

Dampak Penyaradan Kayu dengan Traktor terhadap Keanekaragaman Semut (Hymenoptera: Formicidae) di Hutan Produksi Alam, Kalimantan Tengah

Impacts of Tractor Logging on the Diversity of Ground Ants (Hymenoptera: Formicidae) in Natural Production Forest of Central Borneo

Oleh:

Ahmad Budiawan^{1*}, Noor Farikhah Haneda², Indahwati³, Aziz Fajar Wahyudi¹, Ria Dwi Afsari¹, Reza Aulia Gifari¹

¹ Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Jln Ulin, Kampus IPB, Dramaga, Bogor 16680, Indonesia.

² Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Jln Ulin, Kampus IPB, Dramaga, Bogor 16680, Indonesia.

³ Departemen Statistik, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. Kampus IPB, Dramaga, Bogor 16680, Indonesia.

*email: budiawan@apps.ipb.ac.id

ABSTRAK

Penyaradan kayu dengan traktor di perusahaan hutan alam tropis mengganggu kehidupan organisme permukaan tanah, termasuk semut tanah. Semut tanah memiliki peran penting dalam menentukan kesuburan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak penyaradan kayu dengan traktor terhadap keanekaragaman semut tanah (Hymenoptera, Formicidae) di hutan produksi alam. Dua jalur transek dengan panjang 100 m dan jarak antar jalur selebar 200 m ditempatkan di empat petak tebang, yaitu di petak tidak disarad, petak baru disarad, satu bulan setelah disarad, dan dua bulan setelah disarad. Semut tanah ditangkap dengan perangkap *pitfall*. Kerapatan tumbuhan bawah, tutupan tajuk, kepadatan tanah, ketebalan serasah, suhu, dan kelembaban udara diukur di tempat pemasangan perangkap. Analisis sidik ragam digunakan untuk menentukan pengaruh kepadatan tanah dan perlakuan terhadap kelimpahan semut tanah. Uji korelasi Pearson digunakan untuk menilai korelasi antara kelimpahan semut tanah dengan faktor lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nyata kelimpahan semut tanah sebelum penyaradan dan setelah penyaradan. Kelimpahan semut tanah setelah penyaradan kayu lebih rendah dibandingkan sebelum penyaradan kayu. Kelimpahan semut tanah di antara petak-petak yang telah disarad tidak memiliki perbedaan. Kepadatan tanah akibat penyaradan kayu, ketebalan serasah, dan suhu udara tidak berpengaruh nyata terhadap kelimpahan semut tanah. Komposisi morfospesies semut tanah tidak berubah setelah penyaradan kayu.

Kata kunci: dampak lingkungan, ekosistem hutan, gangguan hutan, konservasi hutan

ABSTRACT

Tractor logging in tropical forest concession disturbs the life of soil surface organisms, including ground ant. Ground ant has an important role in determining soil fertility. The study aimed to analyze the impact of tractor logging on the diversity of ground ant (Hymenoptera, Formicidae) in the natural production forest. Two transect lines of 100 m length and 200 m distance between lines were placed in four different cutting compartments, i.e., currently

logged, one month after logging, two months after logging, and unlogged. Ground ant was collected using a pitfall trap. Density of understory plants, canopy cover, soil compaction, litter thickness, temperature, and humidity were measured at the setting location of pitfall trap. Analysis of variance (ANOVA) was used to determine the mean difference between treatments. Pearson correlation test was used to determine the correlation between insect abundance and environmental factors. The results of the study indicated that there was a significant difference in the abundance of the ground ant after logging and before logging. The abundance of ground ants after logging was lower than before logging. The abundance of ground ants among skidded plots was not significantly different. Soil compaction due to tractor logging, litter thickness and temperature did not significantly affect the abundance of ground ants. The ground ant composition did not change due to tractor logging.

Keywords: *environment impact, forest conservation, forest disturbance, forest ecosystem*

PENDAHULUAN

Pemanenan hutan merupakan salah satu bentuk gangguan hutan yang dapat mengganggu proses-proses dalam ekosistem hutan (Achat et al. 2015; Ewers et al. 2015; França et al. 2016). Penyaradan kayu merupakan salah satu tahapan pemanenan hutan, yang memindahkan kayu dari tempat tebangan menuju ke tempat pengumpulan kayu di dalam hutan. Penyaradan kayu bersama-sama dengan kegiatan pembuatan jalan sarad dan jalan hutan menjadi sumber kerusakan hutan terstruktur terbesar kedua setelah penebangan pohon (Hard 2014; Jourgholami et al. 2014). Tingkat kerusakan hutan yang terjadi akan semakin besar jika pemanenan hutan dilakukan secara tidak terkendali (Achat et al. 2015).

Penyaradan kayu di hutan alam produksi tanah kering di Indonesia sebagian besar dilakukan dengan menggunakan traktor (Matangaran et al. 2019; Yovi dan Yamada 2019). Penggunaan alat berat dalam penyaradan kayu dapat menimbulkan perubahan sifat fisika, kimia dan biologi tanah (Lee-Cruz et al. 2013; Zhou et al. 2015), pemadatan tanah (Matangaran dan Suwarna 2012; Solgi dan Najafi 2014); kesuburan tanah (Widiyatmo et al. 2014), perubahan diversitas biologi (Edwards et al. 2012; de Groot et al. 2016; Zaman et al. 2010), dan kerusakan tegakan tinggal (Suwarna et al. 2014). Matangaran dan Suwarna (2012) melaporkan bahwa lintasan *forwarder Timberjack 1010b* menyebabkan peningkatan kepadatan tanah sebesar 33,67% dan *forwarder Valmet 860.1* sebesar 34,68%. Naghdi dan Solgi (2014) melaporkan bahwa pemadatan tanah akan semakin besar jika jumlah lalu lalang alat sarad pada lintasan sarad semakin sering.

Selama ini, sebagian besar penelitian dampak penyaradan kayu dititikberatkan pada kajian dampak penyaradan terhadap perubahan sifat-sifat tanah, pemadatan tanah, tegakan tinggal, biaya dan produktivitas penyaradan. Penelitian tentang dampak penyaradan kayu terhadap semut telah banyak dilakukan di daerah beriklim sedang (*temperate*) (Lange et al. 2014; Negro et al. 2014). Namun, penelitian tentang dampak penyaradan kayu terhadap diversitas serangga di hutan alam tropis, terutama terhadap semut tanah masih terbatas (Mathieu et al. 2005).

Semut tanah adalah kelompok serangga yang dominan di hutan tropis (Griffiths et al. 2018). Semut tanah memiliki peran penting sebagai pemicu pada proses-proses ekosistem (Lavelle et al. 2006), sebagai perombak bahan organik tanah, mempertahankan kesuburan tanah, siklus hara, dan penyimpanan karbon (Ardillah et al. 2014; Wibowo dan Slamet 2017; Widhiono et al. 2017). Perubahan habitat akibat pemanenan hutan mampu mengubah komposisi spesies semut (Rubiana et al. 2015; Yeo et al. 2011), dan interaksi tropik dan jaring makanan pada ekosistem hutan (Philpott et al. 2010). Selain itu, semut banyak digunakan untuk

membantu memahami kaidah ekologi, konservasi, biomonitoring dan bioindikator (Rizal et al. 2011).

Penelitian dampak pemanenan kayu (penyaradan kayu) terhadap kelimpahan dan kekayaan jenis semut tanah di Indonesia tertinggal jauh dibandingkan fauna lainnya, seperti burung, mamalia, amfibia dan reptil (Meijaard et al. 2006). Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penyaradan kayu dengan traktor terhadap kelimpahan dan kekayaan jenis semut tanah dan mengkaji hubungan antara kelimpahan semut tanah dengan perubahan faktor lingkungan akibat penyaradan kayu.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di areal rencana kerja tahun 2017 suatu perusahaan hutan alam produksi di Kabupaten Katingan, Provinsi Kalimantan Tengah. Secara geografis, lokasi penelitian terletak di 112°39'11" BT - 113°35'00" BT dan 0°50'16" LS - 1°08'55" LS. Jenis tanah di areal penelitian didominasi oleh jenis tanah podsolik dan tanah kompleks. Curah hujan bulanan bervariasi dari 105 mm – 374 mm. Topografi lapangan di areal penelitian didominasi oleh kemiringan landai (85%), sedangkan sisanya agak curam dan curam. Tipe hutan di areal penelitian merupakan tipe hutan dataran rendah (PT Dwimajaya Utama 2010). Penelitian lapangan dilaksanakan pada bulan Maret - Mei 2017. Traktor yang digunakan untuk penyaradan kayu di areal penelitian adalah traktor *Caterpillar* D7G bertenaga 200 tenaga kuda.

