

Jurnal Ilmu Kehutanan

<https://jurnal.ugm.ac.id/v3/jik/>
ISSN: 2477-3751 (online); 0126-4451 (print)



Keragaman Jenis dan Kondisi Habitat Herpetofauna Paska Kebakaran di Taman Nasional Tesso Nilo-Riau

(Species Diversity and Habitat Conditions of Herpetofauna after Fire in Tesso Nilo National Park-Riau)

Yogi Alro Aliando¹, Wiwid Prayoga¹ & Muhammad Ali Imron^{1*}

¹Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan, Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada, Komplek Agro No 1 Bulaksumur Yogyakarta 55280

*Email: maimron@ugm.ac.id

HASIL PENELITIAN

DOI: 10.22146/jik.v15i2.1799

RIWAYAT NASKAH :

Diajukan (submitted): 16 Maret 2021

Diperbaiki (revised): 8 Juni 2021

Diterima (accepted): 18 Juni 2021

KEYWORD

reptiles, amphibians, ex-burnt forest, forest fire, ecosystem resilience

KATA KUNCI

reptil, amfibi, bekas terbakar, kebakaran hutan, resiliensi ekosistem

ABSTRACT

Herpetofauna is poikilotherm and sensitive to temperature change in particular fires, understanding response of these taxa after fire could provide early evidence of ecosystem resilience. It seems very few scientific evidences have been reported for the response of herpetofauna communities after fire. We aim to explore the presence of herpetofauna in the ex-burnt areas of Tesso Nilo National Park in Riau Province and find possible environmental conditions which explain their presence. Field work was conducted during December 2015-February 2016 for collecting presence of diurnal herpetofauna species in burnt and un-burnt areas as well as collecting environmental conditions through transects. Numbers of individual sightings during observation were recorded and measurement of environmental conditions included habitat covers, vegetation density using protocol sampling and nested sampling plots. We also calculated vegetation mortality and composition of dead organic matter for each sites. Fires in 2015 have caused a clear difference on the habitat condition for herpetofauna between burnt and un-burnt, whereas the composition of herpetofauna species was higher in un-burnt areas (10 species) than burnt areas (5 species). Frogs were found in burnt area, confirms their ability to survive in disturbed areas.

INTISARI

Herpetofauna merupakan satwa poikilotherm dan sensitive terhadap perubahan temperature khususnya kebakaran, pemahaman akan respon taksa ini terhadap kondisi setelah kebakaran dapat memberikan informasi indikasi awal resiliensi ekosistem. Nampaknya informasi saintifik terkait dengan respon komunitas herpetofauna setelah kebakaran masih sangat jarang. Tujuan penelitian ini untuk mengeksplorasi keberadaan herpetofauna pada daerah-daerah bekas terbakar di Taman Nasional Tesso Nilo di Propinsi Riau dan mencari faktor-faktor lingkungan yang dapat menjelaskan keberadaannya. Survey di lapangan dilakukan selama periode Desember 2015-Februari 2016 untuk mengumpulkan data keberadaan jenis herpetofauna diurnal pada daerah terbakar dan tidak terbakar serta mengumpulkan data lingkungan menggunakan jalur-jalur transek. Jumlah individu yang teramati dicatat dan kondisi lingkungan yang diamati adalah kondisi tutupan habitat dan kepadatan vegetasi yang diukur menggunakan protocol sampling plots dan nested sampling plots, secara berturut-turut. Penelitian ini juga mencatat kematian vegetasi dan komposisi dari bahan organik pada setiap lokasi penelitian. Kebakaran besar yang terjadi tahun 2015 telah menyebabkan perbedaan kondisi habitat herpetofauna yang sangat nampak antara daerah yang terbakar dan tidak terbakar, terlihat pada komposisi herpetofauna yang lebih tinggi pada daerah tidak terbakar (10 jenis) dibandingkan daerah terbakar (5 jenis). Penelitian ini menemukan bahwa sebagian besar jenis yang ditemukan termasuk adalah katak yang selama ini dikenal mampu bertahan hidup pada lokasi yang terganggu.

Pendahuluan

Kebakaran lahan dan hutan merupakan fenomena yang sering muncul di Indonesia dan menjadi masalah lingkungan yang berkepanjangan (Dennis 1999; Yulianti et al. 2012; Field et al. 2016; Nikonovas et al. 2019). Kebakaran hutan dan lahan di Indonesia melibatkan banyak faktor penyebab dan secara umum manusia menjadi penyebab utama selama abad 20 (Barber & Schweithelm 2000; Groot et al. 2007; Van Der Werf et al. 2010). Kebakaran lahan dan hutan tidak hanya terjadi pada daerah yang mendapatkan pengaruh langsung manusia, namun juga pada daerah-daerah yang alami termasuk kawasan konservasi berupa suaka margasatwa, taman nasional, cagar alam dan lain sebagainya (Imron et al. 2019). Kebakaran tersebut menyebabkan kehilangan hutan yang luas serta memengaruhi habitat berbagai satwa liar (Nellemann et al. 2007; Russon et al. 2015).

Gangguan terhadap habitat satwa liar merupakan proses yang terjadi secara alami maupun diakselerasi oleh adanya aktivitas manusia dalam kawasan yang alami (Meijaard et al. 2006). Pada kejadian kebakaran, satwa liar akan merespon dengan meninggalkan area terbakar (Lyon et al. 2000), berlari ke luar lingkaran api dan berlindung di tempat yang tersedia *perlindungan* yang cukup memadai hingga kondisi memungkinkan untuk kembali (van Mantgem et al. 2015). Setelah terjadi kebakaran, mereka berusaha untuk beradaptasi dengan perubahan yang terjadi. Beberapa jenis satwa liar ada yang memilih untuk pergi beberapa tahun hingga kondisi habitatnya kembali seperti sebelum terjadi kebakaran (Kennedy & Fontaine 2009). Adaptasi tersebut merupakan proses alami yang terjadi sebagai respon satwa terhadap keadaan lingkungannya (Lyon et al. 2000). Dalam proses adaptasinya, satwa liar akan menyebar mengikuti ketersediaan sumberdaya yang dibutuhkan (Morrison et al. 2006).

Salah satu kawasan konservasi yang menerima

dampak kebakaran hutan di Pulau Sumatera adalah Taman Nasional Tesso Nilo (TNTN). Taman nasional ini selain mendapatkan ancaman berupa kehilangan hutan akibat perambahan yang merupakan fenomena umum di propinsi Riau dalam proses konversi menjadi kebun sawit (Uryu et al. 2007; Susanti 2016), kebakaran hutan juga terjadi pada hutan yang tersisa di dalam kawasan konservasi ini pada tahun 2015. Kejadian kebakaran pada tahun 2015 merupakan peristiwa kebakaran besar di Indonesia dan disebabkan oleh proses yang kompleks (Atwood et al. 2016; Field et al. 2016) serta berdampak pada berbagai aspek termasuk habitat satwa liar. Meskipun banyak informasi terkait dengan dampak kebakaran habitat terhadap satwa liar di daerah temperate, namun informasi serupa jarang dijumpai di kawasan konservasi pada wilayah tropis di Indonesia seperti di Pulau Sumatera. Sebagian besar penelitian tentang herpetofauna di Indonesia fokus pada identifikasi jenis (Wanda et al. 2012; Setiawan et al. 2016; Bobi et al. 2017). Publikasi terbaru terkait respon herpetofauna lebih banyak fokus pada perubahan komposisi jenis setelah beberapa tahun kebakaran dan belum melihat kondisi habitatnya pada areal hutan produksi (Rejeki & Santosa 2020). Selain itu penelitian tersebut dilakukan pada kawasan kebun sawit yang banyak mendapatkan intervensi manusia. Respon komunitas herpetofauna paska kebakaran pada daerah yang masih sedikit intervensi manusianya seperti kawasan konservasi sangat penting untuk memberikan informasi tentang kemampuan herpetofauna memulihkan diri secara alami.

