

Jurnal

Penelitian Hutan dan Konservasi Alam

Volume VII Nomor 1 Tahun 2010

ISI/CONTENT :

1. Ayi Suyana
UJI COBA PERTUMBUHAN TIGA KELAS MUTU BIBIT MERANTI MERAH DI
TIGA HAK PENGUSAHAAN HUTAN MODEL DI KALIMANTAN (*Trials on Growth
of Three Seedling Quality Classes of Red Meranti in Three Model Forest Concession Areas
in Kalimantan*) 1-11
2. Bambang Tejo Premono dan/and Adi Kunarso
VALUASI EKONOMI TAMAN WISATA ALAM PUNTI KAYU PALEMBANG (*Eco-
nomic Valuation on Puntı Kayu Recreation Park Palembang*) 13-23
3. Halidah
PENGARUH TINGGI GENANGAN DAN JARAK TANAM TERHADAP PERTUM-
BUHAN ANAKAN *Rhizophora mucronata* Lam. DI PANTAI BARAT SULAWESI SE-
LATAN 25-34
4. Istomo, Sri Wilarso dan/and Haris Arifiyanto Hidayat
PENGARUH PEMBERIAN PUPUK ORGANIK *M-DEXT* TERHADAP PERTUMBUH-
AN TANAMAN PALAHLAR (*Dipterocarpus spp.*) DI WILAYAH PERUM PERHU-
TANI BKPH JASINGA, KPH BOGOR (*Effect of M-Dext Organic Fertilizer on The
Growth of Palahlar (Dipterocarpus spp.) in Perum Perhutani Forest Area, BKPH Jasinga,
KPH Bogor*) 35-46
5. I Wayan Widhana Susila
RIAP TEGAKAN DUABANGA (*Duabanga moluccana* Bl.) DI RARUNG (Duabanga
moluccana Bl. *Stand Increment at The Rarung Research Forest*) 47-58
6. Wanda Kuswanda dan/and Abdullah Syarif Mulktar
PENGELOLAAN POPULASI MAMALIA BESAR TERESTRIJAL DI TAMAN NASIO-
NAL BATANG GADIS, SUMATERA UTARA (*Management of Population Terrestrial
Big Mammals in Batang Gadis National Park, North Sumatra*) 59-74
7. Hendra Gunawan, Lilik B. Prasetyo, Ani Mardiasuti, dan/and Agus P. Kartono
FRAGMENTASI HUTAN ALAM LAHAN KERING DI PROVINSI JAWA TENGAH
(*Fragmentation of Dryland Natural Forest in Central Java Province*) 75-91
8. Hadi Warsito dan/and M. Bismark
PENYEBARAN DAN POPULASI BURUNG PARUH BENGKOK PADA BEBERAPA
TIPE HABITAT DI PAPUA (*Distribution and Population of Parrots on Some Habitat
Types in Papua*) 93-102



FRAGMENTASI HUTAN ALAM LAHAN KERING DI PROVINSI JAWA TENGAH

*(Fragmentation of Dryland Natural Forest in Central Java Province)**

Oleh/By:

Hendra Gunawan¹, Lilik B. Prasetyo², Ani Mardiasuti², dan/and Agus P. Kartono²

¹ Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam
Jl. Gunung Batu No. 5 Po Box 165; Telp. 0251-8633234, 7520067; Fax 0251-8638111 Bogor
hendragunawan1964@yahoo.com

² Departemen Konservasi Biodiversitas Tropika
Fakultas Kehutanan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor
Jl. Raya Darmaga, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680; Telp. 0251-8628448/8622961
lbpras@indo.net.id; aniipb@indo.net.id; apkartono@yahoo.com

