan penting setelah kejadian kebakaran tersebut. Pertama, Konggres Kehutanan Sedunia ke XI dan Hasil Pertemuan Informasi Kebakaran

Hutan (*the XI World Forestry Congress and Result of the Information Meeting on Forest Fires*) tanggal 12 Nopember 1997 di Antalya, Turkey. Kedua, Pertemuan Kebijakan Publik dalam Mengatasi Kebakaran Hutan (*Meeting on Public Policies Affecting Forest Fires*) pada tanggal 28-30 Oktober 1998 di Maxico.

Wilayah Indonesia yang terbakar pada tahun 1997 – 1998 diperkirakan seluas 9,655 juta hektar. Kalimantan merupakan wilayah terluas yang terbakar yaitu sebesar 6,5 juta hektar yang meliputi 2,375 juta hektar hutan dataran rendah, 2,829 juta hektar wilayah pertanian, dan 1,241 juta hektar lahan gambut dan hutan rawa, rumput dan semak kering, hutan tanaman industri dan perkebunan. Wilayah terbakar terluas kedua adalah Sumatera sebesar 1,755 juta hektar, diikuti Irian Jaya, Sulawesi, dan Jawa masing-masing seluas, 0,9, 0,4, dan 0,1 juta hektar (Asian Development Bank (1999)). Kebakaran pada ekosistem hutan di Indonesia ternyata lebih banyak melanda hutan sekunder daripada hutan primer. Menurut Dennis *et al.* (2001) hutan sekunder lebih besar menyokong kebakaran dibandingkan hutan primer karena penumpukan bahan bakar dan kondisi terdegradasi serta didukung oleh iklim yang cukup kering.

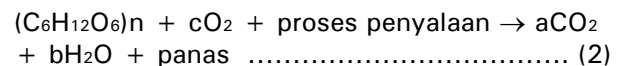
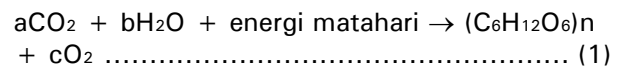
Kebakaran lahan hutan berdampak pada ekologi dan hilangnya biodiversitas atau keragaman hayati. Menurut *Secretariate of Convention on Biological Diversity* (2001) ekologi atau ekosistem diartikan sebagai kompleks dinamis dari tanaman, hewan, dan komunitas mikroorganisme serta lingkungan tak hidup, yang saling berinteraksi sebagai suatu unit fungsional. Sedangkan biodiversitas adalah keragaman di antara organisme hidup dalam suatu relung/habitat dalam makna tersebut termasuk keragaman dalam spesies, antar spesies, dan antar ekosistem.

Dampak kebakaran lahan pada ekologi secara makro adalah terjadinya penurunan spesies dalam jumlah maupun keragaman, dan pada gilirannya berdampak buruk pada kesehatan manusia (Chidumayo, 1997; Wobe, 1998; Arvalo *et al.*, 2001). Penurunan spesies

ini pada prinsipnya juga menurunkan populasi hama-penyakit bawaan tanah yang sementara ini sangat sulit diatasi. Makalah ini lebih terfokus pada ekologi secara mikro yaitu pada aspek tanah, baik fisik, kimia maupun biologi tanah serta alternatif pemberdayaannya pasca kebakaran lahan untuk pengembangan pertanian.

PROSES KEBAKARAN DAN PENINGKATAN SUHU TANAH

Kebakaran Merupakan kejadian alam yang bermula dari api, yaitu proses reaksi secara cepat dari oksigen dengan unsur-unsur lain yang ditandai dengan panas, cahaya serta biasanya menyala. Kebakaran merupakan proses kebalikan dari fotosintesis. Apabila fotosintesis merupakan proses pemusatan energi secara perlahan-lahan (reaksi 1), maka kebakaran merupakan proses pelepasan energi secara cepat (reaksi 2), perasamaan reaksi tersebut adalah sebagai berikut:



Kejadian kebakaran pada lahan dipengaruhi sumber bahan bakar sehingga kebakaran umumnya terbagi dalam 3 golongan, yaitu: 1) *ground fires* (kebakaran bawah) yaitu kebakaran berasal dari bahan bakar yang terletak pada lantai tanah pada lapisan serasah (*litter*), akar, gambut, dan lain-lain; 2) *surfaces fires* (kebakaran permukaan) merupakan kebakaran yang berasal dari pembakaran bahan-bahan yang terletak dekat permukaan tanah seperti ranting, dahan, semak, rumput dan lain-lain; 3) *crown fires* (kebakaran tajuk) yaitu kebakaran yang berasal dari bahan-bahan yang mudah terbakar dari kanopi dan tegakan pohon.