Herpetofauna merupakan satwa *poikilotherm* atau satwa berdarah dingin yang memiliki kemampuan untuk merespon perubahan-perubahan lingkungan dan penting dalam rantai makanan di alam (Srinivasan & Bragadeeswaran 2008). Kemampuan dalam merespon perubahan-perubahan lingkungan tersebut menjadikan taksa ini sering dijadikan

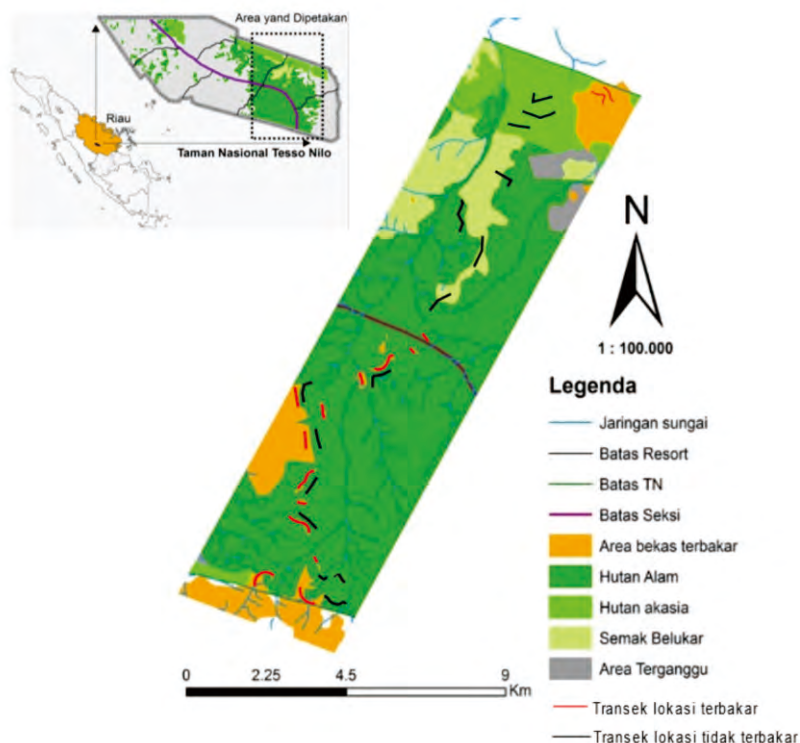
sebagai indikator perubahan lingkungan khususnya api (Lyon et al. 2000; Howard et al. 2015; Sousa et al. 2015). Penggunaan jenis-jenis herpetofauna untuk mengukur perubahan-perubahan lingkungan sudah dilakukan untuk menilai lokasi paska kebakaran di kebun sawit (Rejeki & Santosa 2020). Pada kawasan hutan yang masih bagus, dampak gangguan oleh manusia dalam skala medium telah diteliti di Pulau Sulawesi dengan pendekatan spasial (Howard et al. 2015). Kajian terkait dampak kebakaran pada kondisi habitat dan keragaman jenis-jenis herpetofauna yang mampu bertahan atau mengisi kembali lokasi bekas terbakar dalam skala *site* masih jarang dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan identifikasi jenis-jenis herpetofauna yang ditemukan pada lokasi-lokasi bekas terbakar dan menilai kondisi habitat herpetofauna pada skala *site*. Kami menggunakan Taman Nasional Tesso Nilo di Pulau Sumatera sebagai perwakilan kawasan konservasi yang mengalami

tekanan perubahan penutupan lahan yang cepat dan juga mengalami kebakaran hutan pada tahun 2015.

Bahan dan Metode

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini menggunakan *impact-reference design* (Morrison et al. 2008) dengan asumsi bahwa peristiwa kebakaran hutan di Indonesia merupakan fenomena alam yang bersifat insidental yang tidak mungkin melakukan proses randomisasi. Desain penelitian dalam penelitian ini adalah membandingkan kondisi habitat dan mengidentifikasi jenis herpetofauna yang muncul pada area bekas terbakar dan area yang tidak terbakar pada hutan yang tersisa di Taman Nasional Tesso Nilo (TNTN). Cakupan wilayah penelitian merupakan area hutan tersisa yang ada di dalam TNTN dan mengalami kebakaran pada tahun 2015 (Gambar 1). Survey lapangan dilaksanakan pada bulan Desember 2015 hingga Februari 2016.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di Taman Nasional Tesso Nilo Propinsi Riau. Deliniasi wilayah kajian dilakukan pada bagian dalam taman nasional yang masih memiliki tutupan lahan berupa hutan dan mengalami kebakaran pada tahun 2015. Jalur transek pengamatan dibedakan antara lokasi yang pernah terbakar (garis merah) dan lokasi yang tidak terbakar (garis hitam)

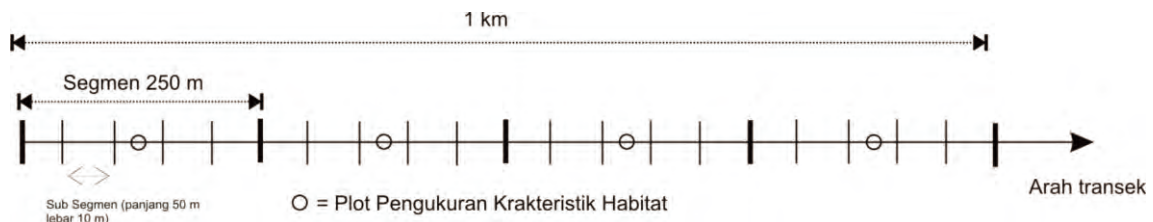
Figure 1. Map of study locations in Tesso Nilo National Park of Riau Province. Study area was delineated based on remained forest covers in the park after fire in 2015. Observation transects were separated into burnt area (red lines) and un-burnt area (black lines)

Penentuan lokasi survey dilakukan dengan membuat deliniasi wilayah penelitian yang ada di dalam TNTN. Deliniasi wilayah penelitian dilakukan dengan mengidentifikasi lokasi-lokasi yang terkena kebakaran tahun 2015 yang terdeteksi melalui data *hotspot* tahun 2015 (diakses melalui: <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/download/request.php>). Berdasarkan data *hotspot* kemudian dilakukan *buffering* ± 3 km, dengan pertimbangan 1 km yang merupakan resolusi spasial sensor (Giglio 2010) dan 2 km untuk mengakomodir kemungkinan kesalahan deteksi oleh sensor MODIS (Zubaidah et al. 2014). Hasil *buffering hotspot* tersebut kemudian ditumpangsusunkan dengan peta tutupan lahan TNTN tahun 2014 untuk menentukan lokasi penelitian yang mewakili daerah terbakar dan tidak terbakar. Penentuan jalur di lapangan ditentukan bersama dengan petugas dari TNTN, namun secara umum jalur-jalur yang disurvei sudah mewakili lokasi-lokasi bekas terbakar (Gambar 1). Hasil survey lapangan dengan total transek sepanjang 26,5 km. Panjang tiap transek pada tiap lokasi pengamatan bervariasi antara 250 m – 1.000 m dengan rincian 11 km (220 sub-segmen) di hutan bekas terbakar dan 15,5 km (310 sub-segmen) di hutan yang tidak terbakar dengan total cakupan area kajian seluas $\pm 7.525,26$ ha.

Survey keberadaan satwa herpetofauna dilakukan dengan menggunakan metode transek yang ditempatkan pada area terbakar dan area tidak terbakar (Gambar 1). Jalur transek dibuat maksimal

sepanjang 1 km dan lebar 10 m. Transek sepanjang 1 km ini juga pernah digunakan oleh Rejeki and Santosa (2020) untuk menilai dampak api pada lokasi kebun sawit pada jenis-jenis nocturnal. Penelitian ini dibatasi hanya pada pada jenis-jenis diurnal karena survey pada malam hari beresiko pada habitat harimau sumatera (*Panthera tigris sumatrae*). Pada setiap transek dibuat segmen yang berukuran 250 m dan lebar 10 m untuk mendata kehadiran heretofauna secara langsung/visual. Untuk mempermudah pencatatan, di setiap segmen dibagi menjadi subsegmen dengan panjang 50 m (Gambar 3). Pembatasan jarak setiap 250 m ini dilakukan untuk mempermudah pengamatan tanda keberadaan herpetofauna di lapangan. Tiap menemukan suatu jenis dilakukan pengenalan jenisnya dan lokasi perjumpaan ditandai dengan GPS untuk diketahui posisi koordinatnya. Identifikasi jenis-jenis yang ditemukan menggunakan buku panduan untuk reptil dan ular (Hall 2004) serta amfibi menggunakan buku panduan untuk wilayah Borneo (Inger & Stuebing 2005).

Kondisi habitat diukur dengan menempatkan plot bertingkat atau *nested sampling* dan *protocol sampling* pada titik tengah tiap segmen pada garis transek. Kondisi habitat yang diukur mencakup persen tutupan tajuk dan tumbuhan bawah, kerapatan vegetasi, kematian vegetasi, dan komposisi bahan organik. Pengukuran tutupan tajuk dilakukan guna mendeskripsikan kondisi sumberdaya tutupan



Gambar 2. Desain transek sepanjang 1 km dan lebar 10 m untuk pengamatan keberadaan herpetofauna dan titik-titik plot pengukuran habitat. Setiap transek dibagi menjadi segmen sepanjang 250 m dan di dalamnya terdapat subsegmen sepanjang 50 m. Lokasi pengukuran habitat herpetofauna ditempatkan pada titik tengah tiap segmen.

