

Simulation of Influenza Pandemic Based on Genetic Algorithm and Agent-Based Modeling: A Multi-objective Optimization Problem Solving

Ria Lestari Moedomo *et al.*

Senyawa Turunan Organolimah: Sintesis dan Struktur Kristal Trifenilimih Pentasiano Propenida [(C₆H₅)₃SnC₆N₂] 2H₂O

Asrial dan Frank T. Edelmann

A Monte Carlo Modeling of Planetary Formation: A Case of 47 Ursae Majoris System

Avivah Yamani *et al.*

Probability of Finding Terrestrial Planet Within Habitable Zone of Extrasolar Planetary System

Ratna Satyaningsih *et al.*

Keanekaragaman Kumbang Lucanid (Coleoptera: Lucanidae) pada berbagai Ketinggian Tempat di Hutan Konservasi Unocal Gunung Salak Jawa Barat

Roni Koneri *dkk*

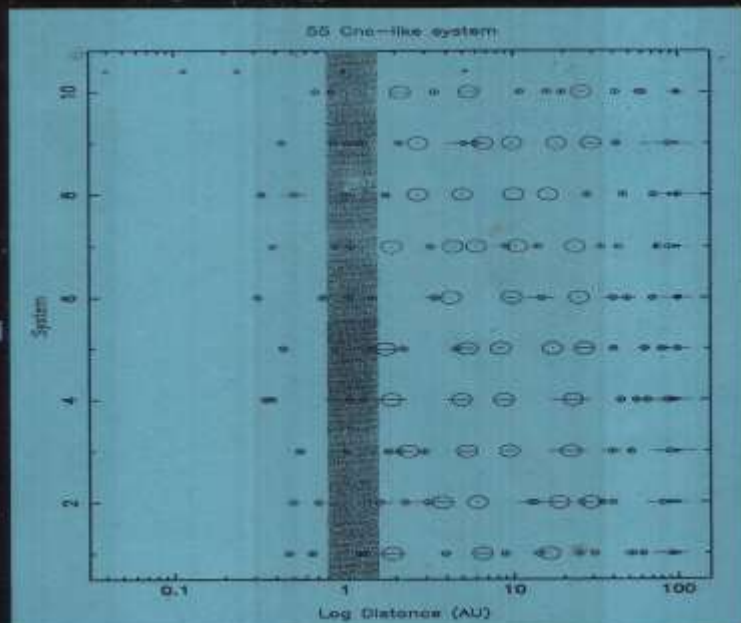
Penumbuhan Lapisan Tipis In₂O₃ dengan Teknik MOCVD dan Karakterisasi Sifat Optiknya

Horasdia Saragih *dkk*



Jurnal Matematika & Sains

Volume 15 No. 2, Agustus 2010



Note on Superposition of Renewal Processes
Suyono and J. A. M. van der Weide



Penanggungjawab:

Prof. Dr. Pudji Astuti
 Dr. Intan Ahmad
 Dr. Tutus Gusdinar

Jurnal Matematika & Sains**Dewan Redaksi:**

Dr. Premana W. Premadi	(Ketua)
Dr. Dessy Natalia	(Anggota)
Prof. Dr. Doddy Sutarno	(Anggota)
Dr. Didin Mudjahidin	(Anggota)
Dr. rer. nat Hesti T.R. Wulandari	(Anggota)
Dr. Irida Fidianny	(Anggota)
Dr. Khairul Basar	(Anggota)
Dr. Leonardus Broto S. Kardono	(Anggota)
Dr. Maria Immaculata Iwa, M.Si	(Anggota)
Dr. Mochamad Iqbal Arifyanto	(Anggota)
Dr. Muchtadi Intan Detiena	(Anggota)
Dr. Oki Neswan	(Anggota)
Dr. Siti Khodijah Chaerun	(Anggota)
Dr. Terry Mart	(Anggota)
Dr. Yudi Darmo	(Anggota)

Jurnal Matematika dan Sains (JMS) diterbitkan sejak 1996 dengan frekuensi awal 2 kali terbit pertahun dan memperoleh akreditasi Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi sejak Maret 1999. Redaksi menerima naskah ilmiah hasil penelitian, pikiran, dan pandangan, artikel ulasan undangan atau komunikasi singkat dalam bidang matematika, ilmu pengetahuan alam, dan farmasi. Petunjuk penulisan naskah terdapat pada sampul belakang. Naskah yang akan diterbitkan adalah naskah yang telah dinilai oleh *independent referee* dan disetujui oleh Dewan Redaksi.

Tata Usaha:

Sulaeman
 Dede Enan

Status: Terakreditasi B, dari Juli 2008 s.d. Juli 2011, SK. No. 43/DIKTI/Kep/2008

Biaya penerbitan: Rp 25.000,- per halaman

Harga langganan (termasuk ongkos kirim) per eksemplar

Untuk pemesanan atas nama	Pulau Jawa	Luar Jawa
Lembaga	Rp 75.000,-	Rp 85.000,-
Perorangan	Rp 50.000,-	Rp 60.000,-

Diterbitkan oleh:

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
 Sekolah Farmasi, dan
 Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati
 Institut Teknologi Bandung

Alamat redaksi:

Gedung Basic Science A ITB
 Jl. Ganesha 10, Bandung 40132
 Telp. (022) 251-7011, Fax, (022) 251-7012, (022) 251-5032, (022) 250-2360
 e-mail: jms@fmipa.itb.ac.id
 website: <http://jms.fmipa.itb.ac.id>

Daftar Isi

	Hal
Simulation of Influenza Pandemic Based on Genetic Algorithm and Agent-Based Modeling: A Multi-objective Optimization Problem Solving <i>Ria Lestari Moedomo, Adi Pancoro, Jorga Ibrahim, Adang Suwandi Ahmad, Muhammad Sukrisno Mardiyanto, Mohammad Bahrelfi Belatiff, Hengki Tasman</i>	47-59
Senyawa Turunan Organotimah: Sintesis dan Struktur Kristal Trifeniltimah Pentasiano Propenida $[(C_6H_5)_3Sn][C_3(CN)_5] \cdot 2H_2O$ <i>Asrial dan Frank T. Edelmann</i>	60-63
A Monte Carlo Modeling of Planetary Formation: A Case of 47 Ursae Majoris System <i>Avivah Yamani, Taufiq Hidayat, Ratna Satyaningsih, Budi Dermawan</i>	64-70
Probability of Finding Terrestrial Planet Within Habitable Zone of Extrasolar Planetary System <i>Ratna Satyaningsih, Taufiq Hidayat, Avivah Yamani, Budi Dermawan</i>	71-76
Keanekaragaman Kumbang Lucanid (<i>Coleoptera:Lucanidae</i>) Pada Berbagai Ketinggian Tempat di Hutan Konsensi Unocal Gunung Salak, Jawa Barat <i>Roni Koneri, Dedy Duryadi Solihin, Damayanti Buchori, Rudi Tarumingkeng</i>	77-84 ✓
Sifat Optik Lapisan Tipis In_2O_3 yang Ditumbuhkan dengan Metode MOCVD <i>Horasdia Sarugih, Hasniah Allah, Euis Sustini, Albinur Limbong, dan Albert Manggading Hutapea</i>	85-92
Note on Superposition of Renewal Processes <i>Suyono and J.A.M. van der Weide</i>	93-99

Editorial

JMS Volume 15 Nomor 2 yang merupakan terbitan kedua tahun 2010 ini menerbitkan tujuh artikel yang meliputi satu artikel bidang informatika, satu artikel bidang kimia, dua artikel bidang astronomi, satu artikel bidang biologi, satu artikel bidang fisika, dan satu artikel bidang matematika.