Proses kebakaran umumnya terdiri dari 5 tahapan, yaitu: 1) *pre-ignition* (pra penyalaan) merupakan pemanasan bahan bakar (*fuels*) dan

panas; 2) *flaming combustion* (penyalaan kebakaran) adalah reaksi eksotermik yang cepat dan menghasilkan suhu antara 300-1.400°C fase ini mempengaruhi kondisi tanah; 3) *smolding combustion* (pembaraan kebakaran) merupakan fase nyala api normal dengan laju penyebaran rendah yaitu 3 cm/jam dan flux panas menurun dengan suhu antara 300-600°C; 4) *glowing combustion* (periapan kebakaran) merupakan oksidasi residu sangat lemah dari *flaming* dan *smolding*, bersifat pembakaran jangka panjang, namun menghasilkan suhu antara 400-700°C; dan 5) *extinction* (pemadaman) merupakan fase terakhir dimana kebakaran padam (Fuller, 1991).



Gambar 1. Pembersihan lahan dengan membakar masih menjadi tradisi di Desa Pendahara, Kecamatan Tewang Sanggalang Garing, Kabupaten Katingan, Kalimantan Tengah

Kebakaran menghasilkan panas yang menyebar ke lingkungan sekitar api kebakaran. Terdapat 5 proses pemindahan panas dari bahan yang terbakar ke lapisan organik atau mineral tanah, yaitu: 1) *radiation* (radiasi) yaitu pemindahan panas melalui gerakan gelombang elektromagnetik, merupakan mekanisme utama untuk perpindahan panas pada awal terbakarnya vegetasi dan dalam udara tenang; 2) *convection*

(konveksi) merupakan proses perpindahan panas dari suatu tempat ke tempat lain oleh pencampuran massa udara, proses ini merupakan proses agresif dan kobaran perilaku api; 3) *conduction* (konduksi) merupakan perpindahan panas karena terjadi kontak fisik antara sumber panas dan bahan bakar dengan bahan mineral; 4) *mass transport* (perpindahan massa) terjadi apabila bahan bakar berpindah ke lereng bawah akibat gravitasi; 5) *condensation* (kondensasi) memiliki peranan penting terhadap gerakan panas sangat cepat ke dalam air, proses ini sangat berperan dalam membakar bahan cair dari organik.

Kisaran suhu maksimal kebakaran lahan hutan adalah antara 200-300°C, pada perladangan berpindah dengan biomassa >400 t/ha memiliki kisaran 500-700°C, semak antara 300-700°C, dan padang rumput dengan biomassa <1 t/ha menghasilkan suhu <225°C (Rundel 1983 in Neary *et al.*, 1999).



Gambar 2. Pasca pembakaran lahan untuk perladangan berpindah di tanah Ultisol (Podzolik Merah Kuning), di Kecamatan Manuhing, Kabupaten Gunung Mas, Kalimantan Tengah

Menurut Dombeck *et al.* (2000) kebakaran hutan bertegakan rendah yang memiliki intensitas rendah yaitu dengan diameter pohon < 7,62 cm memiliki resiko terkecil terhadap ekosistem dan memiliki pengaruh positif terhadap biodiversitas, produktivitas tanah, dan kualitas air. Pada intensitas rendah yaitu dengan diameter pohon < 7,62 cm yang rendah memiliki resiko terkecil terhadap ekosistem dan memiliki pengaruh positif terhadap biodiversitas, produktivitas tanah, dan kualitas air. Intensitas kebakaran kelas sedang berdampak pada penurunan biodiversitas, produktivitas tanah, dan kualitas air. Intensitas kebakaran tinggi memiliki resiko tinggi, membakar lapisan organik tanah, terjadinya volatilisasi hara, meningkatnya *run off* atau aliran permukaan. Kebakaran intensitas tinggi jika pohon berdiameter < 7,62 cm mendekati sebanyak 1.483 batang per hektar.

Kebakaran hutan tanaman industri (HTI) di Indonesia cukup besar, dengan ancaman kebakaran tiap 3 bulan sekali. Kebakaran ini umumnya menimpa *Acacia mangium*, namun dengan perawatan yang lebih baik terhadap gulma, dan memberantas vegetasi dengan diameter lebih dari 1 cm efektif menurunkan kejadian kebakaran (Saharjo, 1997). Dampak kebakaran pada HTI *A. mangium* adalah menghambat terjadinya regenerasi alami. Hal ini disebabkan kebakaran yang menghasilkan panas > 150°C akan mematikan biji *A. mangium*,

sedangkan untuk memicu pecahnya dormansi biji hanya dibutuhkan suhu maksimal 75°C (Saharjo dan Watanabe, 1997).

SIFAT FISIK DAN KIMIA TANAH PASCA KEBAKARAN

Kebakaran lahan umumnya berpengaruh besar terhadap sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Dalam jangka pendek kebakaran yang menghancurkan bahan organik tanah berpengaruh positif terhadap peningkatan ketersediaan hara. Namun demikian yang perlu diwaspadai jika terjadi curah hujan setelah kebakaran. Hal tersebut akan mempercepat kehilangan abu organik/bahan organik dan hara oleh hanyutan air. Perubahan sifat fisik-kimia tanah pasca kebakaran diantaranya adalah hilangnya bahan organik dan Ca²⁺ masing-masing 68 dan 219 kali lipat (Tabel 1). Hilangnya bahan organik tanah yang merupakan sumber energi dan hara bagi kehidupan organisme tanah selanjutnya dapat merusak stabilitas struktur tanah (agregat tanah) ataupun sifat fisik tanah lainnya.