Figure 2. One km length and 10 m width of transect design for observation of herpetofauna and point plots for habitat measurement. Each transect consists of 250 m length segments composed by 50 m length of subsegments. Habitat measurement plots were placed in the middle of each segment.

vertikal dan horizontal bagi satwa herpetofauna (Mysterud & Ostbye 1999). Struktur tutupan tajuk diukur dalam plot *protocol sampling* yang mencakup dimensi vertikal dan horizontal vegetasi. Plot ini berbentuk lingkaran dengan jari-jari 11,3 m (Noon 1981). Struktur pelindung vertikal diukur dengan bantuan alat *density board* yang diletakkan pada empat arah mata angin di ujung *protocol sampling* dengan beberapa kelas ketinggian dari permukaan tanah. Kelas 1 (0–30 cm), kelas 2 (30–100 cm), kelas 3 (100–200 cm), dan kelas 4 (200–300 cm). *Density board* diletakkan di ujung jalur atau di batas plot, sedangkan pengamat berdiri di pusat plot yang berjarak 11,3 m. Pengamat mencatat jumlah kotak tiap kelas ketinggian yang tertutup oleh vegetasi.

Persen penutupan horizontal meliputi tutupan tajuk dan tumbuhan bawah yang dilakukan sejumlah 20 titik pengamatan di dalam plot. Sejumlah 10 titik arah utara-selatan dan 10 titik arah barat-timur. Cara pengukuran dengan melihat ke atas dan ke bawah menggunakan tabung okuler yang kemudian dicatat nilai + yang berarti terdapat penutupan. Persentase penutupan tajuk dan tumbuhan bawah serta jenis bahan organik penutupnya kemudian dihitung dengan membandingkan jumlah titik yang terdapat tutupan dengan total titik pengamatan (20) dan dihitung dalam bentuk prosentase.

Pengukuran kerapatan vegetasi dilakukan dengan plot bertingkat dengan ukuran 2x2 m untuk semai; 5x5 m untuk sapihan; 10x10 m untuk tiang; 20x20 m untuk pohon (Gambar 3). Data yang dicatat adalah jumlah individu pada masing-masing tingkatan vegetasi. Metode ini dapat memberikan data komposisi vegetasi yang lebih akurat (Indriyanto 2006). Kematian vegetasi akibat kebakaran dihitung dengan membandingkan antara jumlah tumbuhan yang mati dengan jumlah vegetasi yang terdapat dalam plot bertingkat. Penghitungan ini dilakukan pada tingkat sapihan, tiang, dan pohon.

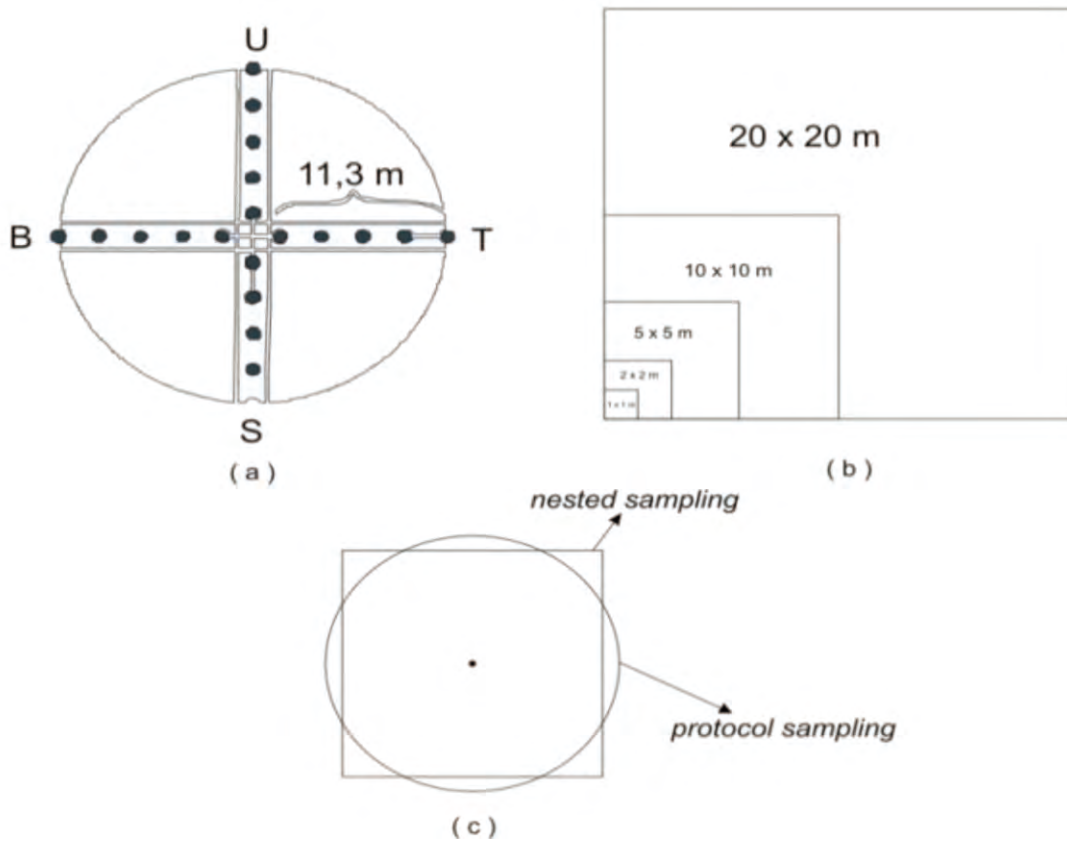
Penghitungan ini diadopsi dari metode yang digunakan untuk menghitung kerusakan tegakan tinggal akibat penebangan di hutan alam (Dephut 1999). Pohon mati atau yang masih dapat bertahan hidup pasca terbakar ditentukan dengan melihat kondisi fisik pohon serta menyayat batangnya hingga terlihat bagian kambiumnya. Cara penentuan ini hanya dilakukan pada tingkat pohon dan tiang, namun tidak dilakukan pada tingkat semai dan sapling. Apabila kambium terlihat sudah mengering maka pohon tersebut dinyatakan telah mati. Apabila masih terdapat cairan putih kambium atau kulit bagian dalam masih terlihat hijau maka pohon tersebut masih dikatakan hidup (Skelly 2004). Secara sederhana, tingkat kematian vegetasi tiap plot diketahui dengan persamaan sebagai berikut:

$$Kb = \frac{\Sigma h}{\Sigma h + \Sigma m} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- Kb = tingkat kematian vegetasi akibat kebakaran
- Σh = jumlah individu vegetasi hidup
- Σm = jumlah individu vegetasi mati

Perbedaan kondisi habitat pada lokasi bekas terbakar dan tidak terbakar dilakukan uji beda non-parametrik *Mann-Whitney U Test* dengan taraf kepercayaan 95% dengan software SPSS 10. Deskripsi secara kualitatif perbedaan kondisi habitat dilakukan menggunakan boxplot untuk tiap variabel habitat yang diukur. Pola distribusi spasial dari masing-masing jenis herpetofauna diketahui dengan melakukan teknik analisis *average nearest neighbor*. Teknik ini berguna untuk mengukur hubungan spasial dengan menggunakan jarak rata-rata terdekat individu dalam suatu populasi (Clark & Evans 1954; Thompson 1956). Teknik *average nearest neighbor* telah banyak digunakan untuk mengetahui pola spasial baik pada tumbuhan maupun satwa liar dalam sebaran populasinya di alam, terutama apabila data



Gambar 3. (a) Protocol sampling, (b) plot bertingkat, dan (c) posisi relatif kedua plot dalam satu titik pengamatan.
Figure 3. (a) Protocol sampling, (b) nested sampling, and (c) relative position of both plots in an observation

berupa titik yang bereferensi geografis (Smith & Murphy 1982; Roussopoulos et al. 1995; Thumbi et al. 2010). Pembuatan peta distribusi satwa herpetofauna dan analisis pola spasial *average nearest neighbor* ini dapat dilakukan dengan *software* ArcGIS 10.1 (ESRI 2001). Penentuan pola spasial dalam analisis *average nearest neighbor* adalah berupa nilai *z score* dengan kriteria apabila:

- $z\ score < 1$: mengelompok (*clustered*)
- $z\ score = 1$: acak (*random*)
- $z\ score > 1$: merata (*dispersed*) (ESRI, 2001).