Makalah dalam kategori sains komputasional oleh Moedomo dan kawan-kawan menunjukkan hasil kerja perangkat lunak yang dikembangkan untuk simulasi mutasi virus Avian Influenza (H5N1). Eksplorasi lebih lanjut dan seksama dalam realisasi parameter dalam simulasi dapat menjadikan pekerjaan ini bermanfaat untuk menghindari dan menangani pandemik influenza.

Asrial dan Edelmann melaporkan sintesis dan struktur kristal trifenilimidah pentasiano propenida. Struktur kristal tersebut menjelaskan adanya anion yang distabilkan oleh efek mesomeri pada pentasiano propenida. Kedua peneliti berhasil menjelaskan unit kristal dengan jumlah air kristal penyusun kristal tersebut yang dihasilkan melalui proses sintesis yang sederhana.

Topik astronomi dalam edisi kali ini diisi oleh dua makalah yang menunjukkan perkembangan menggembirakan dalam penelitian planet ekstrasurya. Yamani dan kawan-kawan memanfaatkan metode Monte Carlo dalam interaksi N-benda untuk mensimulasikan pembentukan sistem planet di seputar sebuah bintang dan mendapatkan hasil yang mirip dengan hasil observasi. Satyaningsih dan kawan-kawan mengeksplorasi secara numerik probabilitas adanya planet mirip Bumi dalam lingkup zona yang dapat dihuni (*habitable zone*) pada sistem planet dengan memvariasikan karakter intrinsik bintang induknya. Studi komputasional seperti ini yang dipadankan dengan studi observasional memberikan kemajuan pesat dalam pemahaman kita tentang formasi sistem planet, termasuk Tata Surya kita.

Keanekaragaman hayati adalah sumber daya alam Indonesia yang melimpah sebagai Negara tropis. Namun demikian, penelitian tentang keanekaragaman hayati di Indonesia masih sedikit. Oleh karena itu, penelitian tentang keanekaragaman hayati di Indonesia sangat dianjurkan untuk menambah dan memperkaya data keanekaragaman hayati di Indonesia. Dalam JMS Edisi Agustus Vol 15 No 2 ini, Roni Koneri dan kawan-kawan telah berhasil menambah data dalam keanekaragaman hayati Kumbang Lucanid (Coleoptera, Lucanidae) pada berbagai ketinggian tempat di Hutan Konservasi Unocal Gunung Salak, Jawa Barat.

Saragih dan kawan-kawan melaporkan penumbuhan lapisan tipis In_2O_3 di atas substrat gelas dengan metode MOCVD menggunakan prekursor *metal organic* $\text{In}(\text{TMHD})_3$. Dengan memilih parameter penumbuhan yang sesuai dapat dihasilkan tiga jenis ketebalan lapisan tipis In_2O_3 , yaitu 331, 434, dan 404 nm. Pada tulisan ini juga dibahas sifat optik lapisan yang diperoleh melalui karakteristik transmisi optiknya sehingga disimpulkan bahwa semua lapisan memiliki karakteristik transisi tidak langsung ke pita terlarang.

Dalam tulisannya, Suyono dan van der Weide, memberikan momen-momen superposisi proses renewal Poisson, dalam bentuk transformasi Laplace. Inversi dihipotesis secara numerik, bila tidak dapat dilakukan secara analitik. Selain itu juga diberikan distribusi peluang *recurrence times*, *forward* maupun *backward*, dari superposisi proses renewal Poisson.

Bandung, Agustus 2010
Dewan Redaksi,

Keanekaragaman Kumbang Lucanid (*Coleoptera:Lucanidae*) Pada Berbagai Ketinggian Tempat di Hutan Konsensi Unocal Gunung Salak, Jawa Barat

Roni Koneri¹⁾, Dedy Duryadi Solihin²⁾, Damayanti Buchori³⁾, dan Rudi Tarumingkeng⁴⁾

¹⁾Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Sam Ratulangi, Manado

²⁾Departemen Biologi, FMIPA, Institut Pertanian Bogor, Bogor

³⁾Departemen Proteksi Tanaman, Faperta, Institut Pertanian Bogor, Kampus Darmaga, Bogor.

⁴⁾Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Kampus Darmaga, Bogor.

e-mail: ronicaniago@yahoo.com

Diterima 23 Februrari 2010, diterima untuk dipublikasikan 14 Juni 2010

Abstrak

Kumbang lucanid berperan penting dalam ekosistem hutan dan merupakan elemen penting dari keanekaragaman hayati. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji komunitas kumbang lucanid pada berbagai ketinggian tempat. Pengambilan sampel dilakukan dengan cara mengkolleksi kumbang lucanid yang terperangkap cahaya lampu penerangan Unocal selama 12 bulan. Jumlah spesies kumbang lucanid yang ditemukan sebanyak 1.133 individu dari 12 spesies. Ketinggian tempat berpengaruh terhadap komunitas kumbang lucanid. Hasil redundancy analysis diperoleh bahwa volume total kayu lapuk sebagai faktor lingkungan yang paling mempengaruhi struktur komunitas kumbang lucanid. Analisis faktor lingkungan utama yang sangat mempengaruhi distribusi spesies kumbang lucanid hasil canonical correspondence analysis adalah volume kayu lapuk kelas 2.

Kata kunci: Keanekaragaman, Kumbang lucanid, Gunung Salak

Abstract

Lucanids beetles play a very important role in forest ecosystem and as an crucial element of biodiversity. The objectives of the research were to study the effects of different altitudes on the community of lucanids beetles. Beetles collection was conducted by hand collection. Insect collections were conducted monthly during 12 months. This result identified 12 species of Lucanids beetles with 1.133 individuals. Altitude was found to have a strong effect on Lucanids beetles community. Redundancy analysis identified that total volume of coarse woody debris in the selected locations was recorded as key environmental factor influencing community structure of lucanids beetles. Based on canonical correspondence analysis, the distribution of the beetles were affected by the volume of coarse woody debris in decay class 2.

Keywords: Biodiversity, Lucanids beetles, Salak Mountain

1. Pendahuluan

Salah satu famili serangga yang penting dalam ekosistem hutan adalah kumbang lucanid yang termasuk dalam Ordo Coleoptera. Keberadaan kumbang lucanid pada ekosistem hutan sangat penting artinya dari segi ekologi yaitu dalam menjaga keseimbangan ekosistem, terutama dalam jaring makanan karena kumbang ini bersifat *saproxyllic* yaitu sebagai pengurai bahan organik (kayu mati) di hutan. Kumbang lucanid dewasa memiliki panjang badan bervariasi antara 1 sampai 9 cm dengan rahang atau mandibula yang besar serta kuat terutama pada jantannya dan memiliki tipe mulut pengigit dan pengunyah (Tatsuta *et al.*, 2001; Noerdjito, 2003). Kepala larvanya juga dilengkapi dengan mandibula yang kuat serta keras dan hal ini sangat berguna dalam mengebor atau merombak kayu lapuk (Ratcliffe, 2001; Noerdjito, 2003).