Kebakaran lahan mampu meningkatkan pH tanah, meningkatkan N-NH₄⁺, fosfor tersedia, Na⁺, K⁺ dan Mg²⁺, serta menurunkan KTK, dan Ca²⁺ (Gimeno-Garcia *et al.*, 2000). Ketersediaan hara N pasca kebakaran ternyata meningkat. Peningkatan N baik dalam bentuk NH₄⁺ dan NO₃⁻

Tabel 1. Jumlah kehilangan bahan organik dan hara per unit area oleh erosi air setelah kebakaran pada aliran permukaan

Parameter	Perlakuan kebakaran			Standar eror
	Intensitas tinggi	Intensitas sedang	Kontrol	
Bahan organik (g/m)	39,91	36,65	0,59	0,49
N Total (g/m)	1,59	1,46	0,02	0,02
N-NH ₄ ⁺ (mg/m ²)	7,13	8,12	0,21	0,14
N-NO ₃ ⁻ (mg/m ²)	4,82	7,45	0,15	0,23
P tersedia (mg/m ²)	24,17	11,70	0,14	0,44
Na ⁺ (mg/m ²)	17,38	12,37	0,07	0,22
K ⁺ (mg/m ²)	178,50	103,93	0,42	3,00
Mg ²⁺ (mg/m ²)	143,75	77,94	0,29	2,17
Ca ²⁺ (g/m ²)	3,95	3,25	0,02	0,05

Sumber : Gimeno-Garcia *et al.* (2000)

dari pasca kebakaran ternyata memiliki pengaruh jangka pendek, sebab pada dua tahun setelah kejadian kebakaran jumlah N makin menurun. Penurunan tersebut terkait dengan makin rendahnya laju mineralisasi dan juga nitrifikasi serta meningkatnya laju immobilisasi.

Giardina dan Rhoades (2001) menunjukkan bahwa tebang dan tebang-bakar menunjukkan laju mineralisasi dan nitrifikasi lebih tinggi daripada kontrol dan tanpa tebang-bakar (Tabel 2). Hal itu sebagai salah satu alasan bahwa pembakaran hutan dan lahan seringkali dilakukan para peladang berpindah di daerah tropis termasuk Indonesia untuk pengkayaan unsur hara sebelum tanam padi ladang.

Ellingstone *et al.* (2000) menunjukkan bahwa tebang bakar menghasilkan peningkatan secara dramatis N anorganik dan pH tanah. Pool N mineral permukaan tanah (1-10 cm) meningkat dari 9 menjadi 44 kg/ha dalam perlakuan intensitas kebakaran rendah, dan pada kebakaran intensitas tinggi dari 18 menjadi 57 kg/ha. Mineralisasi N lebih tinggi pada perlakuan kebakaran dibandingkan tanpa kebakaran. Pada nitrifikasi $>9,5 \mu\text{g NO}_3^-$ tanah per hari pada perlakuan kebakaran intensitas tinggi, dan hanya $3,9 \mu\text{g NO}_3^-$ tanah per hari pada perlakuan tanpa kebakaran. Namun pada periode jangka panjang setelah 3 tahun kebakaran, potensi mineralisasi N mulai menurun dari 4,3 dan 5,4 mg/g pada awal penelitian menjadi 2,5 dan 2,4 mg/g pada akhir penelitian berturut-turut untuk kebakaran intensitas sedang dan tinggi. Hilangnya kehidupan akibat kebakaran akan memutus rantai daur hara N. Pasokan N hasil dari mineralisasi N-udara yang jatuh ke permukaan tanah oleh air hujan akan langsung hilang tercuci

atau terfiksasi oleh mineral tanah. Pembentukan N-organik tanah hasil dari biomassa yang merupakan media utama pengendali N tanah menjadi terputus/hilang.

Gimeno-Garcia *et al.* (2000) dalam penelitiannya mengenai intensitas kebakaran di lahan semak belukar Mediteran menggunakan 3 perlakuan yaitu; tanpa kebakaran dengan jumlah biomassa 5 t/ha, kebakaran intensitas sedang dengan menambahkan 20 t/ha biomassa sehingga didapat panas rata-rata 232°C ($200-400^\circ\text{C}$), kebakaran intensitas tinggi dengan menambahkan 40 t/ha biomassa didapatkan panas rata-rata 439°C ($400-600^\circ\text{C}$). Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa NH_4^+ meningkat pada kedua intensitas kebakaran sebesar 25 kali lipat dibandingkan tanpa kebakaran. Hal ini diakibatkan transformasi bahan organik yang terjadi pada suhu $>210^\circ\text{C}$. Peningkatan P tersedia pada kebakaran disebabkan oleh pelepasan P-organik dan mineralisasi bahan mineral tanah sebagai akibat dari suhu tinggi. Kation-kation dapat ditukar meningkat akibat meningkatnya kadar abu hasil pembakaran bahan organik dan vegetasi. Penurunan kapasitas tukar kation (KTK) dipengaruhi oleh penurunan Ca^{2+} yang mendominasi kompleks pertukaran, penurunan Ca^{2+} sebagai akibat fraksi Ca^{2+} yang berikatan dengan bahan organik tervolatilisasi pada suhu tanah $>677^\circ\text{C}$ (Tabel 3).