Hasil dan Pembahasan

Hasil

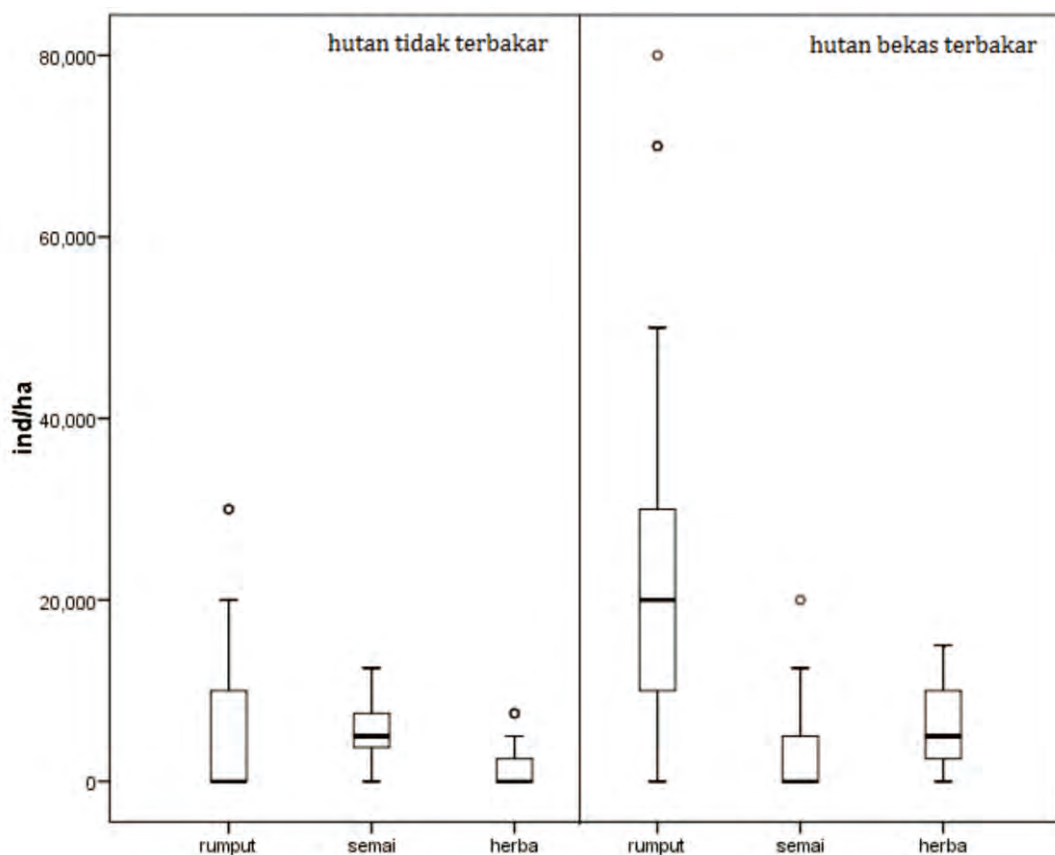
Jenis Herpetofauna pada Lokasi Bekas Terbakar

Jenis herpetofauna yang ditemukan di lokasi penelitian bekas terbakar dan tidak terbakar sebanyak

10 jenis yang terdiri dari 3 jenis ular, 4 jenis katak, dan 3 jenis reptil (Tabel 1). Hanya 5 jenis herpetofauna yang dapat ditemukan pada lokasi bekas terbakar dan 10 jenis pada lokasi tidak terbakar. Distribusi satwa dalam penelitian ini hanya terdapat dua pola yaitu acak dan mengelompok. Pada lokasi terbakar, hanya terdapat tiga jenis yang bisa dianalisis pola distribusinya, sedangkan pada lokasi tidak terbakar hampir semua bisa dianalisis dan hanya dua yang tidak bisa (Tabel 1). Secara keseluruhan ditemukan 10 spesies yang terdiri dari 4 amfibi dan 6 reptil. Jenis yang paling banyak dijumpai di lokasi pasca terbakar dan tidak terbakar adalah *Fejervarya limnocharis*. Jenis ini merupakan jenis yang biasa dijumpai di lingkungan yang terganggu, seperti di pertanian dan tepi jalan yang dibuka (Inger & Stuebing 2005).

Tabel 1. Pola distribusi jenis herpetofauna pada area terbakar dan tidak terbakar di Taman Nasional Tesso Nilo
Table 1. Distribution patterns of herpetofauna species in burnt and un-burnt area of Tesso Nilo National Park

Famili	Jenis dan status konservasinya	Pola distribusi		Jumlah temuan	
		Area terbakar	Tidak terbakar	Area terbakar	Tidak terbakar
Colubridae	<i>Dendrelaphis pictus</i> Gmelin, 1789 (NE)	Acak	NA	9	1
Scincidae	<i>Eutropis multifasciata</i> Kuhl, 1820 (NE)	Acak	Acak	23	17
Dicroglossidae	<i>Fejervarya limnocharis</i> Gravenhorst, 1829 (LC)	Mengelompok	Acak	12	50
Ranidae	<i>Pulchrana glandulosa</i> Boulenger, 1882 (LC)	NA	Mengelompok	1	31
Varanidae	<i>Varanus salvator</i> Laurenti, 1768 (LC)	NA	Acak	1	3
Pythonidae	<i>Broghammerus reticulatus</i> Schneider, 1801 (NE)	NA	Acak		3
Gekkonidae	<i>Cyrtodactylus</i> sp. (ND)	NA	Acak		2
Homalopsidae	<i>Enhydryis enhydryis</i> Schneider, 1799 (LC)	NA	NA		1
Rhacophoridae	<i>Polypedates leucomystax</i> Gravenhorst, 1829 (ND)	NA	Mengelompok		10
Rhacophoridae	<i>Rhacophorus</i> sp. (ND)	NA	Acak		2



Gambar 4. Diagram *boxplot* kerapatan tumbuhan bawah (rumput, semai dan herba) antara area tidak terbakar dan area bekas terbakar

Figure 4. Boxplot diagram for soil cover densities (grass, seedling, and herbs) between burnt and un-burnt locations

Kondisi Habitat Satwa Herpetofauna Pasca Kebakaran Hutan

Kerapatan vegetasi

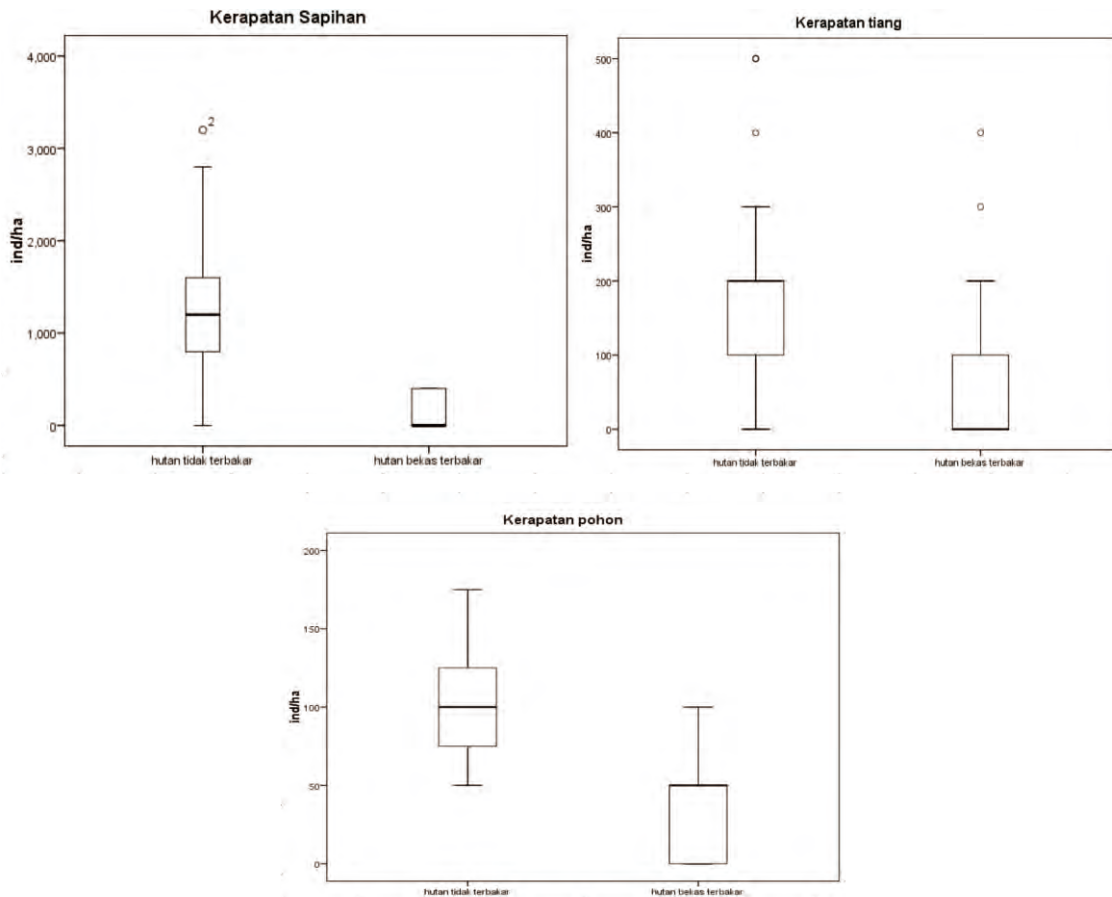
Hasil pengukuran kondisi vegetasi untuk seluruh tingkat pertumbuhan menunjukkan perbedaan yang signifikan antara lokasi terbakar dan tidak terbakar (Tabel 2). Perbedaan kondisi kerapatan tumbuhan bawah antara lokasi tidak terbakar dan lokasi bekas terbakar dapat dilihat pada Gambar 4. Kerapatan rumput pada area hutan tidak terbakar hanya sebesar 10.000 individu/ha, sedangkan pada area hutan bekas terbakar kerapatan rumput nilainya sebesar 30.000 individu/ha. Kerapatan semai pada area hutan tidak terbakar sebesar 7.500 individu/ha, sedangkan pada area hutan bekas terbakar sebesar 5.000 individu/ha. Kerapatan herba pada area hutan tidak terbakar sebesar 2.000 individu/ha, sedangkan pada area hutan

bekas terbakar sebesar 10.000 individu/ha. Nilai kerapatan pada rumput dan herba pada hutan bekas terbakar lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kerapatan di area hutan bekas terbakar. Jenis rumput yang mendominasi lantai hutan pasca kebakaran adalah jenis rumput alang-alang (*Imperata cylindrica*) sedangkan semai yang dominan adalah semai akasia (*Acacia mangium*).