Selain peran ekologi kumbang lucanid ini juga mempunyai arti ekonomi penting, karena bentuknya yang menarik. Secara ekonomis kumbang lucanid adalah komoditi hiasan dan benda koleksi yang bernilai tinggi. Beberapa jenis kumbang lucanid

telah menjadi komoditi perdagangan baik tingkat nasional maupun internasional dan memiliki harga jual bervariasi, mulai dari ribuan rupiah sampai dengan jutaan rupiah.

Pemanfaatan sumber daya alam hutan Gunung Salak berupa Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) yang dikelola oleh *Unocal Geothermal Indonesia* (UGI) dan mulai beroperasi sejak tahun 1982. Pada setiap lapangan pengeboran uap panas bumi dilengkapi dengan lampu-lampu sorot untuk penerangan. Kehadiran lampu dapat memberi dampak terhadap kehidupan serangga di hutan Gunung Salak, terutama kumbang lucanid yang aktif terbang dan tertarik cahaya lampu pada malam hari. Kondisi ini dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar hutan Gunung Salak untuk memburu kumbang lucanid yang terperangkap oleh cahaya lampu yang terdapat di lapangan uap panas bumi.

Studi tentang kumbang lucanid banyak dilakukan di daerah temperata seperti mengenai pola distribusi, karakteristik habitat dan konservasi spesies *Hoplogonus simsoni* (Meggs *et al.*, 2003), *Lissotes latidens* (Meggs and Munks, 2003), *Hoplogonus bornemisszai* dan *H. vanderschoori* (Munks *et al.*,

2004), dampak penebangan dan pengambilan kayu terhadap kumbang lucanid (Coleoptera: Lucanidae) (Michaels and Bornemissza, 1999), pengembangan dan evaluasi prediksi model habitat untuk pengelolaan konservasi kumbang lucanid (*Hoplogonus simsoni*) (Meggs *et al.*, 2004).

Penelitian tentang keanekaragaman kumbang lucanid di hutan konsensi Unocal Gunung Salak sangat penting, mengingat peran kumbang lucanid di hutan sebagai pengurai dan membantu siklus nutrisi. Apabila keberadaan kumbang lucanid di Gunung Salak punah akan mengakibatkan terganggunya kestabilan ekosistem hutan di Gunung Salak. Untuk mempertahankan kestabilan ekosistem ini maka diperlukan upaya-upaya konservasi kumbang lucanid. Inventarisasi dan analisis status keanekaragaman hayati serangga dapat menjadi langkah awal yang baik untuk membangun landasan dalam memformulasikan strategi konservasi. Penelitian ini bertujuan untuk: 1) mengkaji komposisi dan struktur komunitas kumbang lucanid pada berbagai ketinggian tempat di lapangan panas bumi Unocal hutan Gunung Salak, 2) menganalisis hubungan antara struktur komunitas kumbang lucanid dengan faktor lingkungan.

2. Bahan dan Metode

Waktu dan Lokasi. Penelitian berlangsung dari bulan Mei 2005 sampai April 2006. Lokasi penelitian bertempat di hutan konsensi Unocal Gunung Salak Jawa Barat dan dilakukan pada lima ketinggian tempat berbeda yaitu ketinggian 1021 m dpl (luas 13500 m²), 1110 m dpl (luas 16800 m²), 1239 m dpl (luas 12100 m²); 1349 m dpl (luas 20950 m²) dan 1400 m dpl (luas 18080 m²). Titik pengambilan sampel dipilih pada lapangan panas bumi Unocal yang terdapat lampu penerangannya dan merupakan lokasi perburuan kumbang lucanid oleh masyarakat.

Material dan Metode. Teknik penangkapan dilakukan dengan *hand collection* yaitu menangkap kumbang lucanid yang terperangkap oleh cahaya lampu pada setiap lokasi lapangan panas bumi Unocal. Kumbang lucanid yang tertangkap dihitung jumlah dan jenisnya. Kekuatan cahaya lampu yang terpasang pada lima lapangan panas bumi Unocal berkisar antara 10500 – 79000 watt (jumlah lampu antara 8-46 buah, satu lampu berkekuatan antara 1000-2000 watt). Lokasi Unocal merupakan proyek panas bumi Unocal dan terletak di hutan Gunung Salak dan hutannya relatif tidak mendapat gangguan manusia. Pengamatan dimulai dari jam 18.00 – 23.00 wib dan dilakukan dua kali setiap bulan pada bulan gelap selama satu tahun.

Kumbang lucanid yang tertangkap dicatat jumlah dan jenisnya. Spesies yang belum teridentifikasi dikumpulkan dalam botol berisi alkohol 70% untuk selanjutnya diidentifikasi secara teliti di laboratorium. Identifikasi spesies kumbang lucanid mengacu kepada buku Weng dan Tung (1983) dan Mizunuma dan Nagai (1994). Apabila

masih ada sampel kumbang lucanid yang belum dapat diidentifikasi berdasarkan beberapa kunci di atas maka sampel tersebut kemudian dibawa ke museum serangga LIPI Cibinong untuk diidentifikasi dan dicocokkan dengan spesimen kumbang lucanid yang terdapat di museum serangga.

Struktur Komunitas Kumbang Lucanid.

Struktur komunitas kumbang lucanid yang dibahas meliputi kelimpahan spesies (n), kekayaan spesies (s), nilai keanekaragaman spesies (H) dan nilai pemerataan spesies (E). Kelimpahan spesies merupakan jumlah individu setiap spesies yang ditemukan pada setiap ketinggian tempat. Kekayaan spesies didasarkan pada jumlah spesies yang hadir pada setiap ketinggian tempat (Michaels and Bornemissza, 1999). Nilai keanekaragaman spesies menggunakan indeks keanekaragaman Shannon and Wiener (H') (Lien and Yuan, 2003) dan indeks pemerataan spesies memakai indeks pemerataan Shannon (Mangguran, 2004). Analisis statistik menggunakan program Statistica versi 6, Anova satu arah (*one-way Anova*) dan uji *Tukey's* pada taraf kepercayaan 95% dipakai untuk mengetahui perbedaan kelimpahan spesies, kekayaan spesies, nilai keanekaragaman spesies dan pemerataan spesies kumbang lucanid pada setiap ketinggian tempat (StatSoft, 2001; Ohsawa, 2005).

Analisis Kesamaan Komunitas Kumbang

Lucanid. Kesamaan komunitas lucanid antar ketinggian tempat menggunakan indeks kesamaan Bray-Curtis. Data yang digunakan adalah data spesies dan kelimpahan spesies masing-masing ketinggian tempat (Cheng, 2004). Indeks Kesamaan Bray-Curtis dihitung menggunakan program Primer (*Plymouth Routines In Multivariate Ecological Research*) versi 5 for Windows. Matriks ketidaksamaan Bray-Curtis selanjutnya dipakai untuk membuat MDS (*Multidimensional Scaling*) komunitas kumbang lucanid. Kesamaan komunitas kumbang lucanid antar ketinggian tempat berdasarkan jarak yang digambarkan dalam grafik dua dimensi (MDS) dianalisis dengan menggunakan perangkat lunak *Statistica for Windows 6* (StatSoft, 2001).

Hubungan Struktur Komunitas Kumbang Lucanid Dengan Parameter Lingkungan.