Kebakaran lahan nampaknya berpengaruh lebih besar pada lapisan tanah atas. Penelitian Kim *et al.* (1999) menunjukkan bahwa kebakaran intensitas rendah dan tinggi mempengaruhi secara nyata kandungan N, P_2O_5 , K, Na, Ca, Mg, dan Kejenuhan basa (KB) pada

Tabel 2. Kondisi N tanah pada kedalaman 0-10 cm

Perlakuan	Nitrifikasi $\mu\text{g N/g tanah/30 hari}$	Mineralisasi	Mineralisasi kg N/ha/30 hari
Hutan tanpa bakar	0,04	0,69	0,74
Hutan-tebang	0,23	2,54	2,59
Hutan-bakar	0,19	1,05	0,97
Hutan-tebang-bakar	1,14	5,63	6,02

Sumber: Giardina dan Rhoades (2001)

Tabel 3. Sifat-sifat tanah pada kedalaman 0-5 cm pada perlakuan sebelum dan setelah kebakaran lahan

Parameter	Sebelum kebakaran				Setelah kebakaran			
	Tinggi	Sedang	Kontrol	SE	Tinggi	Sedang	Kontrol	SE
Bahan organik (%)	11,47	9,28	10,15	1,21	11,21a	11,62a	10,15a	1,02
N Total (%)	0,43	0,38	0,44	0,04	0,42a	0,40a	0,44a	0,03
N-NH ₄ ⁺ (mg/kg)	3,54	4,71	2,16	0,09	87,27c	52,36b	2,16a	0,98
N-NO ₃ ⁻ (mg/kg)	27,39	26,72	19,39	0,75	7,59b	15,96b	19,36a	0,51
P tersedia (mg/kg)	11,62	6,41	8,08	0,21	66,44c	38,34b	8,08a	1,13
KTK (C mol/kg)	31,25	28,83	27,15	1,81	25,23b	24,98b	27,15a	2,02
Na ⁺ (%)	1,51	2,00	1,09	0,57	4,84b	5,54b	1,09a	0,69
K ⁺ (%)	4,43	4,75	4,63	0,51	8,34b	8,14b	4,63a	1,01
Mg ²⁺ (%)	13,67	12,47	12,79	1,32	18,50b	16,34b	12,79a	1,83
Ca ²⁺ (%)	80,39	80,79	91,48	1,72	63,32b	69,94b	81,48a	3,40

Sumber : Gimeno-Garcia *et al.* (2000)

Keterangan : Angka yang diikuti dengan huruf yang tidak sama dalam kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata perlakuan/parameter pada uji Tukey (P < 0,05).

Tabel 4. Perubahan sifat kimia tanah pada hutan *Pinus densiflora* Korea antara terbakar dan tidak terbakar

Kedalaman tanah	Intensitas	pH H ₂ O 1:5	BO	N	P ₂ O ₅	KTK	Kation dapat ditukar				KB
							K	Na	Ca	Mg	
mm		 %	ppm	 C mol/kg				%
0-50	0	5,2a	5,21a	0,20b	16b	10a	0,30b	0,16b	1,72b	1,23b	36b
	1	5,9a	8,32a	0,33ab	94a	13a	0,56a	0,15a	2,33a	2,44a	67a
	2	5,8a	6,49a	0,25ab	50b	11a	0,49a	0,12a	3,88a	2,23a	63a
50-150	0	5,2a	3,37a	0,4a	22a	11a	0,30a	0,14a	1,06ab	1,12ab	26b
	1	5,1a	4,22a	0,20a	15a	11a	0,35a	0,16a	1,32b	1,03b	28b
	2	5,2a	2,23a	0,10a	14a	9a	0,34a	0,13a	2,08a	1,48a	49a
150-250	0	5,0a	1,84a	0,07a	2a	10a	0,14a	0,18a	0,52b	0,66b	16b
	1	4,9a	1,59a	0,07a	1a	11a	0,20a	0,22a	0,53b	0,74b	17ab
	2	5,0a	1,04b	0,06a	2a	8a	0,24a	0,24a	0,51a	1,10a	25a

Sumber : Kim *et al.* (1999)

Keterangan : 0 = tidak terbakar, 1 = terbakar intensitas rendah, 2 = terbakar intensitas tinggi. Angka yang diikuti dengan huruf yang sama dalam kolom yang sama pada kedalaman yang sama tidak menunjukkan adanya perbedaan nyata pada uji Tukey (P < 0,05).

lapisan tanah atas (0-50 mm). Sebaliknya, pada lapisan bawah (50-150 mm dan 150-250 mm) hanya berpengaruh nyata pada penurunan Ca, Mg dan KB (Tabel 4).

Hasil serupa juga diperoleh penelitian Pennington *et al.* (2001) bahwa sifat kimia tanah yang dipengaruhi kebakaran umumnya lebih besar pada lapisan atas daripada lapisan di bawah. Sifat kimia tanah seperti C organik, N

total, P total dan pH di lapisan atas (0-50 mm) dipengaruhi sangat nyata akibat kebakaran, sedangkan lapisan 50-100 mm dipengaruhi secara nyata. Sebaliknya, pada lapisan 100-200 mm dan 200-300 mm kebakaran tidak berpengaruh pada sifat kimia tanah.