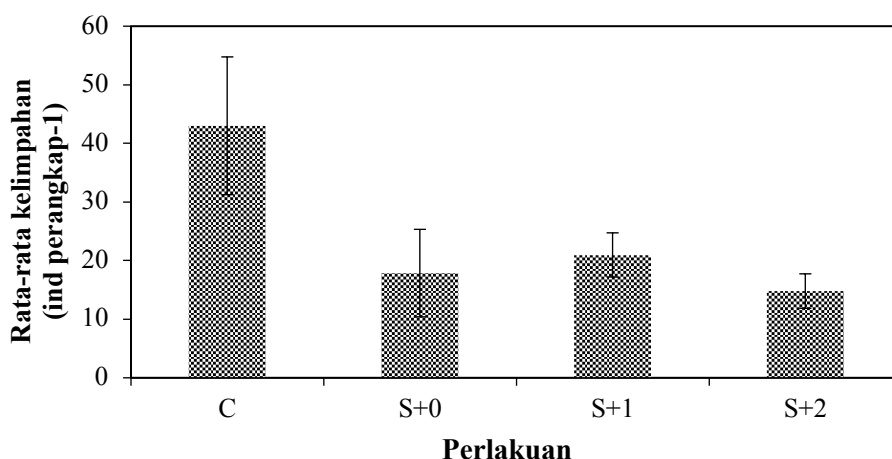
Plot pengamatan diletakan di empat petak tebang yang berbeda, yaitu petak tebang yang baru dilakukan penyaradan kayu (S+0), satu bulan setelah penyaradan (S+1), dua bulan setelah penyaradan (S+2), dan petak tebang yang belum ditebang atau petak kontrol (C). Perusahaan mengaplikasikan teknik pemanenan ramah lingkungan (*reduced impact logging*), terutama pada kegiatan pembukaan wilayah hutan dan penebangan pohon (PT Dwimajaya Utama 2010). Pada tiga petak perlakuan yang telah dilakukan penyaradan kayu, dipilih 2 jalan sarad sebagai jalur pengamatan dengan panjang setiap jalur sejauh 100 m. Jalan sarad yang dipilih adalah jalan sarad utama dengan lebar rata-rata sebesar 4 m. Kemiringan jalan sarad yang dipilih bervariasi dari 0 % - 15 %, dengan rata-rata 11 %. Jalan sarad dibuat dengan membuka tanah hutan dengan traktor tanpa pembuatan sudetan. Pada petak yang belum ditebang, jalur pengamatan dilakukan dengan membuat 2 jalur transek dari jalan utama menuju ke dalam tegakan hutan sepanjang 100 m dan jarak antar jalur pengamatan sejauh 200 m. Pada setiap jalur pengamatan dibuat petak ukur berukuran 2 m x 2 m yang diletakan secara sistematis dengan jarak antar petak ukur sejauh 20 m. Dengan demikian, setiap jalur pengamatan memiliki 5 petak ukur. Titik pengamatan pertama pada setiap jalur pengamatan berjarak 20 m dari jalan utama.

Perangkap serangga yang digunakan adalah perangkap *pitfall*, yang dipasang di setiap petak ukur berukuran 2 m x 2 m. Jumlah perangkap *pitfall* di setiap petak ukur sebanyak 5 buah (satu di tengah dan satu di setiap sudut petak ukur). Pengambilan semut yang tertangkap dilakukan dua hari setelah pemasangan perangkap *pitfall*. Semut yang tertangkap selanjutnya diidentifikasi sampai tingkat morfospesies menggunakan kunci identifikasi Borror et al. (1996). Peranan fungsional semut ditentukan berdasarkan hasil-hasil penelitian sebelumnya di wilayah tropis (García-Martínez et al. 2015; Gibb et al. 2018). Data faktor lingkungan dikumpulkan pada petak ukur 2 m x 2 m. Data faktor lingkungan yang dikumpulkan adalah kepadatan vegetasi tumbuhan bawah, penutupan tajuk, ketebalan serasah, suhu, kelembaban udara, dan kepadatan tanah. Suhu dan kelembaban udara diukur menggunakan termohigrometer digital. Penutupan tajuk diukur menggunakan densitometer dan kepadatan tanah diukur menggunakan *cone penetrometer* digital.

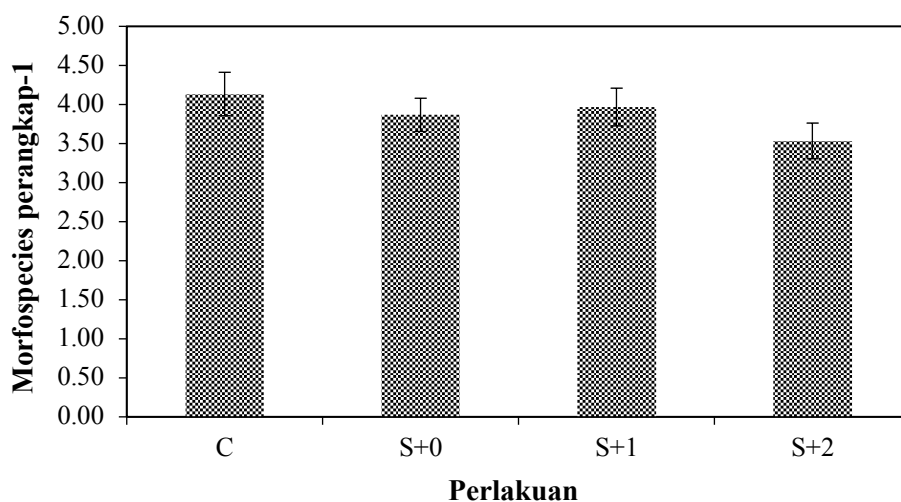
Kelimpahan, indeks kekayaan jenis Margalef (DMg), indeks keanekaragaman jenis Shannon-Wiener (H'), dan indeks kemerataan jenis (E) dihitung dan selanjutnya digunakan untuk menganalisis struktur komunitas semut. Analisis sidik ragam (ANOVA) digunakan untuk menentukan pengaruh kepadatan tanah dan perlakuan terhadap kelimpahan semut ($\alpha=5\%$). Uji korelasi Pearson digunakan untuk menentukan korelasi antara kelimpahan semut dengan faktor lingkungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelimpahan total semut tanah tertinggi terdapat di petak kontrol, sedangkan yang terendah terdapat di petak yang baru dilakukan kegiatan penyaradan kayu. Kelimpahan total semut di petak C, petak S+0, petak S+1, dan petak S+2 berturut-turut sebanyak 1.290 individu, 536 individu, 625 individu dan 444 individu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelimpahan semut di petak C lebih besar dibandingkan S+0, S+1, dan S+2. Rata-rata kelimpahan semut di petak C berbeda nyata dibandingkan dengan S+0, S+1, dan S+2, sementara rata-rata kelimpahan semut di petak S+0, S+1, dan S+2 adalah tidak berbeda (Gambar 1). Rata-rata komposisi morfospesies semut tanah di petak C tidak berbeda nyata dengan S+0, S+1, dan S+2 (Gambar 2).



Gambar 1. Rata-rata kelimpahan semut tanah di setiap perlakuan (C: kontrol; S+0: baru disarad; S+1: satu bulan setelah disarad; S+2: dua bulan setelah disarad).