*Diterima : 8 April 2009, Disetujui : 3 Desember 2009

ABSTRACT

Dryland natural forest in Central Java Province is decreasing and being fragmented at an alarming rate. This, consequently will impact on the survival of biodiversity that inhabit inside the dryland natural forest. This research was aimed to study the process and rate of fragmentation of dryland natural forest in Central Java Province and to evaluate the possible consequences on wildlife. The result showed that in 16-year period (1990-2006) Central Java Province has lost 446,561.09 ha (88%) of its dryland natural forest. The remaining forests are commonly scattered in the top of mountains that are difficult to be accessed by human activities. From 1990 to 2000 the fragmentation caused the increase of total edge from 42.43 km to 133.88 km. During the period of 2000-2006, as the forest patches disappeared due to the attrition process, the total edge decreased to 8.75 km. During 1990-2000 the edge density of dryland natural forest increased from 151,061.8 m² to 473,200.6 m². The edge density decreased during the period of 2000-2006 down to 31,076.6 m² due to the process of attrition. Fragmentation of dryland natural forest in Central Java Province is mainly caused by conversion for agriculture, plantation forest, crop estate, settlement, and infrastructure development such as artery roads, highway, and ultra high voltage network. The forest fragmentation in Central Java Province must be stopped. Spatial planning should not only consider the extent of the forest but also take into account the compactness and connectivity among the forest patches. To avoid the extinction and to increase the survival of wildlife inhabiting the forest patches, corridors and buffer zones must be developed to extend the existing habitat. State forest areas that have been deforested must be reforested. Production forests must be functioned as habitat extension and corridors among the fragmented wildlife habitat.

Keywords: Fragmentation, natural forest, dryland, Central Java

ABSTRAK

Hutan alam di Provinsi Jawa Tengah terus mengalami penurunan luas dan fragmentasi sampai pada tingkat yang mengkhawatirkan. Hal ini tentu berdampak negatif pada kelangsungan hidup keanekaragaman hayati yang terkandung di dalamnya. Penelitian ini bertujuan mendapatkan informasi tentang proses dan laju fragmentasi hutan alam lahan kering di Provinsi Jawa Tengah dan informasi mengenai kemungkinan dampaknya bagi kelestarian keanekaragaman satwalijar. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa selama 16 tahun (1990-2006) Provinsi Jawa Tengah telah kehilangan hutan alam lahan kering seluas 446.561,09 ha atau 88%. Sisa-sisa hutan alam lahan kering umumnya ada di puncak-puncak gunung yang sulit diakses oleh aktivitas manusia. Fragmentasi hutan alam di Jawa Tengah yang terjadi antara tahun 1990-2000 telah menyebabkan peningkatan *Total Edge* (TE) dari 42,43 km menjadi 133,88 km. Dari tahun 2000-2006, seiring dengan hilangnya *fragment-fragment* hutan (proses *attrition*) *total edge* menurun menjadi 8,75 km. *Edge Density* (ED) hutan alam lahan kering di Provinsi Jawa Tengah juga mengalami peningkatan dari tahun 1990-2000, yaitu dari 151.061,8 m² menjadi 473.200,6 m². *Edge density* kembali menurun seiring hilangnya beberapa *fragment* hutan menjadi 31.076,6 m² pada tahun 2006. Fragmentasi hutan alam lahan kering di Provinsi Jawa Tengah umumnya disebabkan oleh konversi menjadi lahan pertanian, hutan tanaman, perkebunan, pemukiman, dan pembangunan infrastruktur, seperti jalan arteri, jalan tol serta jaringan listrik tegangan tinggi (SUTET). Fragmentasi hutan di Provinsi Jawa Tengah harus dihentikan. Penataan ruang yang memperhatikan bukan saja proporsi luas hutan tetapi juga kekompakan dan konektivitas antar kelompok

hutan harus diimplementasikan. Untuk menghambat laju kepunahan dan meningkatkan *survival* satwaliar yang ada di hutan terfragmentasi, maka perlu dibuat koridor dan perluasan habitat dengan menambahkan zona penyangga. Kawasan hutan negara yang tidak berhutan perlu dihutankan kembali. Hutan produksi harus difungsikan sebagai perluasan habitat dan koridor antar habitat satwa yang terfragmentasi.