Frekuensi terjadinya kebakaran juga cenderung menyebabkan terjadinya perubahan kimia tanah. Roscoe *et al.* (2000) menunjukkan

bahwa frekuensi kebakaran tinggi hingga 3 kali per tahun menurunkan jumlah total C organik dan N total lebih tinggi dibandingkan frekuensi kebakaran 1-2 kali per tahun, dan meningkatkan C/N menjadi lebih tinggi.

SIFAT BIOLOGI TANAH PASCA KEBAKARAN LAHAN

Suhu yang dihasilkan dari kebakaran dapat mengganggu aspek biologi dalam tanah. Akar halus (<1 mm) merupakan indikator kelestarian hayati lahan hutan, karena akar halus memberikan sumbangan C organik tanah terbesar (27%) setara dengan serasah daun pada permukaan atas (26%). Fearnside *et al.* (1999) menunjukkan persentase tipe dan kelas diameter biomassa yang terbakar akibat kebakaran. Hanya 21% biomassa termakan api pada diameter >10 cm, sedangkan tertinggi adalah serasah dan daun mencapai 97%. Tanaman gulma yang pada umumnya merupakan tanaman rendah/rumput-rumputan sampai perdu, juga akan mengalami pemusnahan mulai dari tanaman induk maupun biji-bijiannya.

Kondisi biologi tanah umumnya mulai mengalami gangguan pada kisaran suhu 40-70°C untuk degradasi protein dan sisa tanaman, pada suhu tanah 48-54°C akar mulai mati, biji-bijian mati pada suhu 70-90°C. Sedangkan *Mikoriza Vesicular Arbuscular* dengan membentuk spora tahan hidup sampai 94°C (Tabel 5).

Pada lahan pertanian tanaman pangan/semusim dengan biomassa permukaan berkisar 5-6 t/ha yang pada proses penyiapan lahan melakukan pembakaran dapat menghasilkan panas sebesar 300-700°C (setara lahan semak belukar). Sementara populasi organisme tanah banyak berada di permukaan tanah (0-20 cm), sehingga potensi pemusnahan organisme tanah termasuk organisme pengganggu (hama-penyakit tanaman) akan semakin besar. Akibatnya pada lahan-lahan pertanian tanaman pangan intensif populasi organisme tanah rendah, terutama meso-makro fauna. Sementara Giller *et al.* (1997) dalam upaya mendukung pengembangan pertanian intensif di kawasan tropika yang sebagian besar petaninya memiliki kemampuan memberikan input/pupuk lemah, pemberdayaan sumberdaya hayati tanah relevan untuk diupayakan. Untuk itu antisipasi perlakuan pembakaran lahan oleh petani yang memiliki kemampuan pembiayaan terbatas akan semakin mempersulit bagi petani sendiri untuk meningkatkan pendapatan.

Intensitas kebakaran juga mempengaruhi kondisi biologi tanah. Untuk permukaan tanah pengaruh intensitas kebakaran sangat fatal (Tabel 6). Intensitas kebakaran tinggi menyebabkan suhu permukaan tanah mencapai hingga 675°C yang menyebabkan serasah permukaan seluruhnya termakan api, perakaran permukaan mati, mikroba permukaan mati, dan terjadi volatilisasi hara. Pada kedalaman tanah 25 mm mencapai suhu 190°C mengakibatkan bahan

Tabel 5. Tolok ukur suhu untuk gangguan biologi di dalam tanah

Komponen biologi	Suhu (°C)	Referensi
Akar tanaman	48	Hare, 1961
Mamalia kecil	49	Lyon <i>et al.</i> , 1978
Koagulasi protein	60	Precht <i>et al.</i> , 1973
Fungi-tanah basah	60	Dunn <i>et al.</i> , 1985
Bijian-tanah basah	70	Martin <i>et al.</i> , 1975
Fungi-tanah kering	80	Dunn <i>et al.</i> , 1985
Nitrosomonas spp-tanah basah	80	Dunn and DeBano, 1977
Nitrosomonas spp-tanah kering	90	Dunn and DeBano, 1997
Bijian –tanah kering	90	Martin <i>et al.</i> , 1975
Mikoriza VA	94	Klopatek <i>et al.</i> , 1988

Sumber : DeBano *et al.* (1977) dalam Neary *et al.* (1999)

Tabel 6. Pengaruh suhu intensitas kebakaran terhadap karakteristik biologi dan kimia tanah