Parameter lingkungan yang diamati disini meliputi struktur vegetasi, volume jatuhnya kayu lapuk, tebal serasah, curah hujan, ketinggian tempat, luas lapangan, jarak lampu ke pinggir hutan dan kekuatan cahaya lampu. Untuk melihat kecenderungan hubungan antara parameter lingkungan dengan struktur komunitas kumbang lucanid maka dilakukan analisis RDA (*Redundancy analysis*) menggunakan program komputer Canoco (*Canonical community ordination*) versi 4.5 (ter Braak and Smilauer, 2002). RDA merupakan penjabaran dari regresi linear berganda memakai model linear dengan variabel X dan Y (Makarencov and Legendre, 2002). Respon spesies kumbang lucanid yang ditemukan dari lokasi penelitian terhadap parameter lingkungan diuji dengan *canonical correspondence analysis* (CCA)

menggunakan program Canoco versi 4.5 (ter Braak and Smilauer, 2002). CCA merupakan salah satu metode multivariat untuk menguraikan hubungan antara spesies dengan lingkungannya (ter Braak and Verdonschot, 1995). Untuk meranking parameter lingkungan yang paling berpengaruh terhadap struktur komunitas kumbang lucanid dalam analisis RDA dan CCA dipakai metode seleksi langkah maju (*forward selection*) dan diuji menggunakan *Monte Carlo Permutation* dengan 199 permutasi acak (ter Braak and Smilauer, 2002).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Komposisi dan struktur komunitas spesies kumbang lucanid

Komposisi spesies komunitas kumbang lucanid pada lima ketinggian tempat kurang bervariasi dan tidak ada spesies spesifik ditemukan pada satu tipe habitat, namun ada spesies yang hanya ditemukan pada dua dan tiga habitat yang sama, tetapi tidak ditemukan pada salah satu habitat lainnya. Sebanyak 8 spesies yaitu *Cyclommatus canaliculatus*, *Dorcus taurus*, *Hexarthrius buqueti*, *Prosopocoilus astocoides*, *Odontolabis bellicosa*, *Prosopocoilus zebra*, *Dorcus bucephalus* dan *Dorcus parry* ditemukan pada kelima ketinggian tempat. Spesies yang lain hanya ditemukan pada tiga lokasi berbeda, yaitu *Allotopus rosenbergi* (pada ketinggian 1239; 1349; dan 1400 m dpl), demikian pula pada spesies *Hexarthrius rhinoceros* (1021, 1110 dan 1349 m dpl), *Prosopocoilus passaloides* (1021; 1349 dan 1400 m dpl), sedangkan *Prosopocoilus decipien* hanya ditemukan pada dua lokasi (1110 dan 1239 m dpl) (Tabel 1). Perbedaan komposisi kehadiran spesies kumbang lucanid antar lokasi penelitian disebabkan karena adanya perbedaan faktor lingkungan yang mendukung kehidupan spesies tersebut, seperti suhu, jenis dan volume kayu lapuk, ketebalan serasah, penutupan kanopi dan penyusun

vegetasi habitat tersebut (Vlug dan Borden, 1973; Sippola *et al.*, 2002; Michaels and McQuillan, 1995).

Spesies yang paling dominan ditemukan adalah *Hexarthrius buqueti* (270 individu atau 23,8%), kemudian diikuti oleh *Prosopocoilus astocoides* (211 individu atau 18,6%). *Prosopocoilus decipien* merupakan spesies paling sedikit ditemukan, yaitu 2 individu (0,2%) (Tabel 1). Adapun jumlah individu berdasarkan urutan kelima ketinggian tempat masing-masing adalah sebanyak 305 individu (29,92%); 364 individu (32,14%); 185 individu (16,33%); 149 individu atau (12,27%); dan 140 individu (12,36%). Dengan demikian hanya pada ketinggian 1110 mdpl yang paling banyak ditangkap kumbang ini, walaupun komposisi spesiesnya hanya sebanyak 10 spesies dan lokasi pada ketinggian 1021 m dpl memiliki jumlah individu terbanyak kedua (Tabel 1). Dominannya *Hexarthrius buqueti* ditemukan pada lokasi penelitian karena keberadaan spesies ini sangat didukung oleh faktor lingkungan (volume kayu lapuk, ketebalan serasah, dan kayu lapuk famili Fagaceae). Faktor lain yang menyebabkan spesies tersebut dominan adalah karena harga jualnya yang rendah dibandingkan dengan spesies lain, sehingga spesies tersebut kurang diburu oleh masyarakat baik dalam bentuk larva maupun imago.

Terdapat dua spesies (*Cyclommatus canaliculatus* dan *Dorcus taurus*) yang jumlah individunya cenderung menurun dengan semakin tingginya lokasi penelitian. Lima spesies kumbang lucanid (*Hexarthrius buqueti*, *Prosopocoilus astocoides*, *Odontolabis bellicosa*, *Prosopocoilus zebra*, dan *Dorcus bucephalus*) jumlah individunya mengalami kenaikan pada ketinggian tempat 1110 m dpl, kemudian jumlahnya menurun dengan semakin tingginya lokasi pengamatan. *Dorcus parry* merupakan spesies yang jumlah individunya tidak terlalu jauh berbeda antar ketinggian tempat (Tabel 1).

Tabel 1. Kelimpahan spesies kumbang lucanid pada lima ketinggian tempat di Gunung Salak