Kata kunci: Fragmentasi, hutan alam, lahan kering, Jawa Tengah

I. PENDAHULUAN

Fragmentasi didefinisikan sebagai pemecahan habitat organisme menjadi *fragment-fragment (patches)* habitat yang membuat organisme kesulitan melakukan pergerakan dari *fragment* habitat yang satu ke yang lainnya¹. Fragmentasi hutan terjadi jika hutan yang luas dan menyambung terpecah menjadi blok-blok lebih kecil karena pembangunan jalan, pertanian, urbanisasi atau pembangunan lain. Fragmentasi menyebabkan berkurangnya fungsi hutan sebagai habitat berbagai spesies tumbuhan dan satwaliar (Rusak & Dobson, 2007). Konsep fragmentasi habitat diturunkan dari teori biogeografi pulau (MacArthur & Wilson, 1967), dimana jumlah spesies meningkat dengan meningkatnya ukuran pulau (Haila, 2002). Fragmentasi penting mendapat perhatian, karena berpengaruh pada kekayaan spesies, dinamika populasi, dan keanekaragaman hayati ekosistem secara keseluruhan (Morrison *et al.*, 1992).

Semakin nyata bukti bahwa fragmentasi habitat merugikan bagi banyak spesies dan dapat mempercepat kepunahan keanekaragaman hayati regional dan global (Harris, 1984; Saunders *et al.*, 1991) telah memberikan pembenaran empiris perlunya mengelola lanskap secara menyeluruh, tidak hanya mengelola komponen-komponennya secara parsial. Ada dua komponen struktur lanskap, yaitu komposisi dan konfigurasi (Turner, 1989; Dunning *et al.*, 1992).

Berkembangnya ilmu ekologi lanskap, yaitu ilmu yang mempelajari bagaimana struktur lanskap mempengaruhi

kelimpahan dan penyebaran organisme, telah memberikan dasar konsepsi dan teori yang kuat untuk memahami struktur, fungsi, dan perubahan lanskap (Forman & Godron, 1986; Turner, 1989; Urban *et al.*, 1987). Seiring dengan itu, perkembangan teknologi GIS (*Geographical Information Systems*) menyediakan berbagai metode analisis untuk pengelolaan lanskap.

Meningkatnya perhatian pada kepunahan keanekaragaman hayati telah mendorong para pengelola lahan untuk mencari cara terbaik untuk mengelola lanskap pada berbagai skala spasial dan temporal. Para ahli ekologi satwaliar menjadi semakin menyadari bahwa variasi habitat dan pengaruhnya pada proses-proses ekologi dan populasi satwa vertebrata terjadi pada banyak skala spasial (Wiens, 1989a; 1989b). Hal ini telah meningkatkan perhatian pada pentingnya pola-pola habitat bagi populasi satwaliar dan penelitian ekologi lanskap untuk mempelajari penyebaran dan dinamika populasi dalam skala spasial yang lebih luas. Skala lanskap tergantung pada skala pergerakan dan asosiasi habitat dari organisme yang sedang diteliti.

Kerusakan hutan di seluruh dunia merupakan faktor utama perubahan struktur lanskap. Kedua komponen lanskap dipengaruhi oleh penggundulan hutan. Komposisi lanskap berubah seiring hutan ditebang dan digantikan oleh tanaman pertanian atau untuk penggunaan lain. Konfigurasi berubah seiring dengan hutan yang tersisa terfragmentasi menjadi beberapa *fragment (patches)* hutan yang lebih kecil.

Kawasan hutan di Provinsi Jawa Tengah seluas 656.193,89 ha, sebagian

¹ <http://www.everythingbio.com/glos/definition.php?word=fragmentation>

besar (83,84%) diantaranya merupakan hutan produksi, sementara sisanya (16,16%) merupakan hutan alam primer dan sekunder yang ada dalam kawasan hutan lindung dan kawasan pelestarian alam (Perum Perhutani, 2006). Provinsi Jawa Tengah merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang memiliki laju deforestasi cukup tinggi, yaitu rata-rata 142.560 ha per tahun yang terjadi antara tahun 2000-2005 (Departemen Kehutanan, 2007). Deforestasi ini sebenarnya telah lama berlangsung akibat tekanan pertambahan penduduk yang tinggi dan pembangunan infrastruktur yang sangat pesat, karena Pulau Jawa merupakan pusat pertumbuhan ekonomi utama di Indonesia.