Gambar 2. Rata-rata komposisi morfospesies semut tanah di setiap perlakuan (C: kontrol; S+0: baru disarad; S+1: satu bulan setelah disarad; S+2: dua bulan setelah disarad).

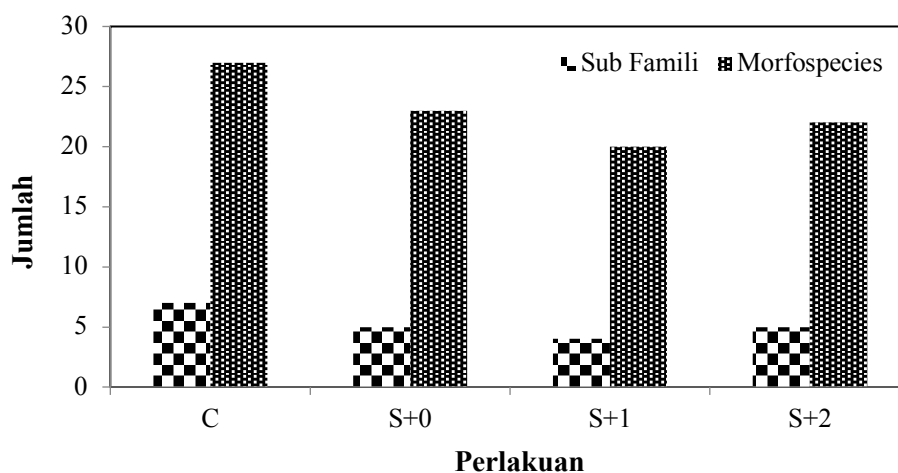
Berdasarkan hasil analisis sidik ragam diketahui bahwa kepadatan tanah tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kelimpahan semut, sedangkan perlakuan penyaradan memiliki pengaruh yang nyata terhadap kelimpahan semut ($p < 0,05$) (Tabel 1).

Tabel 1. Analisis sidik ragam pengaruh kepadatan tanah dan perlakuan terhadap kelimpahan semut tanah.

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat Terkoreksi	Kuadrat Tengah Terkoreksi	Probabilitas
Kepadatan tanah	1	0,38	0,38	0,55 ^{ns}
Perlakuan	3	13,14	4,38	0,01 [*]
Galat	115	126,84	1,10	
Total	119	150,79		

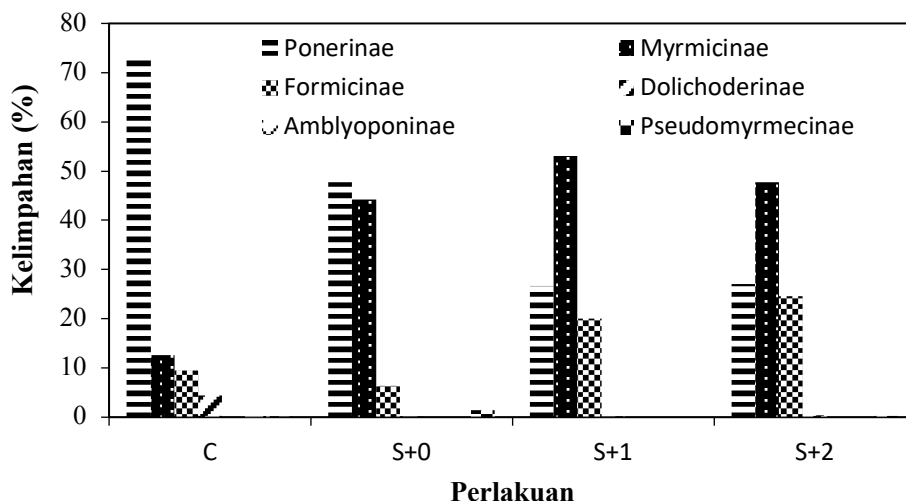
Catatan: * = signifikan; ns = tidak signifikan.

Jumlah sub famili dan morfospecies semut cenderung menurun dari petak kontrol hingga petak satu bulan setelah penyaradan, namun meningkat kembali pada petak dua bulan setelah penyaradan (Gambar 3). Jumlah sub famili yang ditemukan di hutan yang tidak ada kegiatan penyaradan sebanyak 6 sub famili, yaitu Ponerinae, Myrmicinae, Formicinae, Dolichoderinae, Amblyoponinae dan Pseudomyrmecinae. Sub famili Amblyoponinae tidak ditemukan lagi setelah penyaradan kayu, baik di petak S+0, S+1 maupun S+2. Sub famili Pseudomyrmecinae tidak ditemukan lagi di petak S+1, namun ditemukan di petak S+0 dan S+2 (Gambar 4). Pada petak C dan S+0, kelimpahan semut terbesar berasal dari sub famili Ponerinae. Sementara itu, sub famili semut yang mendominasi di S+1 dan S+2 berasal dari sub famili Myrmicinae.

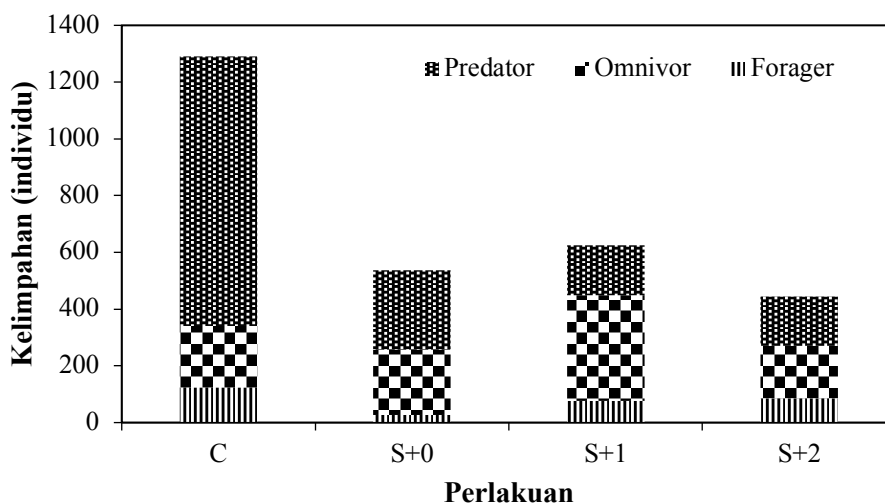


Gambar 3. Jumlah sub famili dan morfospecies semut tanah di setiap perlakuan (C: kontrol; S+0: baru disarad; S+1: satu bulan setelah disarad; S+2: dua bulan setelah disarad).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat tiga kelompok fungsional semut tanah di lokasi penelitian, yaitu pemangsa (*predator*), pemakan segala (*omnivore*), dan pencari makan (*forager*). Jumlah semut pemangsa di petak C lebih besar dibandingkan semut pemakan segala dan semut pencari makan. Komposisi peranan semut tanah berubah setelah penyaradan kayu. Pada petak-petak yang telah dilakukan penyaradan, jumlah pemakan segala lebih besar dibandingkan semut pemangsa ataupun semut pencari makan. Jumlah semut pemangsa di petak C lebih besar dibandingkan di petak yang telah dilakukan penyaradan. Jumlah semut pemangsa berkurang secara drastis setelah penyaradan kayu. Sementara itu, jumlah semut pemakan segala cenderung bertambah setelah penyaradan kayu (Gambar 5).



Gambar 4. Kelimpahan sub famili semut tanah di setiap perlakuan (C: kontrol; S+0: baru disarad; S+1: satu bulan setelah disarad; S+2: dua bulan setelah disarad).



Gambar 5. Peranan fungsional semut tanah di setiap perlakuan (C: kontrol; S+0: baru disarad; S+1: satu bulan setelah disarad; S+2: dua bulan setelah disarad).