Nilai kerapatan sapihan di area bekas terbakar pada *boxplot* (Gambar 5) memperlihatkan nilai kerapatan yang mendekati nilai 0 individu per hektar sedangkan di area tidak terbakar nilai kerapatan mendekati nilai 1.000–1.500 individu/ha. Kemudian pada tingkat tiang nilai kerapatannya sekitar 100–200 individu/ha pada area tidak terbakar, dan pada area hutan tidak terbakar pada kisaran nilai 0–100 individu/ha.

Tabel 2. Hasil uji normal dan uji beda kondisi habitat herpetofauna pada lokasi bekas terbakar dan tidak terbakar
Table 2. Test of data normality and different on habitat of herpetofauna on burnt and un-burnt area

Variabel Habitat	Uji normalitas data		Uji beda	
	Asymp. Sig.	Ket .	Asymp. Sig.	Ket .
Pelindung Horizontal (%)				
- penutupan tajuk	0.014	tidak normal	2E -18	berbeda
- penutupan tumb. bawah	0.003	tidak normal	1E -07	berbeda
Pelindung Vertikal (%)				
0–30	0.000	tidak normal	2E -18	berbeda
30–100	0.000	tidak normal	1E -17	ber beda
100 –200	0.021	tidak normal	4E -14	berbeda
200 –300	0.049	tidak normal	2E -18	berbeda
Komponen Organik (%)				
Seresah	0.024	tidak normal	4E -18	berbeda
Kayu lapuk/mati	0.835	Normal	6E -13	berbeda
Tanah	0.008	tidak normal	2E -13	ber beda
Kerapatan Vegetasi (ind/ha)				
Rumput	0.000	tidak normal	3E -06	berbeda
Semai	0.001	tidak normal	4E -05	berbeda
Herba	0.000	tidak normal	8E -07	berbeda
Sapihan	0.001	tidak normal	2E -15	berbeda
Tiang	0.001	tidak normal	2E -09	berbeda
Pohon	0.011	tidak normal	3E -12	berbeda



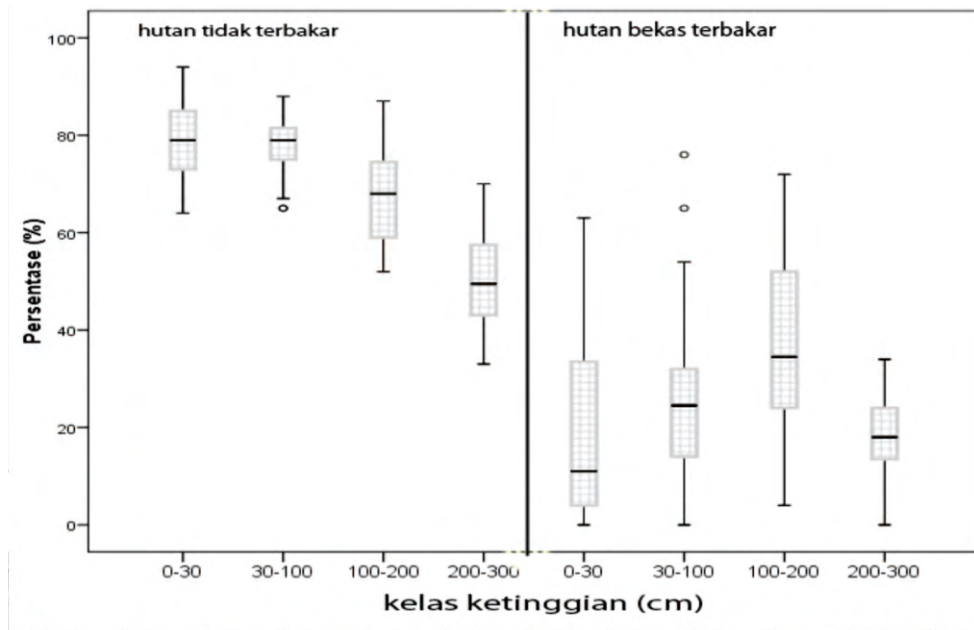
Gambar 5. Diagram boxplot kerapatan sapihan, tiang, dan pohon antara area bekas terbakar dan area tidak terbakar.
Figure 5. Boxplot diagram of sapling, poles and trees on burnt and un-burnt area

Tutupan Vertikal dan Horizontal

Sebaran nilai data pelindung vertikal pada (Gambar 6) menunjukkan nilai yang berbeda di antara lokasi tidak terbakar dan terbakar. Persentase pelindung vertikal pada area bekas terbakar dan tidak terbakar memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Pada kelas 0–30, struktur pelindung vertikal pada hutan tidak terbakar memiliki persentase sebesar 90%, sedangkan pada area bekas terbakar persentasenya hanya 35%. Kemudian, pada kelas 30–100 persentase struktur pelindung vertikal pada area hutan tidak terbakar sebesar 80%, sedangkan pada area bekas terbakar persentasenya sebesar 30%. Struktur pelindung vertikal pada area bekas terbakar paling tinggi persentasenya adalah pada kelas 100–200 yaitu sebesar 50%, meskipun nilainya masih berada di bawah persentase pada area hutan tidak terbakar yaitu sebesar 75%. Kelas struktur pelindung vertikal paling

tinggi yaitu 200–300 memiliki persentase paling rendah dibanding yang lain, baik pada area hutan tidak terbakar maupun bekas terbakar. Persentase pada area hutan tidak terbakar hanya sebesar 55% dan pada area hutan bekas terbakar sebesar 20%. Kondisi tutupan vertikal di area bekas terbakar sebagian besar diisi oleh vegetasi-vegetasi yang mati berdiri atau kering akibat pemanasan api yang tidak sampai membakar habis jaringan vegetasi, sedangkan pada area tidak terbakar vegetasi didominasi oleh vegetasi yang masih sehat (Gambar 6). Tingkat kerusakan yang hanya mematikan vegetasi dalam keadaan berdiri seperti ini disebabkan oleh intensitas kebakaran (*fire intensity*) kategori rendah (Keeley 2009).

Kondisi struktur pelindung horizontal pasca kebakaran menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan antara hutan bekas terbakar dan hutan tidak terbakar (Gambar 11). Lokasi yang tidak terbakar

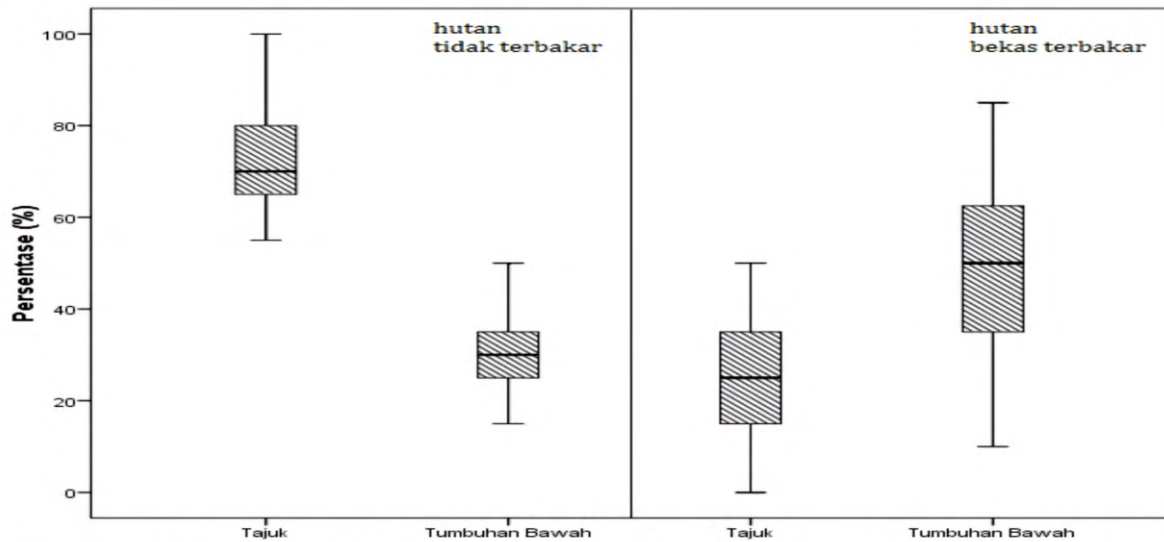


Gambar 6. Diagram *boxplot* tutupan vertikal antara area tidak terbakar dan area bekas terbakar (atas) dan foto-foto yang menggambarkan perbedaan kondisi tutupan vertikal antara lokasi tidak terbakar (kiri bawah) dan lokasi bekas terbakar (kiri bawah)

Figure 6. Boxplot diagram of vertical cover between burnt and un-burnt area (above) and photos describing the difference between un-burnt (below-left) and burnt locations (below-right)

menunjukkan persentase tutupan tajuk yang lebih tinggi dibandingkan dengan tutupan tumbuhan bawah. Berbanding terbalik dengan kondisi di lokasi bekas terbakar, penutupan tumbuhan bawah lebih tinggi daripada penutupan tajuknya. Data penutupan tajuk di plot hutan tidak terbakar secara keseluruhan memiliki nilai minimum yang berada di atas 50%.