Parameter	Intensitas kebakaran		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Suhu permukaan	250°C	400°C	675°C
Suhu – 25 mm	100°C	175°C	190°C
Suhu – 50 mm	< 50°C	50°C	75°C
Serasah permukaan	Hangus sebagian	Banyak terbakar	Terbakar semua
Bahan organik – 25 mm	BO mulai distilasi	Hangus sebagian	Terbakar hangus
Bahan organik – 50 mm	Tak terpengaruh	BO mulai distilasi	BO mulai distilasi
Perakaran permukaan	Mati	Mati	Mati
Perakaran – 25 mm	Mati	Mati	Mati
Perakaran – 50 mm	Hidup	Hidup	Mati
Mikroba permukaan	Mati	Mati	Mati
Mikroba – 25 mm	Hidup	Sekarat tertentu	Mati
Mikroba – 50 mm	Hidup	Sekarat tertentu	Sekarat tertentu
Volatilisasi hara permukaan	N	N, P organik	N,P,K,S
Volatilisasi hara – 25 mm	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
Volatilisasi hara – 50 mm	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada

Keterangan: BO = bahan organik

Sumber: DeBano *et al.*, (1997) dalam Neary *et al.*, (1999)

organik hangus/termakan api, perakaran mati, mikroba mati, namun tidak terjadi volatilisasi hara. Untuk kedalaman 50 mm suhu menurun menjadi 75°C, sehingga bahan organik mulai terdistilasi, perakaran mati, mikroba sekarat, dan tidak terjadi volatilisasi hara.

Menurut penelitian Fritze *et al.* (1998) salah satu penyebab matinya mikroba selain karena suhu yang tidak dapat ditoleransi juga karena terjadinya keracunan (*toxic*) akibat kebakaran. Lebih lanjut Radea dan Arianoutsou (2000) menunjukkan bahwa populasi *Arthropoda* pada hutan *Pinus halepensis*, Mill di Yunani populasinya secara rata-rata menurun pada kebakaran intensitas tinggi (ditandai dengan lapisan bahan organik habis termakan api) dibandingkan dengan kebakaran intensitas rendah (adanya lapisan bahan organik yang tidak terbakar) (Tabel 7). Di antara populasi *Arthropoda* yang ada, nampak bahwa *Acarina* dan *Collembola* merupakan fauna tanah yang masih memiliki ketahanan terhadap intensitas kebakaran rendah sampai tinggi. Kedua fauna ini masuk dalam kelompok mesofauna dan mampu masuk

ke dalam tanah melalui pori-pori tanah, sehingga lebih mampu berlindung terhadap pengaruh panas. Richards (1974) menyatakan bahwa *Acarina* dan *Collembola* merupakan *Arthropoda* tanah yang paling melimpah baik jumlah maupun keaneka-ragamannya dan memiliki sebaran luas. Bahkan *Collembola* merupakan fauna tanah cosmopolitan yang dapat ditemukan di hampir setiap jengkal tanah mineral yang ada (Kuhnelt, 1976).

Uraian di atas menunjukkan bahwa kebakaran lahan pada awalnya akan menurunkan kandungan bahan organik tanah, menghilangkan populasi biologi tanah termasuk hama-penyakit bawaan tanah. Namun dalam jangka pendek meningkatkan pH tanah, meningkatkan N-NH₄⁺, fosfor tersedia, Na⁺, K⁺ dan Mg²⁺, serta menurunkan KTK, dan Ca²⁺. Untuk itu, kebakaran lahan ini pada prinsipnya juga bermanfaat dalam upaya menanggulangi/memutus rantai organisme hama-penyakit bawaan tanah yang sampai saat ini sulit diatasi.

Tabel 7. Kepadatan rata-rata tahunan *Arthropoda* (ind/m²) pada intensitas kebakaran rendah dan tinggi di lahan hutan *Pinus helepensis* di Yunani

Taxa arthropoda	Intensitas kebakaran rendah	Intensitas kebakaran tinggi
<i>Pseudoscorpionida</i>	5,7	3,0
<i>Araneae</i>	5,0	1,6
<i>Acarina</i>	146,0	193,7
<i>Geophilomorpha</i>	2,7	2,1
<i>Iulida</i>	1,6	-
<i>Polyxenida</i>	1,1	2,1
<i>Symphyla</i>	3,2	2,1
<i>Isopoda</i>	1,1	-
<i>Collembola</i>	340,5	151,0
<i>Thysanura</i>	0,5	-
<i>Protura</i>	1,1	4,3
<i>Hemiptera</i>	7,5	1,1
<i>Psocoptera</i>	26,0	4,9
<i>Coleoptera</i>	13,7	1,1
<i>Diplura</i>	0,9	5,7
<i>Embioptera</i>	0,5	-
<i>Dermaptera</i>	0,0	2,7
<i>Coleoptera larva</i>	8,0	5,3
<i>Diptera larva</i>	2,1	1,4
<i>Lepidoptera larva</i>	4,3	-
<i>Neuroptera larva</i>	0,5	-
Rerata jumlah kepadatan tahunan	571,8	382,0

Sumber: Radea dan Arianoutsou (2000)

ALTERNATIF PENANGGULANGAN DAN PEMANFAATAN LAHAN PASCA KEBAKARAN

Kondisi lahan bekas kebakaran pada prinsipnya terjadi penurunan kandungan bahan organik tanah dan sterilisasi tanah lapisan atas dari aktivitas biologi tanah, termasuk gulma maupun hama-penyakit bawaan tanah. Gangguan serangan hama-penyakit bawaan tanah endemik melalui aplikasi kimia/pestida maupun secara fisik konvensional selama ini sulit diatasi. Adanya kebakaran lahan organisme pengganggu tersebut dapat hilang dengan sendirinya.