Jumlah keseluruhan morfospesies semut tanah yang ditemukan di lokasi penelitian sebanyak 35 morfospesies (Tabel 2 dan Tabel 3). Morfospesies yang ditemukan di petak C sebanyak 27 morfospesies, sementara di S+0, S+1, dan S+2 berturut-turut sebanyak 23, 20, dan 22 morfospesies. Jumlah morfospesies yang ditemukan di semua perlakuan sebanyak 13 morfospesies (34%). Jumlah morfospesies yang hanya ditemukan di petak C sebanyak delapan morfospesies (23%), sementara jumlah morfospesies yang tidak ditemukan di petak C sebanyak sembilan morfospesies (26%). Lima morfospesies terbanyak di petak C berturut-turut adalah *Leptogenys* sp. (320 individu), *Diacamma* sp. 2 (246 individu), *Diacamma* sp. 1 (138 individu), *Pheidole* sp. (125 individu) dan *Formica* sp. 1 (98 individu). Setelah penyaradan kayu, morfospesies yang dominan berubah.

Morfospesies yang memiliki kelimpahan tertinggi di petak setelah penyaradan kayu adalah *Pheidole* sp., yaitu sebanyak 192 individu di S+0, 227 individu di S+1 dan 109 individu di S+2. Morfospesies terbanyak kedua setelah penyaradan kayu adalah *Diacamma* sp. 1, yang mana sebanyak 167 individu di S+0, 102 di S+1, dan 72 individu di S+2. Morfospesies terbanyak berikutnya yang ditemukan setelah penyaradan kayu berbeda-beda untuk setiap perlakuan. Pada petak S+0, morfospesies ketiga, keempat dan kelima terbanyak berturut-turut

adalah *Ponera* sp. 1, *Myrmica* sp., dan *Rotrastruma* sp., sementara di petak S+1 adalah *Rotrastruma* sp., *Camponotus* sp., dan *Formica* sp. 1, dan di petak S+2 adalah *Rotrastruma* sp., *Formica* sp. 1 dan *Myrmica* sp..

Tabel 2. Morfospesies semut tanah yang ditemukan di petak kontrol (C) dan petak yang baru disarad (S+0).

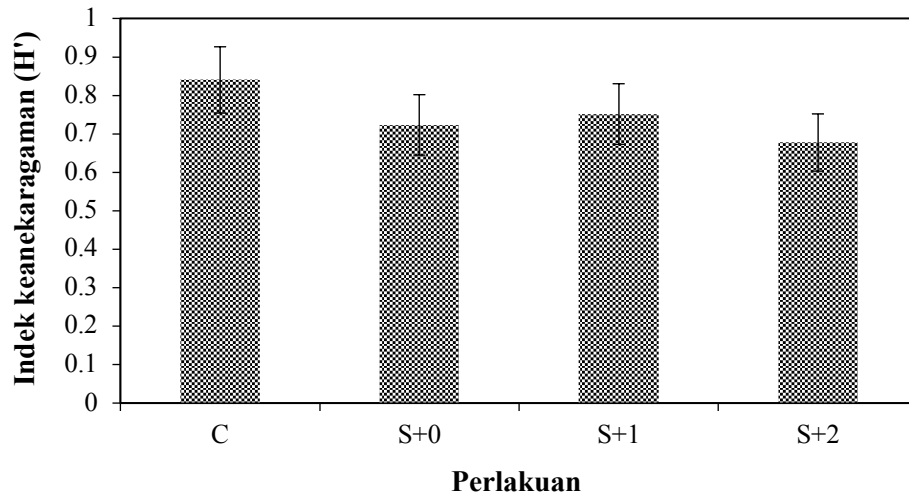
No	Sub famili	Morfospesies	C		S+0	
			individu	%	individu	%
1	Ponerinae	<i>Leptogenys</i> sp.	320	24,81	1	0,19
2	Ponerinae	<i>Diacamma</i> sp. 2	246	19,07	6	1,12
3	Ponerinae	<i>Diacamma</i> sp. 1	138	10,70	167	31,16
4	Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp.	125	9,69	192	35,82
5	Formicinae	<i>Formica</i> sp. 1	98	7,60	7	1,31
6	Ponerinae	<i>Ponera</i> sp2.	91	7,05	7	1,31
7	Ponerinae	<i>Diacamma</i> sp. 3	51	3,95	1	0,19
8	Ponerinae	<i>Odontoponera</i> sp.	48	3,72	0	0,00
9	Ponerinae	<i>Ponera</i> sp. 1	45	3,49	48	8,96
10	Dolichoderinae	<i>Forelius</i> sp.	40	3,10	0	0,00
11	Formicinae	<i>Camponotus</i> sp.	19	1,47	7	1,31
12	Myrmicinae	<i>Macroteleia</i> sp.	19	1,47	0	0,00
13	Dolichoderinae	<i>Iridomyrmex</i> sp.	15	1,16	0	0,00
14	Myrmicinae	<i>Aphaenogaster</i> sp.	8	0,62	8	1,49
15	Myrmicinae	<i>Myrmica</i> sp.	7	0,54	23	4,29
16	Formicinae	<i>Brachymyrmex</i> sp.	3	0,23	1	0,19
17	Doalichoderinae	<i>Chronoxenus</i> sp.	3	0,23	0	0,00
18	Ponerinae	<i>Brachyponera</i> sp.	2	0,16	5	0,93
19	Formicinae	<i>Formica</i> sp. 2	2	0,16	0	0,00
20	Myrmicinae	<i>Stenamamma</i> sp.	2	0,16	5	0,93
21	Amblyoponinae	<i>Stigmatomma</i> sp.	2	0,16	0	0,00
22	Dolichoderinae	<i>Dolichoderus</i> sp.	2	0,16	0	0,00
23	Formicinae	<i>Lasius</i> sp.	1	0,08	0	0,00
24	Myrmicinae	<i>Rotastruma</i> sp.	1	0,08	13	2,43
25	Pseudomyrmicinae	<i>Tetraponera</i> sp.	1	0,08	8	1,49
26	Myrmicinae	<i>Trichomyrmex</i> sp.	1	0,08	0	0,00
27	Formicinae	<i>Anoplolepis</i> sp.	0	0,00	7	1,31
28	Ponerinae	<i>Buniapone</i> sp.	0	0,00	8	1,49
29	Myrmicinae	<i>Gauromyrmex</i> sp.	0	0,00	5	0,93
30	Dolichoderinae	<i>Leptomyrmex</i> sp.	0	0,00	1	0,19
31	Formicinae	<i>Myrmecocystus</i> sp.	0	0,00	3	0,56
32	Formicinae	<i>Oecophylla</i> sp.	0	0,00	0	0,00
33	Ponerinae	<i>Oxypoda</i> sp.	0	0,00	3	0,56
34	Formicinae	<i>Polyrhachis</i> sp.	0	0,00	0	0,00
35	Ponerinae	<i>Ponera</i> sp. 3	0	0,00	10	1,87
Jumlah			1290	100	536	100

Sebagian besar (53%) morfospesies semut tanah mengalami penurunan kelimpahan setelah penyaradan kayu, sedangkan jumlah morfospesies yang mengalami peningkatan kelimpahan setelah penyaradan kayu sebanyak 17%. Terdapat delapan morfospesies semut tanah yang hanya ditemukan di petak C, yaitu *Forelius* sp., *Macroteleia* sp., *Iridomyrmex* sp., *Formica* sp. 2, *Stigmatomma* sp., *Dolichoderus* sp., *Lasius* sp., dan *Trichomyrmex* sp.. Sementara itu, terdapat sembilan morfospesies baru yang hanya muncul setelah penyaradan kayu, yaitu *Anoplolepis* sp., *Buniapone* sp., *Gauromyrmex* sp., *Leptomyrmex* sp., *Myrmecocystus* sp., *Oecophylla* sp., *Oxypoda* sp., *Polyrhachis* sp., dan *Ponera* sp. 3.