Kondisi ini sangat berbeda dibandingkan dengan kondisi di hutan bekas terbakar dimana penutupan tajuk tertinggi hanya berada pada angka 50%. Kemudian, untuk penutupan tumbuhan bawah di lokasi hutan bekas terbakar nilainya berkisar dari 10–90%.



Gambar 7. Diagram *boxplot* struktur pelindung horizontal antara area tidak terbakar dan area bekas terbakar (atas) dan foto kondisi tajuk yang terbuka pada lokasi bekas terbakar (bawah)

Figure 7. Boxplot diagram of horizontal cover between burnt and un-burnt areas (above) and photo on low canopy cover on burnt area (below)

Kematian Vegetasi dan Komposisi Bahan Organik Lantai Hutan

Kerusakan dan tingkat kematian yang tinggi terdapat pada tingkatan sapihan, diikuti tiang, dan pohon. Gambar 8 menunjukkan adanya perbedaan nilai persentase minimum yang paling tinggi pada tingkat sapihan, dan yang memiliki persentase kematian yang paling rendah adalah pohon. Komposisi bahan organik mati yang terlihat pada

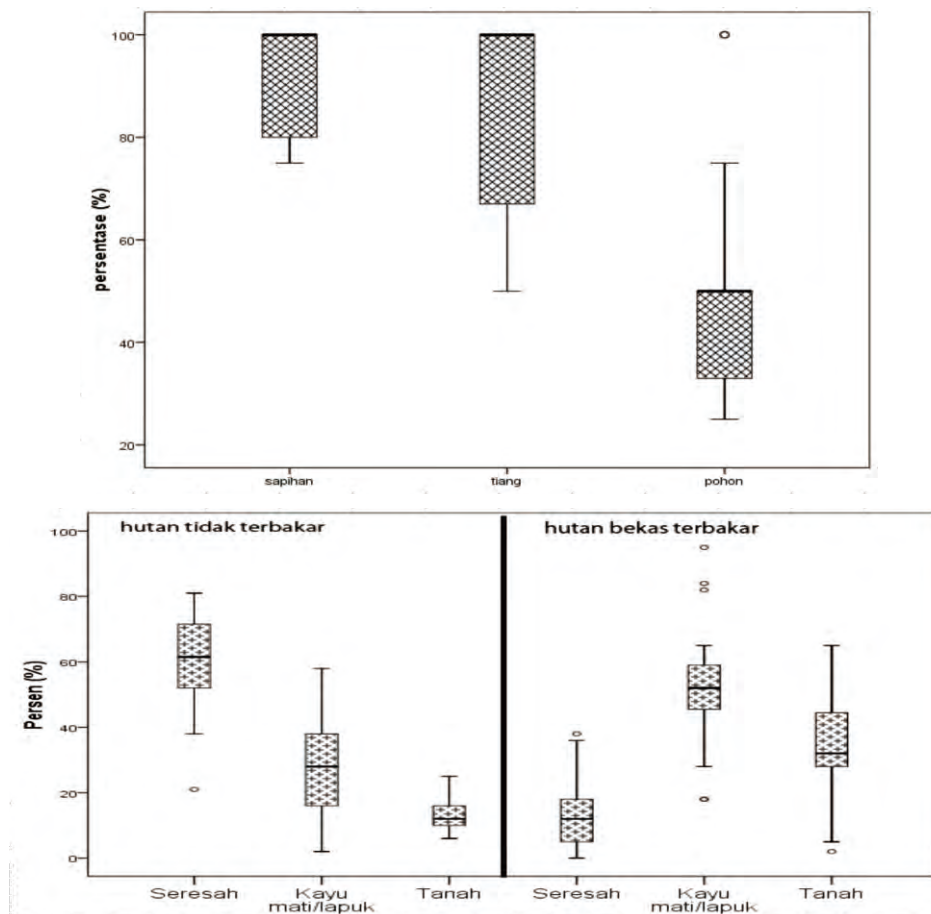
boxplot (Gambar 8) menunjukkan, sisa-sisa kayu mati atau rusak akibat terbakar mengisi paling banyak pada area bekas terbakar, diikuti dengan kondisi tanah yang terbuka dan yang paling sedikit diisi oleh seresah. Hasil perhitungan komposisi bahan organik di lantai hutan menunjukkan perbedaan antara area tidak terbakar dan area bekas terbakar (Gambar 8). Komposisi seresah pada area hutan tidak terbakar memiliki persentase yang cukup tinggi, yaitu 75%,

sedangkan pada area hutan bekas terbakar hanya sebesar 20%. Kemudian untuk komposisi kayu mati/lapuk pada area hutan tidak terbakar persentasenya sebesar 40%, sedangkan pada area hutan bekas terbakar lebih tinggi yaitu sebesar 60%. Komposisi tanah pada area hutan tidak terbakar memiliki persentase sebesar 20%, sedangkan pada area bekas terbakar persentasenya sebesar 40%. Kerapatan seresah memiliki nilai yang berbanding terbalik dibanding komposisi kayu mati/lapuk dan tanah, dimana komposisi seresah pada area hutan tidak terbakar nilainya lebih tinggi dibandingkan pada area hutan bekas terbakar, sebaliknya komposisi kayu mati/lapuk dan tanah pada area hutan tidak terbakar lebih rendah dibandingkan pada area hutan bekas terbakar.

Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kondisi habitat herpetofauna pada area bekas kebakaran berbeda secara signifikan dibandingkan dengan area yang tidak terbakar. Semua parameter lingkungan yang diambil datanya dalam penelitian ini menunjukkan perbedaan statistik yang signifikan. Komunitas herpetofauna pada lokasi-lokasi terbakar juga menunjukkan jumlah jenis yang lebih sedikit dibandingkan dengan lokasi-lokasi yang tidak terbakar. Informasi dari hasil penelitian ini berkontribusi penting bagi ekologi herpetofauna yang berada pada ekosistem hutan tropis dataran rendah pulau Sumatera yang saat ini rentan terhadap bahaya kebakaran lahan dan hutan.

Penelitian ini merupakan penelitian pertama



Gambar 8. Diagram *boxplot* presentase tingkat kematian sapihan, tiang, dan pohon di area bekas terbakar (atas) dan komposisi bahan organik di lantai hutan antara area tidak terbakar dan area bekas terbakar (bawah)
Figure 8. Boxplot diagram on the mortality of sapling, poles and trees on ex-burnt areas (above) and death organic compositions of forest floor on burnt and un-burnt area (below)

yang mengkaitkan antara kondisi habitat paska kebakaran dan jenis-jenis herpetofauna yang mampu bertahan hidup pada lokasi bekas terbakar setelah beberapa bulan paska kebakaran di kawasan konservasi. Penelitian ini tidak melakukan pengamatan mekanisme respon herpetofauna terhadap kebakaran secara langsung, jumlah jenis herpetofauna yang lebih rendah pada lokasi bekas terbakar kami artikan sebagai mekanisme mengisi kembali lokasi yang terganggu. Secara umum respon satwa liar terhadap lokasi yang terbakar adalah dengan melarikan diri dari api dan mencari tempat perlindungan dan ketika kondisi lokasi terbakar sudah kondusif, maka mereka akan kembali (Lyon et al. 2000; van Mantgem et al. 2015). Lokasi yang tidak terbakar yang memiliki jumlah spesies yang lebih tinggi dapat berperan sebagai *refugee area* atau area pengungsian bagi berbagai jenis herpetofauna (Manenti et al. 2016). Oleh karena itu, menjaga meluasnya api dapat memberikan kesempatan untuk menyelamatkan diri. Namun, kami menyarankan untuk melakukan penelitian yang sifatnya eksperimental misalnya menggunakan *prescribe burning* yang bisa dilakukan kontrol terhadap api dan dampaknya terhadap komunitas herpetofauna (Kilpatrick et al. 2004; Russell et al. 2006).