Hutan alam di Pulau Jawa umumnya dan Jawa Tengah khususnya merupakan kantong-kantong habitat perlindungan keanekaragaman hayati yang penting. Salah satu keanekaragaman hayati satwaliar yang bernilai konservasi tinggi di Pulau Jawa adalah macan tutul jawa (*Panthera pardus melas* Cuvier 1809) yang termasuk dalam *Redlist* IUCN (*International Union for Conservation of Nature and Natural Resources*) dengan kategori *Critically Endangered* (Ario *et al.*, 2008). Seiring dengan penyusutan luas dan fragmentasi hutan di Jawa Tengah, populasi macan tutul pun semakin terancam. Fragmentasi hutan ini disebabkan oleh penebangan, baik *legal* maupun *illegal*, antara lain untuk tujuan pembangunan lahan pertanian, perkebunan, pemukiman, jaringan jalan dan jaringan listrik.

Luas kawasan hutan mungkin tidak berkurang tetapi luas tutupan hutan terus menyusut. Berkurangnya luasan dan terfragmentasinya kawasan berhutan diduga telah mengakibatkan penurunan populasi sampai kepunahan lokal satwaliar langka, seperti macan tutul jawa. Meskipun demikian, fragmentasi hutan seringkali tidak dipandang lebih penting daripada penyusutan hutan itu sendiri. Bahkan penelitian tentang fragmentasi hutan dan dampaknya bagi kelestarian satwaliar masih

sangat jarang dilakukan, khususnya di Pulau Jawa, padahal fragmentasi merupakan ancaman yang sangat nyata bagi kelestarian keanekaragaman hayati flora-fauna di Pulau Jawa.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang proses dan laju fragmentasi hutan alam, penyebabnya serta memperkirakan dampaknya bagi *survival* satwaliar dan memperoleh teknologi implikasinya bagi konservasi satwa liar di Provinsi Jawa Tengah. Hasil penelitian ini diharapkan bermanfaat sebagai salah satu bahan pertimbangan bagi para pengambil kebijakan yang berkaitan dengan penataan ruang, pengelolaan hutan dan konservasi keanekaragaman hayati.

II. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2008 sampai Februari 2009 dan dilaksanakan di laboratorium *remote sensing* Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.

B. Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan adalah peta *digital* hasil interpretasi citra satelit dari Landsat TM skala 1:50000 untuk area cakupan Provinsi Jawa Tengah tahun 1990, 2000, dan 2006 dari Departemen Kehutanan. Evaluasi fragmentasi dilakukan menggunakan *Patch Analyst* (McGarigal & Marks, 1995; Elkie *et al.*, 1999) yang *compatible* dengan Arcview 3.1 (ESRI, 1998). Analisis spasial dikerjakan di Laboratorium *Remote Sensing*, Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.

C. Metode Analisis

Analisis meliputi operasi-operasi spasial untuk mengetahui *Land Use and Land Cover Change* (LULCC) dan analisis fragmentasi untuk mengetahui

perubahan nilai-nilai parameter fragmentasi dalam skala *landscape* dan skala *class*. Untuk mengetahui perubahan tutupan dan penggunaan lahan digunakan metode *post-classification comparison*.