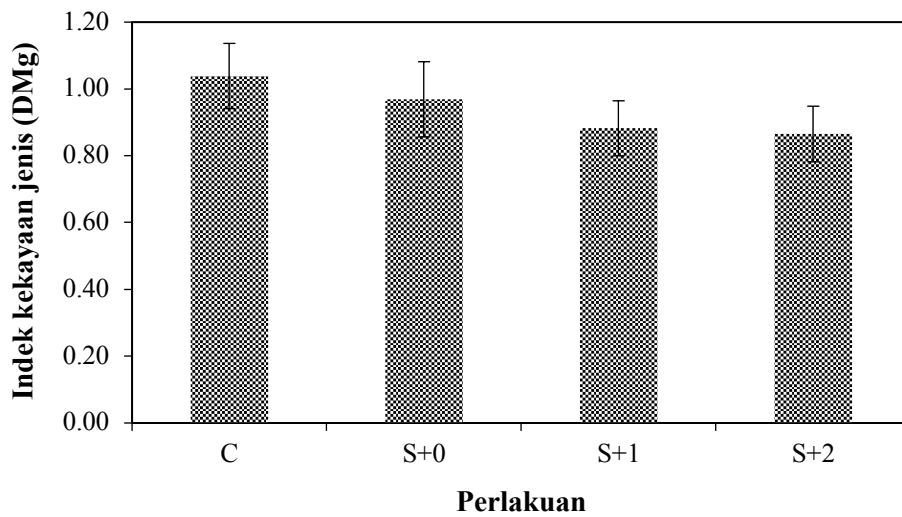
Tabel 3. Morfospesies semut tanah yang ditemukan di petak satu bulan setelah disarad (S+1) dan dua bulan setelah disarad (S+2).

No	Sub famili	Morfospesies	S+1		S+2	
			individu	%	individu	%
1	Ponerinae	<i>Leptogenys</i> sp.	3	0,48	28	6,31
2	Ponerinae	<i>Diacamma</i> sp. 2	9	1,44	2	0,45
3	Ponerinae	<i>Diacamma</i> sp. 1	102	16,32	72	16,22
4	Myrmicinae	<i>Pheidole</i> sp.	277	44,32	109	24,55
5	Formicinae	<i>Formica</i> sp. 1	29	4,64	56	12,61
6	Ponerinae	<i>Ponera</i> sp. 2	24	3,84	6	1,35
7	Ponerinae	<i>Diacamma</i> sp. 3	19	3,04	2	0,45
8	Ponerinae	<i>Odontoponera</i> sp.	3	0,48	1	0,23
9	Ponerinae	<i>Ponera</i> sp. 1	0	0,00	0	0,00
10	Dolichoderinae	<i>Forelius</i> sp.	0	0,00	0	0,00
11	Formicinae	<i>Camponotus</i> sp.	29	4,64	20	4,50
12	Myrmicinae	<i>Macroteleia</i> sp.	0	0,00	0	0,00
13	Dolichoderinae	<i>Iridomyrmex</i> sp.	0	0,00	0	0,00
14	Myrmicinae	<i>Aphaenogaster</i> sp.	16	2,56	0	0,00
15	Myrmicinae	<i>Myrmica</i> sp.	9	1,44	53	11,94
16	Formicinae	<i>Brachymyrmex</i> sp.	1	0,16	1	0,23
17	Dolichoderinae	<i>Chronoxenus</i> sp.	1	0,16	1	0,23
18	Ponerinae	<i>Brachyponera</i> sp.	5	0,80	0	0,00
19	Formicinae	<i>Formica</i> sp. 2	0	0,00	0	0,00
20	Myrmicinae	<i>Stenamma</i> sp.	7	1,12	4	0,90
21	Amblyoponinae	<i>Stigmatomma</i> sp.	0	0,00	0	0,00
22	Dolichoderinae	<i>Dolichoderus</i> sp.	0	0,00	0	0,00
23	Formicinae	<i>Lasius</i> sp.	0	0,00	0	0,00
24	Myrmicinae	<i>Rotastruma</i> sp.	63	10,08	63	14,19
25	Pseudomyrmicinae	<i>Tetraponera</i> sp.	0	0,00	1	0,23
26	Myrmicinae	<i>Trichomyrmex</i> sp.	0	0,00	0	0,00
27	Formicinae	<i>Anoplolepis</i> sp.	9	1,44	3	0,68
28	Ponerinae	<i>Buniapone</i> sp.	0	0,00	0	0,00
29	Myrmicinae	<i>Gauromyrmex</i> sp.	0	0,00	2	0,45
30	Dolichoderinae	<i>Leptomyrmex</i> sp.	0	0,00	1	0,23
31	Formicinae	<i>Myrmecocystus</i> sp.	0	0,00	7	1,58
32	Formicinae	<i>Oecophylla</i> sp.	8	1,28	0	0,00
33	Ponerinae	<i>Oxypoda</i> sp.	3	0,48	7	1,58
34	Formicinae	<i>Polyrhachis</i> sp.	8	1,28	3	0,68
35	Ponerinae	<i>Ponera</i> sp. 3	0	0,00	2	0,45
Jumlah			625	100	444	100

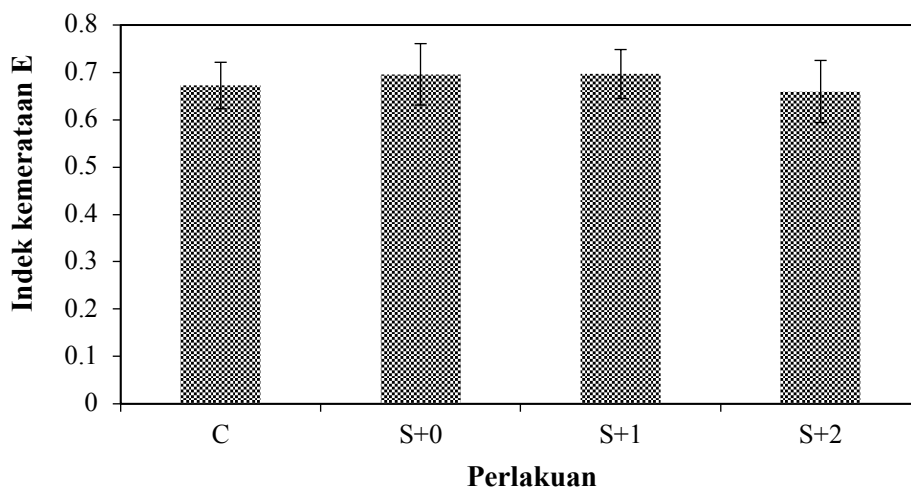
Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelimpahan semut tanah di hutan yang tidak ada kegiatan penyaradan lebih besar dibandingkan hutan yang telah disarad, namun rata-rata indek keanekaragaman, indek kekayaan jenis dan indek pemerataan jenis semut tanah antar perlakuan tidak berbeda nyata (Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyaradan kayu menyebabkan perubahan faktor lingkungan di jalan sarad. Kepadatan tanah, tutupan tajuk, ketebalan serasah dan kerapatan tanaman bawah di petak C berbeda nyata dengan S+0, S+1, maupun S+2. Namun demikian, penyaradan dengan traktor tidak menyebabkan perubahan suhu dan kelembaban udara (Tabel 4). Petak-petak yang telah disarad memiliki kondisi lingkungan yang mirip. Kegiatan penyaradan kayu mengakibatkan peningkatan kepadatan tanah. Tanah di petak yang telah disarad dengan traktor memiliki kepadatan tanah yang lebih besar dibandingkan kepadatan tanah petak kontrol. Kepadatan tanah tertinggi terdapat di S+1 (3,50 kg/cm²), sedangkan terendah di petak C sebesar 2,89 kg/cm².



Gambar 6. Rata-rata indek keanekaragaman semut tanah di setiap perlakuan (C: kontrol; S+0: baru disarad; S+1: satu bulan setelah disarad; S+2: dua bulan setelah disarad).



Gambar 7. Rata-rata indek kekayaan jenis semut tanah di setiap perlakuan (C: kontrol; S+0: baru disarad; S+1: satu bulan setelah disarad; S+2: dua bulan setelah disarad).



Gambar 8. Rata-rata indek pemerataan jenis semut tanah di setiap perlakuan (C: kontrol; S+0: baru disarad; S+1: satu bulan setelah disarad; S+2: dua bulan setelah disarad).