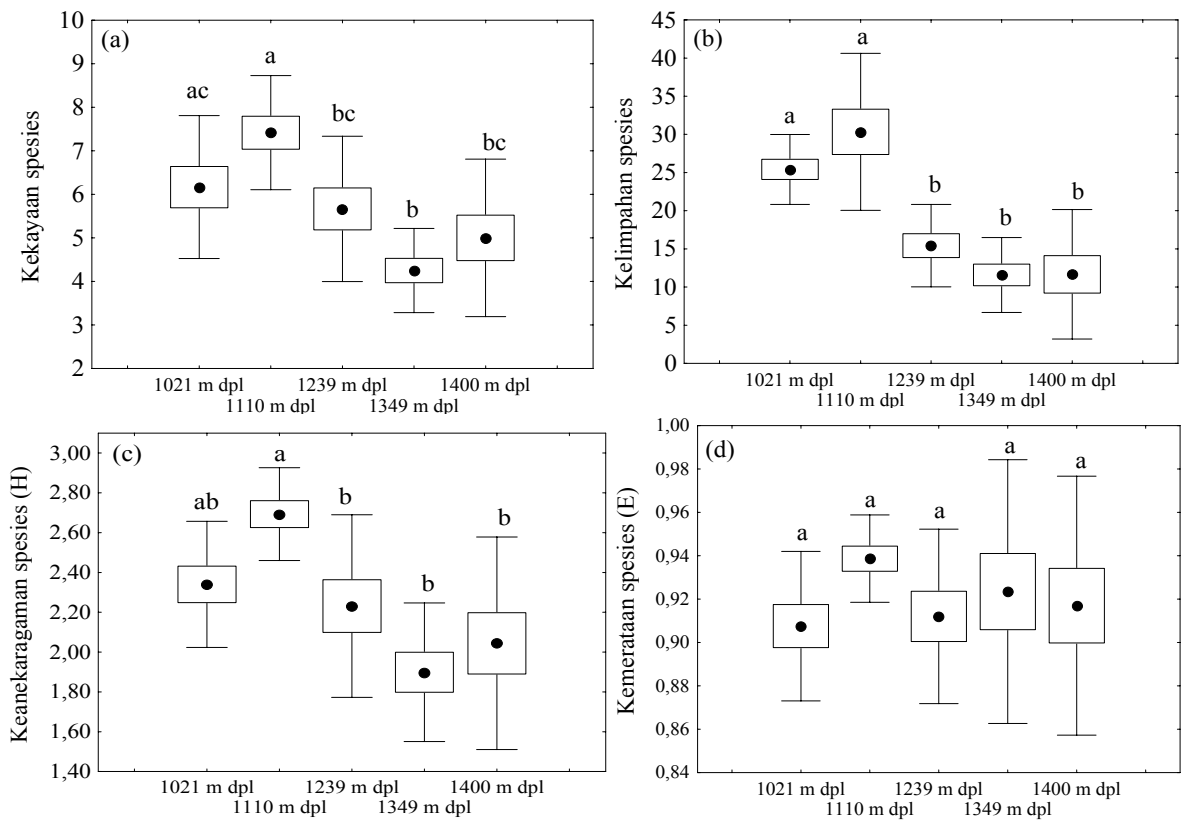
No	Spesies	Ketinggian tempat (m dpl)					Jumlah	%
		1021	1110	1239	1349	1400		
1	<i>Cyclommatus canaliculatus</i>	56	41	25	25	17	164	14,47
2	<i>Dorcus taurus</i>	58	49	15	23	18	163	14,39
3	<i>Hexarthrius buqueti</i> **	60	67	54	44	45	270	23,83
4	<i>Prosopocoilus astocoides</i>	56	60	45	26	24	211	18,62
5	<i>Odontolabis bellicosa</i>	32	56	14	7	11	120	10,59
6	<i>Prosopocoilus zebra</i>	27	51	14	3	10	105	9,27
7	<i>Dorcus bucephalus</i>	5	17	8	2	6	38	3,35
8	<i>Dorcus parry</i>	3	5	6	1	6	21	1,85
9	<i>Hexarthrius rhinoceros</i>	1	17	0	4	0	22	1,94
10	<i>Prosopocoilus passaloides</i>	7	0	0	2	1	10	0,88
11	<i>Allotopus rosenbergi</i>	0	0	3	2	2	7	0,62
12	<i>Prosopocoilus decipien</i> *	0	1	1	0	0	2	0,18
Kelimpahan		305	364	185	139	140	1.133	100
Kelimpahan relatif		26,92	32,14	16,33	12,27	12,36	100	
Jumlah spesies		10	10	10	11	10	11	

Ket: ** = jumlah terbanyak ditemukan, * = jumlah sedikit ditemukan,

Dari 12 spesies yang ditemukan di Gunung Salak, tiga spesies yaitu *Allotopus rosenbergi*, *Prosopocoilus decipien*, *Hexarthrius buqueti* merupakan endemik di Jawa Barat, sedangkan satu spesies (*Dorcus bucephalus*) hanya ditemukan di pulau Jawa (Mizunuma and Nagai, 1994). Delapan spesies sisanya, penyebarannya lebih luas lagi yaitu selain ditemukan di Pulau Jawa juga ditemukan di pulau lain, *Cyclomatus canaliculatus* (Pulau: Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Borneo), *Dorcus parry* (P. Sumatera, P. Kalimantan, P. Sualwesi, Borneo, Thailand dan Philipina), *Dorcus taurus* (P. Sumatera, P. Kalimantan, P. Sulawesi, Malaysia dan Philipina), *Hexarthrius rhinoceros* (P. Sumatera), *P. astocoides* (P. Sumatera, India, Nepal, Myamar, Thailand, Vietnam, China, Korea dan Mongolia), *Prosopocoilus zebra* (P. Sumatera, Kalimantan, Borneo, Serawak dan Philipina), *Prosopocoilus passaloides* (P. Sumatera, Malay Peninsula, Borneo dan Kepulauan Andaman) dan

Odontolabis bellicosa (P. Jawa, P. Bali dan P. Sulawesi) (Mizunuma and Nagai, 1994).

Hasil uji statistik terhadap struktur komunitas kumbang lucanid menunjukkan bahwa kekayaan spesies, kelimpahan spesies dan nilai keanekaragaman spesies kumbang lucanid antar ketinggian tempat berbeda nyata (Anova: $F_{4;55} = 7,197$; $p < 0,05$; Anova: $F_{4;55} = 17,331$; $p < 0,05$ dan Anova: $F_{4;55} = 7,570$; $p < 0,05$), sedangkan pemerataan spesies tidak berbeda nyata (Anova: $F_{4;55} = 0,840$; $p > 0,05$) (Gambar 1a-d). Apabila dibandingkan untuk masing-masing lokasi maka kekayaan spesies dan nilai keanekaragaman spesies pada ketinggian tempat 1110 m dpl dari uji statistik berbeda nyata dengan ketinggian 1349 m dpl dan 1400 m dpl ($p < 0,05$), akan tetapi ketinggian 1110 m dpl tersebut tidak berbeda nyata bila dibandingkan dengan tempat ketinggian 1021 m dpl dan 1239 m dpl ($p > 0,05$) (Gambar 1a,b dan c).



Ket: (●) : rata-rata, (□) : ± galat baku (±SE), (⊥) : ± simpangan baku (±SD). Huruf yang sama pada gambar yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Tukey pada taraf kepercayaan 95 %

Gambar 1. Pengaruh ketinggian tempat terhadap (a) kekayaan spesies, (b) kelimpahan spesies, (c) nilai keanekaragaman spesies, dan (d) nilai pemerataan spesies kumbang lucanid hasil perangkap lampu Unocal

Tabel 2. Ranking parameter lingkungan yang mempengaruhi struktur komunitas kumbang lucanid (kelimpahan, kekayaan, keanekaragaman dan pemerataan spesies) pada lima ketinggian tempat di hutan konsensi Unocal Gunung Salak.

Parameter lingkungan (kode)	Var.N	F	λ	P
Volume kayu lapuk total (Vtot)	18	50.87	0.47	0.002*
Volume kayu lapuk kelas 3 (Vk3)	15	10.09	0.08	0.002*
Curah hujan (Chu)	5	6.71	0.05	0.016*
Daya lampu (Dlmp)	6	1.00	0.00	0.292
Volume kayu lapuk kelas 5 (Vk5)	17	0.27	0.01	0.618
Ketinggian tempat (Alt)	1	0.01	0.00	0.972

Ket : λ : eigenvalue, (*): berbeda nyata ($p < 0,05$). Data diperoleh dari RDA (*Redundancy analysis*) dengan metode seleksi langkah maju (*forward selection*) dan diuji menggunakan *Monte Carlo permutation* dengan 199 permutasi acak (ter Braak and Smilauer, 2002).