I. HASIL DAN PEMBAHASAN

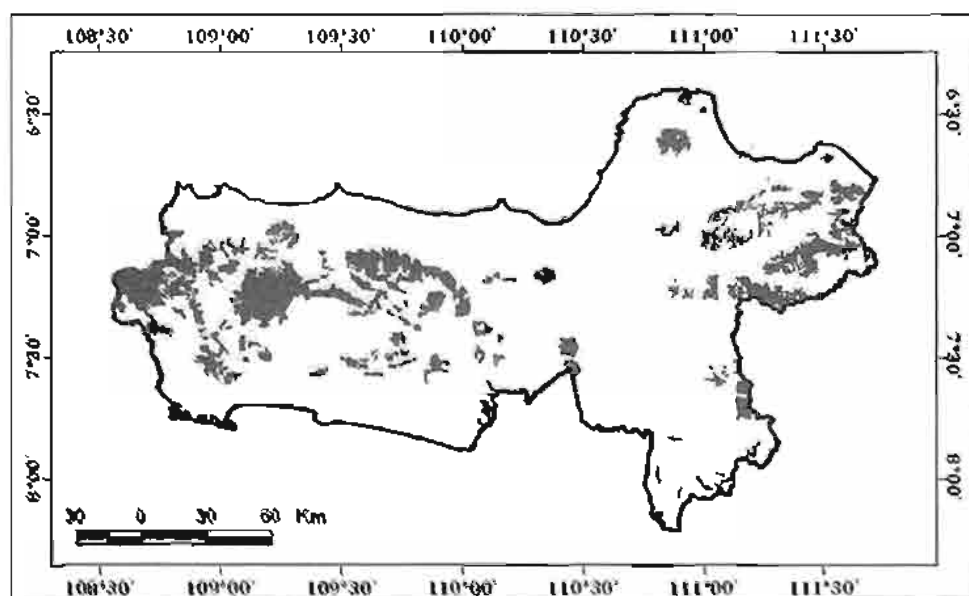
A. Proses Fragmentasi Hutan Alam di Jawa Tengah

Fragmentasi adalah proses pemecahan suatu habitat, ekosistem atau tipe *land use* menjadi bidang-bidang lahan yang lebih kecil. Fragmentasi juga merupakan sebuah hasil dimana proses fragmentasi mengubah atribut-atribut habitat dan karakteristik suatu lanskap yang ada. Fragmentasi habitat mengubah konfigurasi spasial suatu kantong habitat (*habitat patches*) besar dan menciptakan isolasi atau perenggangan hubungan antara kantong-kantong (*patches*) habitat asli, karena terselingi oleh mosaik yang luas atau tipe habitat lain yang tidak sesuai bagi spesies yang ada (Wiens, 1989a).

Proses fragmentasi telah terjadi pada hutan alam lahan kering (dataran rendah

dan pegunungan) di Provinsi Jawa Tengah seperti diperlihatkan pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3. Pada gambar-gambar tersebut hanya kelas hutan alam lahan kering yang diperlihatkan. Secara statistik, luas dan jumlah kantong (*patches*) hutan alam dataran rendah disajikan pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Berdasarkan Gambar 1 sampai Gambar 5 tampak jelas perubahan yang signifikan, baik pada jumlah *fragment patches* hutan maupun luas hutan. Jumlah *fragment* dan luas yang menurun menunjukkan bahwa telah terjadi fragmentasi habitat dan kehilangan habitat (*habitat loss*). Pada tahun 1990, luas hutan alam lahan kering masih 507.407,51 ha yang tersebar dalam 108 *fragment* hutan. Tahun 2000 menurun drastis (77,5%) menjadi 114.044,23 ha dalam 88 *fragment* hutan dan pada tahun 2006 hutan alam lahan kering yang tersisa tinggal 60.846,42 ha dalam 39 *fragment* hutan atau menurun 46,6% dari tahun 2000. Secara total dari tahun 1990 sampai tahun 2006 Provinsi Jawa Tengah telah kehilangan hutan alam lahan kering seluas 446.561,09 ha atau 88%.



Gambar (Figure) 1. Sebaran hutan alam lahan kering di Provinsi Jawa Tengah tahun 1990 (*Distribution of dryland natural forest in Central Java Province in 1990*)

Sementara itu, luas perkebunan meningkat signifikan (81,04%) dari 5.697 ha pada tahun 1990 menjadi 30.052 ha pada tahun 2006. Pemukiman meningkat 44,88% antara tahun 2000-2006 dari 213.102 ha menjadi 386.634 ha, sedangkan hutan tanaman meningkat luasnya 44,56% dari 474.416 ha menjadi 855.745 ha. Lahan tidak produktif (semak belukar dan tanah terbuka) meningkat tajam (94,70%) dari 7.065 ha pada tahun 1990 menjadi 133.216 ha pada tahun 2006. Luas hutan mangrove mengalami penurunan 29,42% dari 12.725 ha pada tahun 1990 menjadi 8.981 ha pada tahun 2006.