Tabel 4. Rata-rata kepadatan tanah, tutupan tajuk, suhu, kelembaban, ketebalan serasah dan kerapatan tumbuhan bawah di setiap perlakuan.

Faktor lingkungan	Perlakuan			
	C	S+0	S+1	S+2
Kepadatan tanah (kg/cm ²)	2,89 ± 0,40	3,53 ± 0,28	3,50 ± 0,22	3,52 ± 0,28
Tutupan tajuk (%)	73,50 ± 7,21	37,80 ± 17,78	28,70 ± 21,75	36,50 ± 21,46
Ketebalan serasah (cm)	7,00 ± 3,22	1,10 ± 1,24	1,90 ± 0,84	1,70 ± 1,02
Kerapatan tumbuhan bawah (individu/m ²)	5,05 ± 1,70	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Suhu (°C)	26,3 ± 0,13	27,8 ± 0,09	27,2 ± 0,13	27,1 ± 0,10
Kelembaban udara (%)	87,3 ± 0,11	77,5 ± 0,24	81,4 ± 0,25	81,8 ± 0,11

Keterangan: C=kontrol; S+0= baru disarad; S+1= satu bulan setelah disarad; S+2= dua bulan setelah disarad.

Hasil pengujian korelasi menunjukkan bahwa kelimpahan semut tanah memiliki korelasi nyata dengan tutupan tajuk, kerapatan tumbuhan bawah, dan kelembaban udara pada taraf nyata 5%. Kelimpahan semut tanah tidak memiliki korelasi nyata dengan kepadatan tanah, ketebalan serasah, dan suhu (Tabel 5).

Tabel 5. Hasil uji korelasi Pearson antara kelimpahan semut tanah dan faktor lingkungan (korelasi Pearson/probabilitas).

	Kelimpahan	Kepadatan tanah	Tutupan tajuk	Ketebalan serasah	Kerapatan tumbuhan bawah	Suhu	Kelembaban udara
Kelimpahan	-						
Kepadatan tanah	-0,14/ 0,12	-					
Tutupan tajuk	0,18/ 0,04*	-0,46/ 0,00	-				
Ketebalan serasah	0,15/ 0,08	-0,57/ 0,00	0,62/ 0,00	-			
Kerapatan tumbuhan bawah	0,30/ 0,00*	-0,71/ 0,00	0,64/ 0,00	0,72/ 0,00	-		
Suhu	0,15/ 0,09	0,02/ 0,80	-0,26/ 0,00	-0,20/ 0,00	-0,34/ 0,00	-	
Kelembaban udara	0,21/ 0,01*	-0,57/ 0,00	0,57/ 0,00	0,65/ 0,00	0,82/ 0,00	-0,02/ 0,79	-

Keterangan: *signifikan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyaradan kayu dengan traktor pada pengusahaan hutan alam produksi di Kalimantan Tengah berpengaruh nyata terhadap kelimpahan semut tanah dan tidak berpengaruh nyata terhadap komposisi morfospesies semut tanah. Kelimpahan semut tanah mengalami penurunan sebesar 52-66% setelah penyaradan kayu. Penurunan kelimpahan semut tanah diduga karena perubahan habitat semut tanah oleh lalu lintas proses penyaradan kayu dengan traktor. Penyaradan kayu dengan traktor menyebabkan berkurangnya tutupan tajuk dan kerapatan tumbuhan bawah, peningkatan pemadatan tanah, dan hilangnya lapisan serasah hutan di sepanjang lintasan jalan sarad. Latumahina et al. (2015) melaporkan bahwa degradasi habitat akibat gangguan hutan, termasuk penyaradan kayu, memberikan dampak negatif terhadap kelimpahan semut. Semut akan memberikan respon apabila terjadi gangguan tanah yang menjadi habitatnya. Tumbuhan bawah dan serasah hutan merupakan sumber bahan makanan, tempat bersarang, dan tempat berlindung semut. Hasil penelitian ini konsisten dengan hasil penelitian Mangels et al. (2015), yang melaporkan bahwa pemanenan

hutan menyebabkan penurunan kelimpahan serangga pemakan tanaman (herbivora), termasuk semut.

Penyaradan kayu dengan traktor tidak mengakibatkan perubahan indek keanekaragaman, kekayaan jenis dan pemerataan jenis semut tanah. Perubahan komposisi semut antar perlakuan lebih berhubungan dengan perbedaan dalam kemunculan jenis semut dibandingkan kekayaan jenis semut. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya, yang menemukan bahwa sistem pemanenan hutan tebang pilih memiliki dampak kecil terhadap kekayaan jenis semut (Miranda et al. 2017; Ross et al. 2018). Pemanenan hutan dan perubahan tata guna lahan menyebabkan terjadinya pergeseran komposisi species semut tanpa mengubah kekayaan jenisnya (King et al. 1998; Rubiana et al. 2015). Sebagian besar spesies semut yang ditemukan di plot hutan yang tidak ditebang juga ditemukan di plot hutan yang ditebang. Hasil penelitian ini mencatat bahwa sebagian besar (37%) morfospesies semut tanah ditemukan di semua perlakuan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa indikator komunitas semut tanah antar perlakuan penyaradan kayu di lokasi penelitian tidak berbeda. Perubahan indek komunitas semut dalam rentang waktu 2 bulan bersifat fluktuatif. Hal ini mengindikasikan bahwa pemulihan struktur komunitas semut setelah penyaradan ke kondisi sebelum kegiatan penyaradan membutuhkan periode waktu yang lama. Perubahan komposisi semut akibat pemanenan hutan akan terjadi pada kurun waktu lebih dari 10 tahun (Bell 2015), bahkan dapat terjadi setelah lebih dari 30 tahun (Gunawardene et al. 2010).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sub famili Ponerinae merupakan sub famili semut tanah yang terbanyak di lokasi penelitian. Sub famili ini ditemukan di semua petak perlakuan. Hasil penelitian ini konsisten dengan hasil penelitian sebelumnya. Yuniar dan Haneda (2015) melaporkan bahwa spesies yang termasuk dalam sub famili Ponerinae, sebagian besar dapat ditemukan di semua habitat hutan dan lebih aktif keluar untuk mencari makan dibandingkan dengan sub famili lain. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kelimpahan kelompok semut pemangsa berkurang setelah penyaradan kayu. Penurunan kelimpahan semut setelah penyaradan kayu diduga karena berkurangnya sumber makanan bagi semut pemangsa (serangga lain maupun serasah hutan) dan berkurangnya tutupan tumbuhan bawah di lintasan jalan sarad. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian sebelumnya. García-Martínez et al. (2015) melaporkan bahwa kelimpahan semut pemangsa di tanah hutan yang terganggu lebih kecil dibandingkan hutan yang tidak terganggu, sementara kelimpahan pemakan segala di tanah hutan terganggu lebih tinggi dibandingkan hutan yang tidak terganggu. Rubiana et al. (2015) melaporkan bahwa keanekaragaman semut berkorelasi nyata dengan keberadaan tumbuhan bawah hutan.

Penyaradan kayu dengan traktor tidak hanya berdampak pada penurunan kelimpahan beberapa morfospesies semut tanah, tetapi juga menyebabkan peningkatan kelimpahan beberapa morfospesies semut tanah. Kelompok semut tanah yang meningkat kelimpahannya setelah penyaradan kayu dengan traktor adalah pemakan segala. Morfospesies semut tanah yang mengalami peningkatan kelimpahan setelah penyaradan kayu dengan traktor berasal dari sub famili Ponerinae dan Myrmicinae. Kedua sub famili ini diperkirakan menyukai daerah terbuka, yang disebabkan oleh pembukaan tutupan tajuk (vegetasi) di sepanjang lintasan jalan sarad. Penyaradan kayu dengan traktor menurunkan persentase tutupan tajuk. King et al. (1998) menyatakan bahwa kelimpahan semut tanah memiliki hubungan yang erat dengan tutupan tajuk dan ketebalan serasah. Semut tanah yang banyak ditemukan di hutan yang terganggu adalah kelompok generalis dari sub famili Myrmicine.