Kondisi habitat beberapa saat setelah kebakaran memiliki peran penting bagi kemampuan bertahan hidup bagi berbagai jenis satwa berukuran kecil termasuk herpetofauna (Hulton VanTassel et al. 2015; Cook & Hayes 2020). Selain dapat memengaruhi langsung kepada satwa liar, api memiliki peran untuk merubah atau merusak habitat (Kennedy & Fontaine 2009). Hasil kajian ini menunjukkan adanya perbedaan kondisi habitat antara lokasi terbakar dan tidak terbakar, dan secara khusus penelitian ini menunjukkan perbedaan pada kondisi vegetasi pada berbagai tingkat. Kondisi vegetasi pada tingkat sapihan dan tiang merupakan tingkat vegetasi yang

paling berat dampak paska kebakaran, sementara pada tingkat semai dan tumbuhan bawah, waktu yang relatif pendek mampu menciptakan kondisi lingkungan yang memungkinkan tingkat vegetasi ini mulai tumbuh kembali, bahkan lebih tinggi daripada lokasi tidak terbakar (Gambar 4 dan Tabel 2).

Kondisi kematian atau kerusakan yang tinggi pada tingkat sapihan dan tiang ditentukan oleh seberapa besar kebakaran hutan dapat merusak dan mematikan vegetasi yang ada di area tersebut (Slik et al. 2008). Begitupun tingkat kerusakan oleh api (*fire severity*) tidak hanya ditentukan oleh satu atau dua faktor saja. Beberapa faktor saling mempengaruhi dan berintegrasi membentuk suatu reaksi oksidasi untuk kemudian melepaskan energi panas (*fire intensity*) sehingga menimbulkan tingkat kerusakan yang bervariasi (Keeley 2009). Banyaknya kerusakan dan kematian tingkat tiang dan sapihan ini dapat dijelaskan dengan karakter survey yang waktunya relatif dekat dengan kejadian kebakaran, yang menyebabkan tingkat sapihan, tiang, dan pohon belum cukup waktu untuk memulihkan diri. Jaringan vegetasi yang tidak terbakar habis tetap menyebabkan kerusakan tutupan, sehingga membuat visibilitas obyek menjadi lebih tinggi. Kondisi penutupan yang seperti itu tidak dapat dijadikan sebagai tempat berteduh dari panas atau hujan (Mysterud & Ostbye 1999).

Hasil penelitian ini memberikan gambaran tentang kondisi habitat dan juga jenis-jenis yang mampu bertahan pada habitat paska kebakaran dalam jangka relatif pendek paska kebakaran (2–3 bulan). Kajian-kajian terkait perubahan komponen-komponen habitat yang ada dan respon herpetofauna dalam jangka yang lebih panjang akan dapat memberikan informasi yang lebih lengkap untuk pemahaman atas proses restorasi alami (Hulton VanTassel et al. 2015; Klaus & Noss 2016; Cook & Hayes 2020) yang harapannya dapat digunakan untuk

memandu restorasi di kawasan konservasi seperti di Taman Nasional Tesso Nilo.

Jenis herpetofauna yang paling sering dijumpai merupakan jenis katak baik pada lokasi penelitian bekas terbakar dan tidak terbakar. Spesies yang ditemukan sebagian besar merupakan jenis yang biasa dijumpai di area terganggu. Perbedaan yang cukup terlihat dalam jumlah jenis dan individu herpetofauna yang ditemukan di area bekas kebakaran dan area tidak terbakar menunjukkan bahwa perubahan habitat yang terjadi pasca kebakaran memiliki peran penting dalam kemunculan kembali herpetofauna (van Mantgem et al. 2015). Respon herpetofauna terhadap perubahan lingkungan khususnya kebakaran selama ini banyak dikembangkan dengan mengukur perubahan komposisi jenis seperti dalam penelitian ini. Namun, pemahaman lebih lanjut terkait dengan mekanisme respon terhadap kebakaran perlu digali lebih lanjut dengan mengakomodir kompleksitas yang ada dan disimulasikan menggunakan pendekatan seperti *agent-based* atau *individual-based model* misal Widyastuti et al. (2021) dan juga mengakomodir karakter habitat yang unik untuk setiap species (Hall et al. 1997; Morrison et al. 2006).

Hasil dari penelitian ini belum mampu untuk menyimpulkan dampak kebakaran hutan terhadap pola distribusi herpetofauna. Meskipun hasil penelitian ini sudah menunjukkan adanya perbedaan yang nyata dalam kondisi habitat yang diharapkan dapat memengaruhi distribusi herpetofauna (Krebs 1989), sehubungan data yang tersedia masih terbatas yang hanya dilakukan dalam jangka waktu relatif pendek pasca kebakaran. Selain itu pemilihan pengamatan pada jenis-jenis herpetofauna diurnal menyebabkan data yang didapatkan juga terbatas. Untuk itu, kajian lanjutan yang melibatkan jenis-jenis yang aktif di malam hari serta fokus pada pengamatan perilaku tiap species dalam menggunakan habitat

yang bekas terbakar diharapkan dapat mempertajam pengetahuan tentang respon herpetofauna pada lokasi bekas terbakar.

Kesimpulan

Kebakaran hutan pada tahun 2015 yang melanda Taman Nasional Tesso Nilo menghasilkan kondisi habitat bagi herpetofauna khususnya vegetasi pada tingkat tumbuhan bawah, semai, sapihan dan tiang, serta kondisi tutupan vertikal yang berbeda dari daerah yang tidak terbakar. Kematian individu pohon pada tingkat tiang dan sapihan dapat terdeteksi dengan baik, sementara pada tingkat semai tidak dapat terdeteksi dikarenakan telah munculnya semai-semai baru pada lokasi bekas terbakar. Perbedaan kondisi habitat ini direspon oleh keragaman jenis herpetofauna yang lebih rendah pada lokasi terbakar daripada lokasi yang tidak terbakar. Lokasi-lokasi yang tidak terbakar menjadi *refugee area* bagi berbagai jenis herpetofauna dan menyediakan sumberdaya yang lebih beragam, sehingga mendukung jumlah jenis yang lebih tinggi. Kajian lebih lanjut melibatkan jenis-jenis nocturnal dan monitoring dalam jangka waktu yang lebih panjang dan periodik diharapkan dapat memberikan pengetahuan lebih mendalam tentang kemampuan alami kawasan konservasi dalam memulihkan diri pasca kebakaran dan dukungannya terhadap komunitas herpetofauna.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Erin Poor, Febri Anggriawan Widodo (WWF Riau), dan teman-teman WWF Riau yang telah memberikan dukungan selama proses pengambilan data di lapangan. Naskah ini merupakan bagian dari tugas akhir dari penulis pertama dan kedua dalam menyelesaikan studi di Fakultas Kehutanan UGM. Terima kasih juga disampaikan kepada Balai Taman

Nasional Tesso Nilo yang telah memberikan ijin melaksanakan penelitian ini. Proses penulisan naskah ini mendapatkan dukungan dari kegiatan penelitian TOFEWSI: *Toward Fire Early Warning System for Indonesia* dari Dana Ilmu Pengetahuan Indonesia (DIPI) dengan nomor kontrak NE/PO14801/1.