Demikian juga lahan pertanian mengalami penurunan, yang mungkin disebabkan oleh konversi untuk pembangunan pemukiman dan infrastruktur. Penurunan lahan pertanian selama 16 tahun (1990-2006) mencapai 34,10% dari luas 2.844.780 ha pada tahun 1990, tinggal 1.874.801 pada tahun 2006. Perubahan beberapa kelas penutupan lahan yang penting disajikan pada Tabel 1.

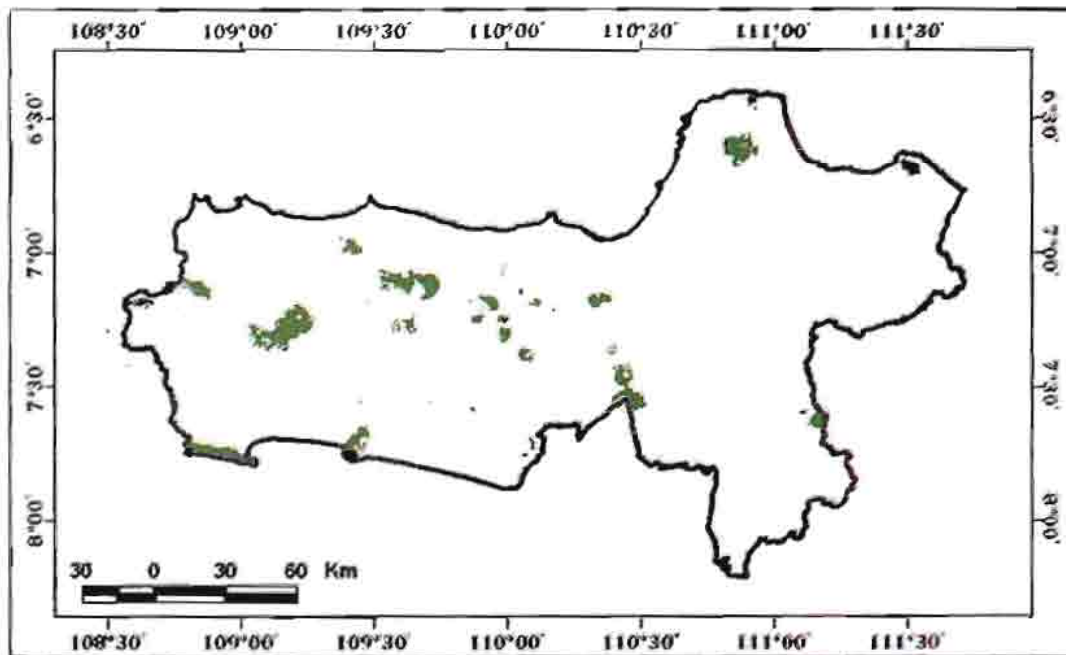
Fragmentasi umumnya terjadi melalui hilangnya habitat, sebaliknya hilangnya habitat (*habitat loss*) dapat dipandang sebagai akibat fragmentasi, tetapi fragmentasi dapat disertai hilangnya habitat

Tabel (Table) 1. Perubahan beberapa kelas penutupan lahan di Provinsi Jawa Tengah dari tahun 1990 sampai 2006 (*The changes of some land cover classes in Central Java Province from 1990 to 2006*)