Hasil uji korelasi Pearson menunjukkan bahwa kelimpahan semut tanah berkorelasi nyata dengan tutupan tajuk, kerapatan tumbuhan bawah dan kelembaban udara. Penelitian-penelitian sebelumnya membuktikan bahwa penyaradan kayu dengan traktor mengakibatkan pemadatan tanah di sepanjang lintasan jalan sarad. Meskipun tanah merupakan sarang dari beberapa jenis semut tanah, namun pemadatan tanah akibat penyaradan kayu tidak berkorelasi nyata dengan

kelimpahan semut. Hasil sidik ragam juga menunjukkan bahwa kepadatan tanah tidak berpengaruh nyata terhadap kelimpahan semut tanah, tetapi perlakuan penyaradan yang memberikan pengaruh nyata terhadap kelimpahan semut tanah. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Bell (2015), yang melaporkan bahwa perubahan komposisi semut berkaitan erat dengan tutupan tajuk. Kendrick et al. (2015) melaporkan bahwa kelimpahan semut secara signifikan lebih rendah di daerah terbuka dibandingkan daerah dengan tutupan tajuk yang tidak terganggu.

SIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan informasi penting bahwa penyaradan kayu dengan traktor di hutan alam produksi tidak merubah keanekaragaman semut tanah hutan. Penyaradan kayu dengan traktor mengakibatkan penurunan kelimpahan sebagian besar semut tanah hutan. Penyaradan kayu dengan traktor tidak mengakibatkan perubahan indeks komunitas semut tanah. Kelimpahan semut tanah memiliki korelasi yang signifikan dengan tutupan tajuk, kerapatan tumbuhan bawah dan kelembaban udara.

SANWACANA

Penulis mengucapkan terima kasih kepada segenap jajaran direksi dan petugas lapangan PT Dwimajaya Utama Kalimantan Tengah atas segala bantuan dan dukungannya, baik dalam bentuk penyediaan data sekunder, pemandu lapangan, akomodasi dan transportasi selama pelaksanaan penelitian lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achat, D. L., Deleuze, C., Landmann, G., Pousse, N., Ranger, J., and Augusto, L. 2015. Quantifying Consequences of Removing Harvesting Residues on Forest Soils and Tree Growth: A Meta-Analysis. *Forest Ecology and Management* 348: 124–141. DOI: 10.1016/j.foreco.2015.03.042
- Ardillah, S., Leksono, A. S., and Hakim, L. 2014. Diversitas Arthropoda di Area Restorasi Ranu Pani, Kabupaten Lumajang. *Biotropika* 2(4): 201–213.
- Bell, T. 2015. Changes in Ant Community Across a Tropical Rainforest Landscape which Includes Old Growth and Twice-Logged Areas in Sabah, Malaysia. Imperial College. London.
- Borror, D. J., Triplehorn, C. A., and Johnson, N. F. 1996. *An Introduction to the Study of Insects*. Hartcourt Brace College Publisher, New York, USA.
- Edwards, D. P., Woodcock, P., Edwards, F. A., Larsen, T. H., Hsu, W. W., Benedick, S., and Wilcove, D. S. 2012. Reduced Impact Logging and Biodiversity Conservation: Case Study from Borneo. *Ecological Applications* 22(2): 561–571. DOI: 10.1890/11-1362.1
- Ewers, R. M., Boyle, M. J. W., Gleave, R. A., Plowman, N. S., Benedick, S., Bernard, H., Bishop, T. R., Bakhtiar, E. Y., Chey, V. K., Chung, A. Y. C., Davies, R. G., Edwards, D. P., Eggleton, P., Fayle, T. M., Hardwick, S. R., Homathevi, R., Kitching, R. L., Khoo, M. S., Luke, S. H., March, J. J., Nilus, R., Pfeifer, M., Rao, S. V, Sharp, A. C., Snaddon, J. L., Stork, N. E., Struebig, M. J., Wearn, O. R., Yusah, K. M., and Turner, E. C. 2015. Logging Cuts the Functional Importance of Invertebrates in Tropical Rainforest. *Nature Communications* 6: 6836. DOI: 10.1038/ncomms7836

- França, F., Barlow, J., Araújo, B., and Louzada, J. 2016. Does Selective Logging Stress Tropical Invertebrates? Using Fat Stores to Examine Sub Lethal Responses in Dung Beetles. *Ecology and Evolution* 17: 63–173. DOI: 10.1002/ece3.2488
- García-Martínez, M., Martínez-Tlapa, D. L., Pérez-Toledo, G. R., Quiroz-Robledo, L. N., Castaño-Meneses, G., Laborde, J., and Valenzuela-González, J. E. 2015. Taxonomic, Species and Functional Group Diversity of Ants in a Tropical Anthropogenic Landscape. *Tropical Conservation Science* 8: 1017–1032. DOI: 10.1177/194008291500800412
- Gibb, H., Sanders, N. J., Dunn, R. R., Arnan, X., Vasconcelos, H. L., Donoso, D. A., Andersen, A. N., Silva, R. R., Bishop, T. R., Gomez, C., Grossman, B. F., Yusah, K. M., Luke, S. H., Pacheco, R., Pearce-Duvel, J., Retana, J., Tista, M., and Parr, C. L. 2018. Habitat Disturbance Selects Against Both Small and Large Species Across Varying Climates. *Ecography* 41(7): 1184–1193. DOI: 10.1111/ecog.03244
- Griffiths, H. M., Ashton, L. A., Walker, A. E., Hasan, F., Evans, T. A., Eggleton, P., and Parr, C. L. 2018. Ants are the Major Agents of Resources Removal from Tropical Rainforests. *Journal of Animal Ecology* 87(1): 293–300. DOI: 10.1111/1365-2656.12728
- de Groot, M., Zapponi, L., Badano, D., Serena, C., and Franco, M. 2016. Forest Management for Invertebrate Conservation. *Italian Journal of Agronomy* 11: 32–37.
- Gunawardene, N. R., Majer, J. D., and Edirisinghe, J. P. 2010. Investigating Residual Effect of Selective Logging on Ant Species Assemblages in Sinharaja Forest Reserve, Sri Lanka. *Forest Ecology and Management* 259: 555–562. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.11.012
- Hard, P. E. 2014. Effects of Selective Logging and Roads on Instream Fine Sediments and Macroinvertebrate Assemblages in the Clackmas Basin, Oregon. Portland State University, USA.
- Jourgholami, M., Majnounian, B., and Abari, M. E. 2014. Effects of Tree-Length Timber Skidding on Soil Compaction in the Skidd Trail in Hyrcanian Forests. *Forest Systems* 23(2): 288–293. DOI: 10.5424/fs/2014232-03766
- Kendrick, J. A., Ribbons, R. R., Classen, A. T., and Ellison, A. M. 2015. Changes in Canopy Structure and Ant Assemblages Affect Soil Ecosystem Variables as a Foundation Species Declines. *Ecosphere* 6(5): 77. DOI: 10.1890/ES14-00447.1
- King, J. R., Andersen, A. N., and Cutter, A. D. 1998. Ants as Bioindicators of Habitat Disturbance: Validation of the Functional Group Model for Australia's Humid Tropics. *Biodiversity and Conservation* 7(12): 1627–1638. DOI: 10.1023/A:1008857214743
- Lange, M., Türke, M., Pašalić, E., Boch, S., Hessenmöller, D., Müller, J., Prati, D., Socher, S. A., Fischer, M., Weisser, W. W., and Gossner, M. M. 2014. Effects of Forest Management on Ground-Dwelling Beetles (Coleoptera, Carabidae, Staphylinidae) in Central Europe are Mainly Mediated by Changes in Forest Structure. *Forest Ecology and Management* 329: 166–176. DOI: 10.1016/j.foreco.2014.06.012
- Latumahina, F., Musyafa, M., Sumardi, S., and Putra, N. S. 2015. Respon Semut terhadap Kerusakan Antropogenik dalam Hutan Lindung Sirimau Ambon. *Jurnal Manusia dan Lingkungan* 22(2): 169–178. DOI: 10.22146/jml.18739
- Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Margerie, P., Mora, P., and Rossi, J. P. 2006. Soil Invertebrates and Ecosystem Services. *European Journal of Soil Biology* 42: S3–S15. DOI: 10.1016/j.ejsobi.2006.10.002
- Lee-Cruz, L., Edwards, D. P., Tripathi, B. M., and Adams, J. M. 2013. Impact of Logging and Forest Conversion to Oil Palm Plantations on Soil Bacterial Communities in Borneo. *Applied and Environmental Microbiology* 79(2): 7290–7297. DOI: 10.1128/AEM.02541-13
- Mangels, J., Blüthgen, N., Frank, K., Grassein, F., Hilpert, A., and Mody, K. 2015. Tree Species Composition and Harvest Intensity Affect Herbivore Density and Leaf Damage on Beech, *Fagus Sylvatica*, in Different Landscape Context. *PLoS ONE* 10(5): e0126140. DOI:

- 10.1371/journal.pone.0126140
- Matangaran, J. R., Putra, E. I., Diatin, I., Mujahid, M., and Adlan, Q. 2019. Residual Stand Damage from Logging of Tropical Forests: A Comparative Case Study in Central Kalimantan and West Sumatra, Indonesia. *Global Ecology and Conservation* 19: e00688. DOI: 10.1016/j.gecco.2019.e00688
- Matangaran, J. R., and Suwarna, U. 2012. Kepadatan Tanah oleh Dua Jenis Forwader dalam Pemanenan Hutan. *Ilmu-Ilmu Hayati dan Fisik* 14(2): 115–124.
- Mathieu, J., Rossi, J. P., Mora, P., Lavelle, P., Martins, P. F. D. S., Rouland, C., and Grimaldi, M. 2005. Recovery of Soil Macrofauna Communities after Forest Clearance in Eastern Amazonia, Brazil. *Conservation Biology* 19: 1598–1605. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2005.00200.x
- Meijaard, E., Sheil, D., Nasi, R., Augeri, D., Rosenbaum, B., Iskandar, D., Setyawati, T., Lammertink, A., Rachmatika, I., Wong, A., Soehartono, T., Stanley, S., and O'Brien, T. 2006. *Hutan Pasca Pemanenan: Melindungi Satwa Liar dalam Kegiatan Hutan Produksi di Kalimantan*. CIFOR, Bogor, Indonesia. DOI: 10.17528/cifor/002098
- Miranda, P. N., Baccaro, F. B., Morato, E. F., Oliveira, M. A., and Delabie, J. H. C. 2017. Limited Effects of Low-Intensity Forest Management on Ant Assemblages in Southwestern Amazonian Forests. *Biodiversity and Conservation* 26(10): 2435–2451. DOI: 10.1007/s10531-017-1368-y
- Naghdi, R., and Solgi, A. 2014. Effects of Skidder Passes and Slope on Soil Disturbance in Two Soil Water Contents. *Croatian Journal of Forest Engineering* 35: 73–80.
- Negro, M., Vacchiano, G., Berretti, R., Chamberlain, D. E., Palestrini, C., Motta, R., and Rolando, A. 2014. Effects of Forest Management on Ground Beetle Diversity in Alpine Beech (*Fagus sylvatica*) Stands. *Forest Ecology and Management* 328: 300–309. DOI: 10.1016/j.foreco.2014.05.049
- Philpott, S. M., Perfecto, I., Armbrrecht, I., and Parr, C. L. 2010. Ant Ecology. in: *Ant Ecology* L. Lach, C. L. Parr, and K. L. Abbott, eds. Oxford University Press Inc, New York, USA. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780199544639.003.0008
- PT Dwimajaya Utama. 2010. *Rencana Kerja Usaha Pemanfaatan Hasil Hutan pada Hutan Produksi Berbasis Inventarisasi Hutan Menyeluruh Berkala (IHMB) Periode Tahun 2011-2020*. Kalimantan Tengah, Indonesia.
- Rizal, S., Falahudin, I., and Endarsih, T. 2011. Keanekaragaman Semut Predator Permukaan Tanah (Hymenoptera: Formicidae) di Perkebunan Kelapa Sawit SPPN Sembawa Banyuasin. *Sainmatika* 8(1): 37–42.
- Ross, S. R. P. J., Garcia, F. H., Fischer, G., and Peters, M. K. 2018. Selective Logging Intensity in an East African Rain Forest Predicts Reductions in Ant Diversity. *Biotropica* 50(5): 768–778. DOI: 10.1111/btp.12569
- Rubiana, R., Rizali, A., Denmead, L. H., Alamsari, W., Hidayat, P., Pudjianto, Hindayana, D., Clough, Y., Tscharrntke, T., and Buchori, D. 2015. Agricultural Landuse Alters Composition but not Species Richness of Ant Communities. *Asian Myrmecology* 72: 73–85.
- Solgi, A., and Najafi, A. 2014. The Impacts of Ground-Based Logging Equipment on Forest Soil. *Journal of Forest Science* 60(1): 28–34. DOI: 10.17221/76/2013-jfs
- Suwarna, U., Matangaran, J. R., and Harmawan, F. 2014. Kerusakan Tegakan Tinggal Akibat Pemanenan Kayu di Hutan Alam Rawa Gambut. *Jurnal Manusia dan Lingkungan* 21(1): 83–89.
- Wibowo, C., and Slamet, S. A. 2017. Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Berbagai Tipe Tegakan di Areal Bekas Tambang Silica di Holcim Educational Forest, Sukabumi, Jawa Barat. *Jurnal Silvikultur Tropika* 8(1): 26–34.
- Widhiono, I., Pandhani, R. D., Darsono, Riwidiharso, E., Santoso, S., and Prayoga, L. 2017.

- Ant (Hymenoptera: Formicidae) Diversity as Bioindicator of Agroecosystem Health in Northern Slope of Mount Slamet, Central Java, Indonesia. *Biodiversitas* 18(4): 1475–1480. DOI: 10.13057/biodiv/d180425
- Widiyatmo, Soekotjo, Suryamojo, H., Supriyo, H., Purnomo, S., and Jatmoko. 2014. Dampak Penerapan Sistem Silvikultur Tebang Pilih Tanam Jalur terhadap Kelestarian Kesuburan Tanah dalam Menunjang Kelestarian Pengelolaan Hutan Alam. *Jurnal Manusia dan Lingkungan* 21(1): 50–59.
- Yeo, K., Konate, S., Tiho, S., and Camara, S. K. 2011. Impacts of Land Use Types on Ant Communities in a Tropical Forest Margin (Oume-d'Ivoire). *African Journal of Agricultural Research* 6: 260–274. DOI: 10.5897/AJAR09.479
- Yovi, E. Y., and Yamada, Y. 2019. Addressing Occupational Ergonomics Issues in Indonesian Forestry: Labours, Operators, or Equivalent Workers. *Croatian Journal of Forest Engineering* 40(2): 351–363. DOI: 10.5552/crojfe.2019.558
- Yuniar, N., and Haneda, N. F. 2015. Ants Diversity in Four Different Ecosystem Types in Jambi. in: *Proceeding of National Seminar of Biodiversity* 1582–1585.
- Zaman, M. A., Osman, K. T., and Sirajul Haque, S. M. 2010. Comparative Study of Some Soil Properties in Forested and Deforested Areas in Cox's Bazar and Rangamati Districts, Bangladesh. *Journal of Forestry Research* 21: 319–322. DOI: 10.1007/s11676-010-0077-0
- Zhou, X., Zhou, Y., Zhou, C., Wu, Z., Zheng, L., Hu, X., Chen, H., and Gan, J. 2015. Effects of Cutting Intensity on Soil Physical and Chemical Properties in a Mixed Natural Forest In Southeastern China. *Forests* 6: 4495–4509. DOI: 10.3390/f6124383