Sulitnya mengatasi serangan hama-penyakit bawaan tanah disebabkan sulitnya

mendeteksi keberadaan organisme target ataupun kondisi organisme target dalam tanah yang umumnya berada pada fase dormansi, sehingga memiliki kemampuan proteksi yang kuat terhadap tekanan lingkungan di sekitarnya. Selain itu, efektivitas aplikasi bahan kimia/pestisida rendah akibat banyak mengalami immobilisasi oleh partikel-partikel tanah. Pada kondisi seperti ini masyarakat umumnya menyerah dan mengubah pemanfaatan lahan dengan komoditas lain yang aman oleh hama-penyakit endemik yang ada meskipun dengan konsekuensi efektivitas usahatannya menjadi rendah.

Serangan *blast* pada tanaman padi selama ini hanya dapat diatasi dengan perubahan pola tanam ataupun penggantian tanaman yang memiliki gen tahan *blast*. Demikian juga serangan *Fusarium* busuk batang pada pohon pisang, serangan *Ganoderma* pada lahan tanaman sawit, serangan jamur akar putih pada lahan tanaman karet. Penanggulangan serangan hama-penyakit pada tanaman perkebunan/tahunan ini dilakukan hanya dengan pencabutan dan eradikasi secara lokal/setempat. Hal ini disebabkan investasi pada tanaman tahunan berjangka panjang memerlukan biaya yang cukup besar, sehingga pengamanan tanaman yang sudah ada harus semaksimal mungkin dapat diupayakan. Namun upaya-upaya ini sampai saat ini masih kurang efektif, karena sebaran hama-penyakit ini pada umumnya telah menyebar di seluruh kawasan.

Di lain pihak adanya kebakaran lahan ini mengakibatkan terjadinya sterilisasi tanah terhadap hama-penyakit bawaan tanah (*soil born diseases*) dan juga populasi hayati tanah fungsional sebagai pembaik kesuburan tanah. Untuk itu upaya pemanfaatan lahan pasca kebakaran untuk pengembangan pertanian hendaknya dapat dilakukan dengan:

1. Pemberian bahan organik secukupnya, baik jenis, jumlah maupun sistem aplikasinya. Bahan organik yang diaplikasikan hendaknya

telah mengalami dekomposisi lanjut dan tidak mengandung hama-penyakit tanaman. Agar aplikasi efektif penempatan bahan organik sebatas pada areal jelajah akar tanaman.

2. Pilihan komoditas hendaknya dari jenis tanaman sederhana yang memiliki nilai ekonomi tinggi, sehingga toleran terhadap keterbatasan sumberdaya fisik (bahan organik), kimia dan biologi tanah, seperti dari jenis tanaman paku-pakuan, rumput-rumputan, kelapa sawit, dan lain-lain.
3. Aplikasi pupuk hayati hendaknya dapat dilakukan secara maksimal, baik jenis/fungsi, jumlah maupun penempatannya. Seluruh organisme fungsional, termasuk fauna tanah/cacing tanah yang dapat memperbaiki sifat fisik maupun kimia/hara diaplikasikan dengan diikuti pemberian bahan organik sebagai sumber energi dan hara, dan tetap memperhatikan peluang adanya kontaminasi hama-penyakit tanaman.
4. Penanggulangan dampak negatif dari kebakaran lahan dapat dilakukan dengan mencegah terjadinya erosi akibat curah hujan, pemberian bahan organik yang tidak mengandung hama-penyakit tanaman; pilihan komoditas hendaknya dari jenis tanaman sederhana yang tidak rakus hara baik jumlah maupun jenisnya dan memiliki nilai ekonomi tinggi.
5. Aplikasi pupuk hayati dapat dilakukan secara maksimal, baik jenis/fungsi, jumlah maupun penempatannya. Seluruh organisme fungsional, baik mikro maupun makroorganisme (termasuk fauna tanah/cacing tanah) yang dapat memperbaiki sifat fisik maupun kimia/hara dapat diaplikasikan dengan tetap memperhatikan peluang pencegahan adanya kontaminasi hama-penyakit tanaman.

KESIMPULAN

1. Kebakaran lahan pada awalnya akan menurunkan kandungan bahan organik tanah dan selanjutnya dalam jangka pendek mampu meningkatkan pH tanah, meningkatkan $N-NH_4^+$, fosfor tersedia, Na^+ , K^+ dan Mg^{2+} , serta menurunkan KTK, dan Ca^{2+} .
2. Sifat tanah yang paling peka terhadap kebakaran lahan adalah kandungan bahan organik tanah dan sifat biologi tanah, termasuk organisme fungsional pupuk hayati maupun hama-penyakit bawaan tanah yang hidup di permukaan tanah.
3. Pembakaran lahan sengaja hendaknya diarahkan pada lahan yang potensial untuk pengembangan pertanian, namun memiliki endemi serangan hama-penyakit bawaan tanah (*soil born diseases*).