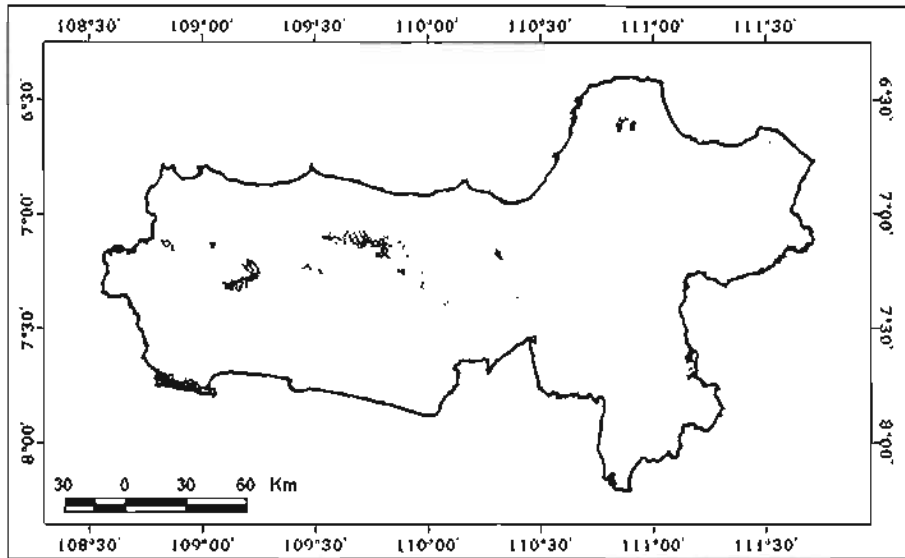
Kelas penutupan lahan (<i>Land cover class</i>)	Tahun (Year)			Perubahan (Changes) 1990-2006 (%)
	1990 (ha)	2000 (ha)	2006 (ha)	
Hutan alam lahan kering	507.408	114.044	60.846	88,01
Hutan tanaman	No data	474.416	855.745	*44,56
Hutan mangrove	12.725	10.927	8.981	29,42
Lahan kering tidak produktif	7.065	47.677	133.216	94,70
Perkebunan	5.697	46.947	30.052	81,04
Pertanian	2.844.780	2.398.986	1.874.801	34,10
Pemukiman	No data	213.102	386.634	*44,88

Sumber (Source): Dibitung berdasarkan data spasial dari Departemen Kehutanan (*Calculated based on spatial data from the Ministry of Forestry*)

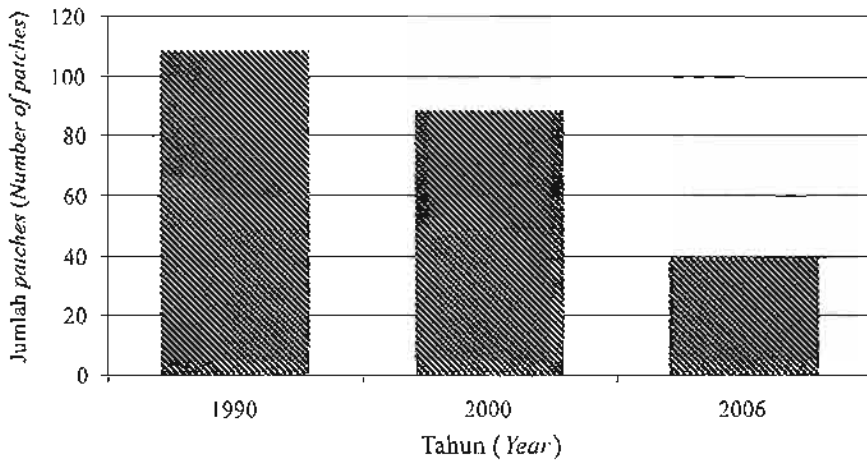
*) Perubahan dari 2000 ke 2006 (*Change from 2000 to 2006*)



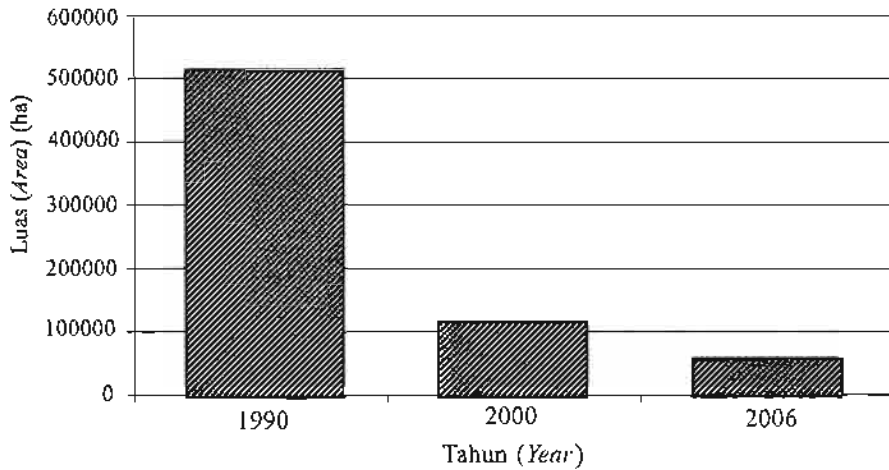
Gambar (Figure) 2. Sebaran hutan alam lahan kering di Provinsi Jawa Tengah tahun 2000 (*Distribution of dryland natural forest in Central Java Province in 2000*)