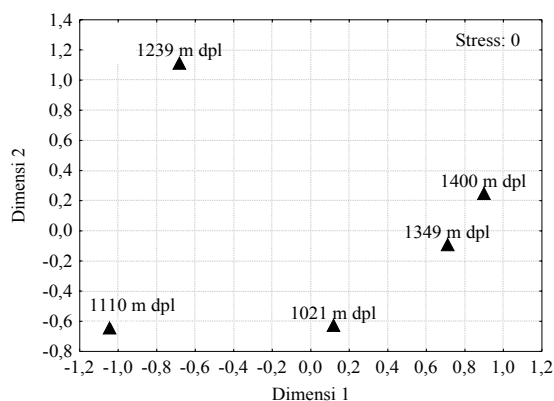
Pada tempat yang lebih tinggi kekayaan spesies dan kelimpahan spesies lebih rendah. Perbedaan ketinggian akan menyebabkan perbedaan iklim (seperti suhu, kelembaban dan curah hujan) dan pola penyebaran vegetasi. Perbedaan ini akan mempengaruhi kelimpahan spesies, kekayaan spesies, keanekaragaman spesies dan pemerataan spesies kumbang lucanid. Hasil ini sesuai dengan penelitian Meggs *et al.* (2003) bahwa ketinggian tempat merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kelimpahan spesies *Hoplogonus simsoni* (Lucanidae) pada hutan eucalyptus basah (*wet eucalypt forest*). Kelimpahan kumbang lucanid cenderung berkurang dengan bertambahnya ketinggian tempat. Selanjutnya Lien dan Yuan (2003) melaporkan bahwa terdapat perbedaan komposisi spesies kupu-kupu yang meliputi kelimpahan, kekayaan, dan keanekaragaman spesies pada berbagai tingkat gangguan hutan dan ketinggian tempat. Pada ketinggian tempat yang lebih rendah kekayaan spesies, kelimpahan spesies dan keanekaragaman spesies cenderung lebih tinggi di bandingkan dengan ketinggian tempat yang lebih tinggi. Selanjutnya Alcaraz dan Avila (2000) melaporkan bahwa ketinggian tempat merupakan faktor penting yang mempengaruhi struktur komunitas, terdapat korelasi negatif antara ketinggian tempat dengan kelimpahan dan keanekaragaman spesies.

3.2 Analisis kesamaan komunitas kumbang lucanid

Analisis kesamaan komunitas kumbang lucanid berdasarkan indeks ketidaksamaan Bray-Curtis menunjukkan bahwa adanya titik atau objek pengamatan yang memiliki jarak relatif berdekatan, yaitu ketinggian 1021 m dpl, dan 1110 m dpl. (Gambar 2). Hal tersebut menunjukkan adanya kemiripan komunitas kumbang lucanid (komposisi dan kelimpahan spesies) antara ketinggian tempat 1021 m dpl dengan 1110 m dpl.

3.3 Hubungan struktur komunitas kumbang lucanid dengan faktor lingkungan

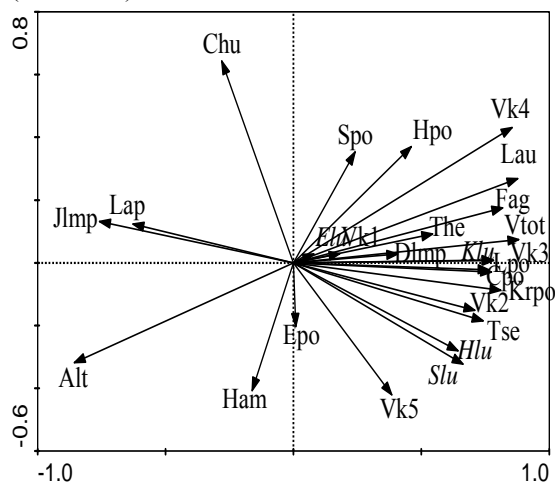
Hasil RDA hubungan 22 parameter lingkungan terhadap struktur komunitas kumbang lucanid menunjukkan bahwa terdapat 13 parameter lingkungan (tebal serasah, daya lampu, penutupan kanopi pohon, kerapatan pohon, luas bidang dasar pohon, volume kayu lapuk total, volume kayu lapuk kelas 2, kelas 3, kelas 4, kelas 5, volume kayu lapuk Fagaceae, Lauraceae dan Theaceae) berkorelasi positif dengan kelimpahan, kekayaan dan keanekaragaman spesies kumbang lucanid, akan tetapi tidak berkorelasi dengan pemerataan spesies kumbang lucanid (Gambar 3).



Gambar 2. Plot skala dua dimensi (MDS) untuk melihat kemiripan komunitas kumbang lucanid antar lima ketinggian tempat di hutan konsensi Unocal Gunung Salak.

Empat parameter lingkungan (ketinggian tempat, luas lapangan, jarak lampu ke pinggir hutan dan curah hujan) berkorelasi negatif dengan kelimpahan, kekayaan dan nilai keanekaragaman spesies kumbang lucanid. Tiga parameter lingkungan lainnya yaitu volume kayu lapuk Hammamelidaceae, nilai keanekaragaman spesies pohon, dan kekayaan spesies pohon masing-masing hanya berkorelasi positif dengan nilai keanekaragaman spesies kumbang lucanid, kelimpahan spesies kumbang

lucanid dan berkorelasi negatif dengan nilai pemerataan spesies kumbang lucanid. Dua parameter lingkungan lainnya yaitu nilai pemerataan pohon dan volume kayu lapuk kelas 1 tidak berkorelasi dengan struktur dan komunitas kumbang lucanid (Gambar 3).



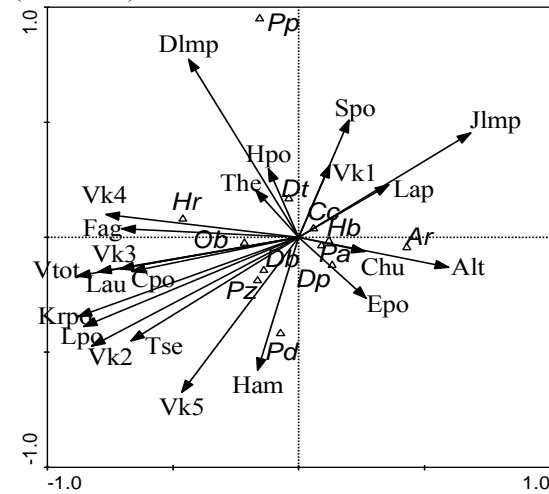
Ket: Panjang panah menunjukkan kekuatan korelasi antara variabel. Variabel dengan arah panah yang sama berkorelasi positif, arah panah yang berlawanan berkorelasi negatif dan arah panah yang tegak lurus terhadap variabel tidak berkorelasi. Nilai sudut antara dua panah menggambarkan korelasi kedua variabel. Semakin sempit sudut yang dibuat antara dua variabel maka semakin positif tinggi korelasinya. Sedangkan jika sudutnya tumpul (berlawanan arah) maka korelasinya negatif (ter Braak and Smilauer, 2002).

Gambar 3. RDA dari kelimpahan (*Klu*), kekayaan (*Slu*), keanekaragaman (*Hlu*) dan pemerataan spesies (*Elu*) Lucanidae dengan 22 parameter lingkungan pada lima ketinggian tempat di hutan konsensi Unocal.

Hasil RDA dengan metode seleksi langkah maju (*forward selection*) menunjukkan bahwa terdapat 3 parameter lingkungan yang mempengaruhi struktur komunitas kumbang lucanid, yaitu volume total kayu lapuk, volume kayu lapuk kelas 3 dan curah hujan. Dari ketiga parameter lingkungan tersebut, parameter yang paling dominan mempengaruhi struktur komunitas kumbang lucanid pada lima ketinggian tempat adalah volume kayu lapuk total, karena memiliki *eigenvalue* tertinggi ($\lambda = 0,47$ dan $p = 0,005$) (Tabel 2).