DAFTAR PUSTAKA

- Arvalo, J.R., J.M.F. Palacios, M.J. Jimenez, and P. Gil. 2001. The effect of fire intensity on the understory species composition on two *Pinus canariensis* reforested stand in Tenerife (Canary Island). *Forest Ecology and Management*. 148:21-29.
- Asian Development Bank. 1999. Causes, extent, impact of 1997/1998 fires and drought. Final report, Annex 2. Planning for Fire Prevention and Drought Management Project. Asian development bank TA 2999-IND Jakarta. Indonesia. Pusat Pengembangan Agribisnis. Joako Poryry Consulting.
- Chidumayo, E.N. 1997. Effect of accidental and prescribed fires on Miombo Woodland, Zambia. *Commonwealth Forestry Review*. 76(4):268-272.
- Dennis, R., A. Hoffmann, G. Applegate, von Gemmingen, and G. Kartawinata. 2001. Large-scale fire: creator and destroyer of secondary forest in Western Indonesia. *Journal of Tropical Forest Science*. 13(4):786-799.

- Dombeck, M., L. Laverty, and J. Wilhams. 2000. Protecting people and sustaining resources in fire-adapted ecosystem: a cohesive strategy. The Forest Service Management Response to The General Accounting Office Report GAO/RCED-99-65. October 2000. National Fire Plan. [Http://www.fireplan.gov/cohesive.cfm](http://www.fireplan.gov/cohesive.cfm)
- Ellingston, L.J., J.B. Kauffman, D.L. Cumming, R.L. Sanford, and V.J. Jaramillo. 2000. Soil N dynamic associated with deforestation, biomass burning, and pasture conversion in a mexican tropical dry forest. *Forest Ecology and Management*. 137:41-51.
- Fearnside, P.M., P.M.L.A Braca, N.L. Filho, F.J.A. Rodrigues, and J.M. Robinson. 1999. Tropical fire burning in Brazilian Amazonian: measurement of biomass loading, burning efficiency and charcoal formation at Altamira, Pare. *Forest Ecology and Management*. 123:65-79.
- Fritze, H., T. Pennanen, and V. Kitunen. 1998. Characterization of dissolved organic carbon from burned humus and its effects on microbial activity and community structure. *Soil Bio. Biochem*. 30(6):687-693.
- Fuller, M. 1991. *Forest fires*. Willey Nature Editions. 238p.
- Giardina, C.P., and C.C. Rhoades. 2001. Clear cutting and burning affect nitrogen supply, phosphorus fraction and seedling growth in soil from Wyoming lodgepole pine forest. *Forest Ecology and Management*. 140:19-28.
- Giller K.E., M.H. Beare, P. Lavelle, A.M.N. Izac, and M.J. Swift. 1997. Agricultural Intensification, Soil Biodiversity and Agroecosystem Function. *Applied Soil Ecology* 6:3-6.
- Gimeno-Garcia, E., V. Andreu, and J.L. Rubio. 2000. Change in organic matter, nitrogen, phosphorus and cation in soil as a result of fire and water erosion in a Mediterranean landscape. *European Journal of Soil Science*. 51:201-210.
- Kim, C., W.K. Lee, Y.K. Kim, and J.Y. Jeong. 1999. Short-term effect of fire on soil properties in *Pinus densiflora* stands. *J. For. Res.* 4:23-25.
- Kuhnelt, W. 1976. *Soil Biology, with reference to the animal kingdom*. Rewritten and enlarged based on the original translation by Horman Walker, Ph.D; Faber and Faber, London.
- Neary, D.G., C.C. Klopatek, L.F. DeBono, and P.F. Flolliot. 1999. Fire effect on below ground sustainability: a review and synthesis. *Forest Ecology and Management*. 122:51-71.
- Penington, P., M. Laffan, R. Lewis, and P. Otahal. 2001. Assessing the long-term impact of forest harvesting and high intensity broadcast burning on soil properties at the Warra LTER site. *Tasforest*. 13(2):291-301.
- Radea, C., and M. Arianoutsou. 2000. Cellulose decomposition rates and soil arthropod community in *Pinus halepensis* Mill Orest of Greece after a wildfire. *Eur. J. Soil. Biol.* 36:57-64.
- Richards, B.N. 1974. *Introduction to the soil ecosystem*. Longman, London and New York.
- Roscoe, R., Buurman, P., Velthorst, and J.A.A. Pereira. 2000. Effect of fire on soil organic matter in a "cerrado sensu-stricto" from Southeast as revealed by changes $\delta^{13}C$. *Geoderma*. 95:141-160.

- Saharjo, B.H. and H. Watanabe. 1997. The effect of fire on the germination of *Acacia mangium* in the a plantation in South Sumatera, Indonesia. *Commenwealth Forestry Review*. 76(2):128-131.
- Saharjo, B.H. 1997. Fire protection and industrial plantation management in the tropic. *Commenwealth Forestry review*. 76(3):201-206.
- Secretariate of Convention on Biological Diversity. 2001. *Handbook of the convention on biological diversity*. Earthscan Publication Ltd. London and Sterling VA. 690p.
- Wobe, M. 1998. Effect of fire on plant communities and soils in the humid tropical savanah of Gambela, Ethiopia. *Land Degradation & development*. 9:275-282.