Daftar Pustaka

- Atwood EC, Enghart S, Lorenz E, Halle W, Wiedemann W, Siegert F. 2016. Detection and characterization of low temperature peat fires during the 2015 fire catastrophe in Indonesia using a new high- sensitivity fire monitoring satellite sensor (FireBird). *PLoS ONE* **11**:124.
- Barber C V, Schweithelm J. 2000. Trial by fire: Forest fires and forestry policy in Indonesias era of crisis and reform. Washington D.C, USA, World Resources Institute (WRI), Forest Frontiers Initiative. In collaboration with WWF-Indonesia and Telapak Indonesia Foundation, Washington.
- Bobi M, Erianto, Rifaniani S. 2017. Keanekaragaman herpetofauna di kawasan tambling wildlife nature conservation (TWNC) Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) pesisir barat lampung. *Jurnal Hutan Lestari* **5**:348355.
- Clark PJ, Evans FC. 1954. Distance to nearest neighbor as a measure of spatial relationships in populations. *Ecology* **35**:445453. J-STOR.
- Cook DG, Hayes MP. 2020. Post-fire species composition and abundance of a lentic- breeding amphibian assemblage: case study of Ledson Marsh. *California Fish and Wildlife* **110**:128. California.
- Dennis R. 1999. A Review of fire projects in Indonesia (1982 - 1998). Bogor.
- Dephut. 1999. Panduan kehutanan Indonesia. Departemen Kehutanan dan Perkebunan RI, Jakarta.
- ESRI. 2001. ArcGIS TM Spatial Analyst : Advanced GIS spatial analysis using raster and vector data. New York:17. ESRI Press, New York. USA.
- Field RD, Werf GR Van Der, Fanin T, Fetzer EJ, Fuller R, Jethva H, Levy R. 2016. Indonesian fire activity and smoke pollution in 2015 show persistent nonlinear sensitivity to El Niño-induced drought. *PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **113**.
- Giglio L. 2010. MODIS Collection 5 Active Fire Product User s Guide Version 2.4. USA.
- Groot WJ De, Field RD, Brady MA, Roswintiarti O, Mohamad M. 2007. Development of the Indonesian and Malaysian fire danger rating systems. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* **12**:165180.
- Hall D. 2004. The ultimate guide to snakes and reptiles. Chartwell Books, New York.
- Hall LS, Krausman PR, Morrison ML. 1997. The habitat concept and a plea for standard terminology. *Wildlife Society Bulletin* **25**:173182.
- Howard S, Ul-Hassanah A, Lardner B, Gillespie GR, Campling M, Scroggie MP, Stroud JT, Kusriani M. 2015. Responses of tropical forest herpetofauna to moderate anthropogenic disturbance and effects of natural habitat variation in Sulawesi, Indonesia. *Biological Conservation* **192**:161173. Elsevier B.V. Available from doi:10.1016/j.biocon.2015.08.034.
- Hulton VanTassel HL, Barrows CW, Anderson KE. 2015. Post-fire spatial heterogeneity alters ground-dwelling arthropod and small mammal community patterns in a desert landscape experiencing a novel disturbance regime. *Biological Conservation* **182**:117125. Elsevier Ltd. doi:10.1016/j.biocon.2014.11.046.
- Imron MA, Widyastuti K, Satria RA, Prayogo W, Pradopo ST, Suryatmojo H, Sopha BM, Berger U. 2019. Beyond climatic variation : human disturbances alter the effectiveness of a protected area to reduce fires in tropical peatlands of Sumatra , Indonesia. *Biorxiv Preprint*.
- Indriyanto. 2006. Ekologi hutan. PT Bumi Aksara, Jakarta.
- Inger RF, Stuebing RB. 2005. A field guide to the frog of Borneo. Natural History Publication, Sabah, Malaysia.
- Keeley JE. 2009. Fire intensity , fire severity and burn severity : a brief review and suggested usage. *International journal of Wildland Fire* **18**:116126. CSIRO Publishing.
- Kennedy PL, Fontaine JB. 2009. Synthesis of knowledge on the effects of fire and fire surrogates on wildlife in U. S. dry forests. Oregon. USA.
- Kilpatrick ES, Kubacz DB, Guynn DC, Lanham JD, Waldrop TA. 2004. The effect of prescribed burning and thinning on herpetofauna and small mammals in the Upper Piedmont of South Carolina: Preliminary results of The National Fire Surrogate Study. Pages 1822 *Proceedings of the 12th biennial southern silvicultural research conference*. Gen. Tech. Rep. SRS71. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, Asheville, NC: U.S.
- Klaus J, Noss R. 2016. Specialist and generalist amphibians respond to wetland restoration treatments.
- Lyon LJ, H HM, Hooper RG. 2000. Wildland fire in ecosystem: Effects of fire on fauna. *USDA Forest Service General Technical Report 1*. Rocky Mountain Research Station, USA.
- Manenti R, Melotto A, Denoel M. 2016. Amphibians breeding in refuge habitats have larvae with stronger antipredator responses.
- Meijaard E, Sheil D, Nasi R, Augeri D, Rosenbaum B, Kaban HMS, Sayer JA. 2006. Hutan pasca pemanenan Hutan pascapemanenan. CIFOR, Bogor.
- Morrison ML, Block WM, Strickland MD, Collier BA, Peterson MJ. 2008. *Wildlife study design*. Springer-Verlag New York, New York.
- Morrison ML, Marcot BG, Mannan RW. 2006. *Wildlifehabitat relationships*, 3rd edition. Island Press, Washington.
- Mysterud A, Ostbye E. 1999. Cover as a habitat element for temperate ungulates: effects on habitat selection and demography. *Wildlife Society Bulletin* **27**(2):385394. ResearchGate.
- Nellemann C, Miles L, P Kaltenborn B, Virtue M, Ahlenius H. 2007. The Last Stand of the Orangutan - State of emergency: Illegal logging, fire and palm oil in Indonesias national parks. Page United Nations Environment Programme.
- Nikonovas T, Spessa A, Mezbahuddin S. 2019. Forecasting fire activity in Indonesia as a function of fire weather

- and land cover change. Page European Geophysical Union General Assembly (EGU). Vienna.
- Noon BR. 1981. Techniques for sampling avian habitat. *Ecological Monograph* 51:105124.
- Rejeki SSS, Santosa Y. 2020. The impact of fire on herpetofauna species diversity: case study in PT Waimusi Agroindah , Sumatera Selatan. Page 504 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing.
- Roussopoulos N, Kelley S, Vincent F. 1995. Nearest neighbor queries:7179.
- Russell KR, Lear DH Van, Guynn DC, Russell KR, Lear DH Van, Guynn DC. 2006. Prescribed fire effects on review and management implications 27:374384.
- Russon AE, Kuncoro P, Ferisa A. 2015. Orangutan behavior in Kutai National Park after drought and fire damage: Adjustments to short- and long-term natural forest regeneration. *American Journal of Primatology* 77:12761289.
- Setiawan D, Yustian I, Prasetyo CY. 2016. Studi pendahuluan: Inventarisasi amfibi di kawasan hutan lindung Bukit Cogong II. *Jurnal Penelitian Sains* 18:5558.
- Skelly J. 2004. Taking Care of Residential Trees after Wildfire:57. Nevada.
- Slik JWF, Bernard CS, Beek M Van. 2008. Tree diversity , composition , forest structure and aboveground biomass dynamics after single and repeated fire in a Bornean rain forest. *Oecologia* 2.
- Smith DG, Murphy JR. 1982. Spatial relationships of nesting golden eagles in central Utah. *Raptor Research* 16:127132. Winter.
- Sousa HC de, Soares AHSB, Costa BM, Pantoja DL, Caetano GH de O, Queiroz TA de, Colli GR. 2015. Fire regimes and the demography of the lizard *Micrablepaurus atticolus* (Squamata, Gymnophthalmidae) in a biodiversity hotspot. *South American Journal of Herpetology* 10:143156.
- Srinivasan M, Bragadeeswaran S. 2008. Reptile Annamalai. Centre of Advance Study In Marine Biology , Annamalai University. India., Annamalai, India.
- Susanti A. 2016. Oil palm expansion in Riau Province, Indonesia: Serving people, planet and profit. Uthrect.
- Thompson HR. 1956. Distribution of distance to Nth neighbour in a population of randomly distributed individuals. Pages 391394 *Ecology*. The Ecological Society of America.
- Thumbi SM, Junga JO, Mosi RO, McOdimba FA. 2010. Spatial distribution of African Animal Trypanosomiasis in Suba and Teso districts in Western Kenya. Page BMC research notes. Edinburgh.
- Uryu Y et al. 2007. Deforestation, forest degradation, biodiversity loss and CO₂ emission in Riau; Sumatra, Indonesia. Jakarta.
- Van Der Werf GR, Randerson JT, Giglio L, Collatz GJ, Mu M, Kasibhatla PS, Morton DC, Defries RS, Jin Y, Van Leeuwen TT. 2010. Global fire emissions and the contribution of deforestation, savanna, forest, agricultural, and peat fires (1997-2009). *Atmospheric Chemistry and Physics* 10:1170711735.
- Van Mantgem EF, Keeley JE, Witter M. 2015. Faunal responses to fire in chaparral and sage scrub in California, USA. *Fire Ecology* 11:128148.
- Wanda IF, Novarino W, Tjong H. 2012. Jenis-jenis Anura (Amphibia) di Hutan Harapan , Jambi The Anuran species (Amphibia) at Harapan Rainforest , Jambi. *Jurnal Biologi Universitas Andalas* 1:99107.
- Widyastuti K, Imron MA, Pradopo ST, Suryatmojo H, Sopha BM, Spessa A, Berger U. 2021. Peat Fire: An agent-based model to simulate fire ignition and spreading in a tropical peatland ecosystem. *International Journal of Wildland Fire* 30:7189.
- Yulianti N, Hayasaka H, Usup A. 2012. Recent forest and peat fire trends in Indonesia The latest decade by MODIS hotspot data. *Global Environmental Research* 16:105116.
- Zubaidah A, Vetrira Y, Khomarudin MR. 2014. Validasi hotspot MODIS di wilayah Sumatera dan Kalimantan berdasarkan data penginderaan jauh SPOT-4 tahun 2012. Deteksi parameter geobiofisik dan diseminasi penginderaan jauh:310320. Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014.