Hasil CCA menunjukkan bahwa distribusi spesies *Allotopus rosenbergi* (*A.r*) sangat berhubungan dengan ketinggian tempat (*Alt*), jarak lampu kepinggir hutan (*JImp*), luas lapangan (*Lap*) dan curah hujan (*Chu*). *Prosopocoilus passaloides* (*Pp*) dipengaruhi oleh daya lampu (*Dlmp*). *Hexarthrius rhinoceros* (*Hr*) dipengaruhi oleh volume kayu lapuk kelas 4 (*Vk4*) dan famili kayu lapuk Fagaceae (*Fag*). Spesies kumbang lucanid yang posisinya dipusat diagram ordinasasi (Gambar 4) seperti *Odontolabis bellicosa* (*Ob*), *Hexarthrius buqueti* (*Hb*), *Cyclommatus canaliculatus* (*Cc*), *Prosopocoilus zebra* (*Pz*), *Prosopocoilus astocoides*

(*Pa*), *Dorcus bucephalus* (*Db*), *Dorcus taurus* (*Dt*) dan *Dorcus parry* (*Dp*) merupakan spesies yang keberadaannya tersebar luas pada lokasi penelitian dan tidak dipengaruhi oleh parameter lingkungan atau disebut juga spesies yang bersifat generalis (Gambar 4).



Ket: (Δ) spesies Lucanidae: *Ar*: *Allotopus rosenbergi*, *Cc*: *Cyclommatus canaliculatus*, *Db*: *Dorcus bucephalus*, *Dp*: *Dorcus parry*, *Dt*: *Dorcus taurus*, *Hb*: *Hexarthrius buqueti*, *Hr*: *Hexarthrius rhinoceros*, *Ob*: *Odontolabis bellicosa*, *Pa*: *Prosopocoilus astocoides*, *Pd*: *Prosopocoilus decipien*, *Pp*: *Prosopocoilus passaloides*, *Pz*: *Prosopocoilus zebra*. Parameter lingkungan ditunjukkan dengan tanda panah. Panjang panah mengidentifikasi kuatnya parameter lingkungan mempengaruhi pola perubahan komposisi spesies (ter Braak dan Smilauer, 2002).

Gambar 4. Ordinasasi CCA menggambarkan pengaruh 22 parameter lingkungan terhadap distribusi 12 spesies kumbang lucanid pada lima ketinggian tempat di hutan konsensi Unocal

Hasil CCA dengan metode seleksi langkah maju (*forward selection*) diperoleh tiga parameter lingkungan utama (volume kayu lapuk kelas 2, curah hujan dan daya lampu) yang mempengaruhi keberadaan dari 12 spesies kumbang lucanid pada lima ketinggian tempat. Dari ketiga parameter tersebut, parameter yang paling dominan menentukan keberadaan spesies kumbang lucanid adalah volume kayu lapuk kelas 2, karena memiliki nilai *eigenvalue* tertinggi ($\lambda = 0,05$ dan $p = 0,005$) (Tabel 3).

Parameter lingkungan yang paling mempengaruhi struktur komunitas kumbang lucanid adalah volume total jatuhnya kayu lapuk yang terdapat dalam hutan. Hasil yang sama juga dilaporkan oleh Endrestol (2003) bahwa kelimpahan dan kekayaan spesies *saproxylic* berkorelasi positif dengan volume jatuhnya kayu. Beberapa hasil penelitian juga mencatat bahwa terdapat korelasi positif antara kelimpahan, kekayaan dan keanekaragaman spesies dari kumbang *saproxylic* dengan volume jatuhnya kayu lapuk dalam hutan (Sippola, 2002; Lassau, 2005; dan Okland *et al.*, 1996). Jatuhnya kayu lapuk dalam hutan akan menyediakan habitat bagi kumbang lucanid untuk bersarang dan bertelur serta menyelesaikan siklus hidupnya sampai menjadi dewasa.

Tabel 3. Ranking parameter lingkungan yang mempengaruhi distribusi 12 spesies kumbang lucanid pada lima ketinggian tempat di hutan konsensi Unocal Gunung Salak

Parameter lingkungan (kode)	Var.N	F	λ	P
Volume kayu lapuk kelas 2 (Vk2)	14	4.61	0.06	0.002*
Daya lampu (Dlmp)	6	4.19	0.05	0.002*
Curah hujan (Chu)	5	2.87	0.04	0.010*
Volume kayu lapuk kelas 4 (Vk4)	16	2.04	0.02	0.020*
Penutupan kanopi pohon (Cpo)	7	1.12	0.02	0.344
Ketinggian tempat (Alt)	1	0.67	0.00	0.760

Ket: λ = eigenvalue, (*): berbeda nyata ($p < 0,05$). Data diperoleh dari analisis RDA (*Redundancy analysis*) dengan metode seleksi langkah maju (*forward selection*) dan diuji menggunakan *Monte Carlo permutation* dengan 199 permutasi acak (ter Braak and Smilauer, 2002).

Hasil penelitian ini mendapatkan bahwa volume kayu lapuk yang sangat mempengaruhi kumbang lucanid adalah kayu lapuk kelas 2. Hal ini berbeda dengan pendapat Sippola *et al.* (2002) yang menyatakan bahwa volume kayu lapuk kelas 3 dan 4 merupakan tempat yang sangat baik untuk mendukung kehidupan kumbang *saproxylic*. Hasil penelitian Enderstol (2003) mencatat bahwa kayu lapuk yang sangat disukai kumbang lucanid adalah jatuhnya kayu lapuk kelas 4. Hal ini sangat berkaitan dengan kemudahan dari kumbang lucanid betina masuk kedalam kayu lapuk untuk bersarang dan meletakkan telur serta ketersediaan nutrisi dalam kayu lapuk.

Famili kayu lapuk yang sangat mempengaruhi struktur komunitas kumbang lucanid pada lokasi penelitian adalah Fagaceae. Hasil analisis vegetasi menunjukkan bahwa pada tingkat pohon famili Fagaceae dominan ditemukan pada setiap lokasi penelitian. Spesies kayu lapuk dari Fagaceae yang banyak ditemukan di hutan Gunung salak adalah *Lithocarpus sundaicus*, *Castanopsis argentea* dan *Quercus induta*. Hal ini dapat dikatakan bahwa semakin tinggi volume kayu lapuk Fagaceae yang ditemukan dalam hutan maka semakin tinggi kelimpahan, kekayaan dan keanekaragaman spesies kumbang lucanid. Menurut *Working Group on Iberian Lucanidae* (2005) kebanyakan famili kumbang lucanid berasosiasi dengan pohon oaks yang termasuk Famili Fagaceae seperti *Quercus robur*, *Q. pyrenaica* dan *Q. ilex*.

4. Kesimpulan

Total kumbang lucanid yang ditemukan pada lima ketinggian tempat di hutan konsensi Unocal Gunung Salak sebanyak sebanyak 12 spesies dan 1.133 individu. Lokasi dengan ketinggian tempat yang lebih tinggi memiliki kelimpahan spesies, kekayaan spesies, keanekaragaman spesies kumbang lucanid yang rendah dan variabel tersebut berbeda nyata antar ketinggian tempat. Hasil analisis kesamaan komunitas menunjukkan komposisi dan kelimpahan spesies pada ketinggian tempat 1021 m

dpl mirip dengan lokasi 1110 m dpl, sedangkan lokasi dengan ketinggian 1239 m dpl lebih mirip dengan 1349 m dpl dan 1400 m dpl. Faktor lingkungan yang mempengaruhi struktur komunitas kumbang lucanid adalah volume kayu lapuk total dan volume kayu lapuk kelas 3. Keberadaan spesies kumbang lucanid dipengaruhi oleh volume kayu lapuk kelas 2, curah hujan dan daya lampu yang terpasang di lapangan panas bumi Unocal.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Yayasan Peduli Konservasi Indonesia (PEKA Indonesia) yang telah memberikan dana penelitian. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada *Manager project* dan staf Unocal Gunung Salak atas izin dan fasilitas yang diberikan selama melaksanakan penelitian. Disamping itu tak lupa ucapan terima kasih pula kepada Kepala dan Staf Museum serangga LIPI Cibinong yang telah membantu identifikasi sampel.

Daftar Pustaka

- Alcaraz, E. R., and J. M. Avilla, 2000, Effect of elevation and type of habitat on the abundance and diversity of Scarabaeoid dung beetle (Scarabaeoidea) assemblages in a Mediterranean area from Southern Iberian Peninsula, *Zoological Studies*, **39**, 351-359.
- Cheng, C., 2004, Statistical approaches on discriminating spatial variation of species diversity, *Bot. Bull Acad Sin*, **45**, 339-346.
- Endrestol, A., 2003, *Distribution of woody debris and saproxylic insect in burnt and unburnt lowland Dipterocarp rainforest, East Kalimantan, Indonesia*, The Agricultural University of Norway Department of Natural Resource Management.
- Lassau, S. A., D. F. Hochuli, G. Cassis, and C. A. M. Reid, 2005, Effects of habitat complexity on forest beetle diversity: do functional groups respond consistently? *Diversity Distrib*, **11**, 73-82.

- Lien, V. V. and D. Yuan, 2003. The differences of butterfly (Lepidoptera, Papilionoidea) communities in habitats with various degrees of disturbance and altitudes in tropical, *Biodivers Conserv*, **12**, 1099-1111.
- London Wildlife Trust, 2000, Stag beetle an advice note for its conservation in London, <http://www.wildlifetrust.org.uk/London>. [8 Juni 2005]
- Makarek, V. and P. Legendre, 2002, Nonlinear redundancy analysis and canonical correspondence analysis based on polynomial regression, *Ecology*, **83**, 1146-1161.
- Mangguran, A. E., 2004. *Measuring biological diversity*. Malden: Blackwell Publishing.
- Meggs, J. M., S. A. Munks, and R. Corkrey, 2003, Distribution and habitat characteristics of threatened lucanid beetle *Hoplogonus simsoni* in north-east Tasmania, *Pacific Conserv Bio*, **9**, 172-186.
- Meggs, J. M., and S. A. Munks, 2003, Distribution, habitat characteristics and conservation requirements of a forest-dependent threatened invertebrate *Lissotes latidens* (Coleoptera: Lucanidae), *Insect Conserv*, **7**, 147-152.
- Michaels, K., and G. Bornemiza, 1999. Effects of clearfell harvesting on lucanid beetles (Coleoptera:Lucanidae) in wet and dry sclerophyll forest in Tasmania. *Insect Conserv*, **3**, 85-95.
- Michaels K, and P.B. McQuillan, 1995. Impact of commercial forest management on geophilous carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) in tall, wet Eucalyptus ohliqua forest in southern Tasmania. *Aust. I. Ecol.* **20**, 316-23.
- Mizunuma, T., and S. Nagai, 1994, Mushi-sha's iconographic series of insects I, *The Lucanid beetles of the world*, Mushi-sha's, Tokyo.
- Munks, S., K. Richards, J. Meggs, M. Wapstra, and R. Corkrey, 2004, Distribution, habitat and conservation of two threatened stag beetles, *Hoplogonus bornemisszai* and *H. vanderschoori* (Coleoptera: Lucanidae) in north-east Tasmania. *Australian Zoologist*, **32**, 586-596.
- Noerdjito, W. A., 2003, Keragaman kumbang (Coleoptera). di dalam: Amir M, Kahono S. *Serangga taman nasional Gunung Halimun Jawa Bagian Barat*, JICA Biodiversity Conservation Project, 149-200.
- Noerdjito, W. A., 2006, *Kumbang Lucanidae*, Bidang Zoologi (museum Zoological Bogoriense). Pusat Penelitian Biologi LIPI. Cibinong Bogor, Belum dipublikasikan.
- Oda, H., 1997, *Kumbang rusa* (Stag Beetles): Alih bahasa: Blasius Hangkoso. Jakarta: PT. Gramedia.
- Ohsawa, M., 2005, Species richness and composition of Curculionidae (Coleoptera) in a conifer plantation, secondary forest, and old-growth forest in the central mountainous region of Japan, *Ecology Research*, **20**, 632-645.
- Okland, B., A. Bakke, S. Hagvar, and T. Kvamme, 1996, What factor influence the diversity of saproxylic beetles? A multiscaled study from a spruce forest in Southern Norway, *Biodivers Conserv*, **5**, 75-100.
- Paulsen, M. J. and A.D. Smith, 2005, A new species of stag beetle from sand dunes in west Texas, and asynopsis of the genus *Nicagus* (Coleoptera: Lucanidae: Aesalinae: Nicagini). *Zootaxa*, **1050**, 45-60.
- Ratcliffe, B. C., 2001. *Lucanus capreolus* (Linneus) Lucanidae (LEACH 1815) Stag Beetle Family. <http://www-museum.unl.edu/research/entomology/Guide-/Scarabaeoidea/-Lucanidae/Lucanidae> Overview/Lucanidae O.html [12 Juli 2003].
- Sippola, A.L., J. Siitonen, and P. Punttila, 2002, Beetle diversity in timberline forest: a comparison between old-growth and regeneration areas in Finnish Lapland, *Ann Zool Fennici*, **39**, 69-86.
- StatSoft, 2001, *Statistica for windows*, 6.0 statsoft Inc. Oklohoma: Tulsa.
- Tatsuta, H., K. Mizota, and S. Akimoto, 2001, Allometric patterns of heads and genitalia in the Stag Beetle *Lucanus Maculifemoratus* (Coleoptera: Lucanidae), *J. Entomol Soc*, **94**, 462-466.
- ter Braak, C. J. F., and P. F. M. Verdonschot, 1995, Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology, *Aquatic Sci*, **57**, 255-289.
- ter Braak, C. J. F., and P. Smilauer, 2002, *Canoco for Windows* (version 4.54): Software for canonical community ordination. Copyright © 1997-2006. Biometris-plant research international, Wageningen, The Netherlands.
- Vlug, H, and J. H. Borden, 1973. Soil acari and collembola populations affected by logging and slash burning in a coastal British Columbian coniferous forest. *Env. Ent.* **2**, 1016-023.
- Weng, V., and Y. Tung, 1983, *Common Malaysian beetles*, Kuala Lumpur: Longman.