Gambar (Figure) 3. Sebaran hutan alam lahan kering di Provinsi Jawa Tengah tahun 2006 (*Distribution of dryland natural forest in Central Java Province in 2006*)



Gambar (Figure) 4. Perubahan jumlah patches hutan alam lahan kering di Provinsi Jawa Tengah dari tahun 1990-2006 (*The changes of the number of patches of dryland natural forest in Central Java Province for the period of 1990-2006*)



Gambar (Figure) 5. Perubahan luas hutan alam lahan kering di Provinsi Jawa Tengah dari tahun 1990-2006 (*The changes of the area of dryland natural forest in Central Java Province for the period of 1990-2006*)

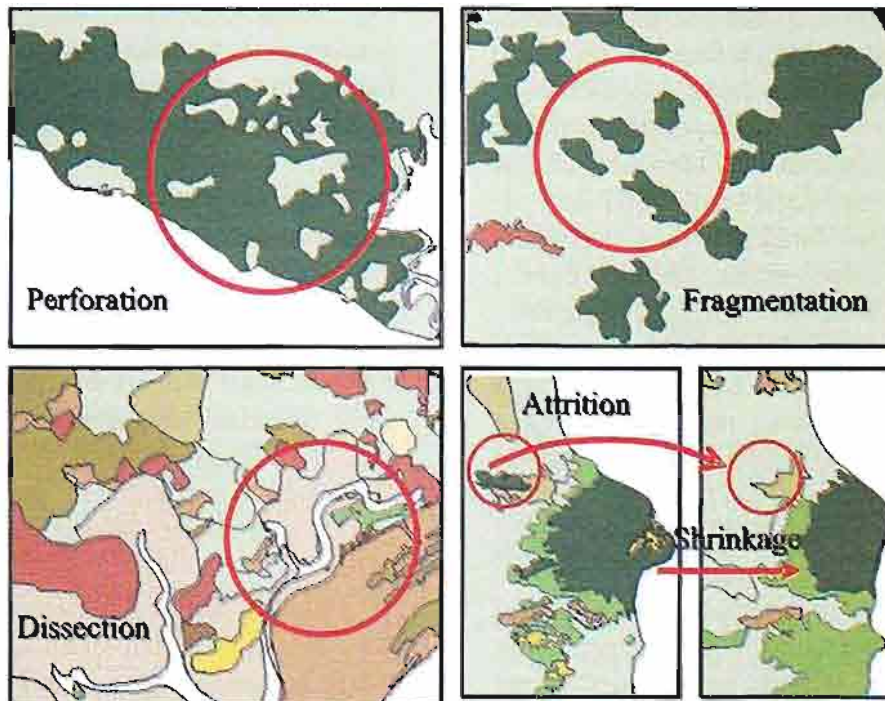
(berkurangnya jumlah) seiring dengan pemecahan atau pembagian *fragment* habitat besar menjadi *fragment-fragment* berukuran kecil dan lebih terisolasi (Hunter, 1997; Haila, 1999; Franklin *et al.*, 2002; Fahrig, 2003). Menurut Franklin *et al.* (2002) dan Fahrig (2003), fragmentasi bekerja dalam empat cara, yaitu: (1) habitat hilang tanpa fragmentasi, (2) pengaruh kombinasi hilangnya habitat dan pemecahan habitat menjadi *patches* lebih kecil, (3) pemecahan habitat menjadi *patches* lebih kecil tanpa kehilangan habitat, dan (4) hilangnya habitat dan pemecahan habitat menjadi *patches* lebih kecil serta penurunan kualitas habitat.

Perubahan habitat tidak dapat dihindari, karena tidak ada habitat atau lanskap yang tetap, apalagi di negara berkembang seperti Indonesia yang sedang mengalami pertumbuhan penduduk yang tinggi dan kebutuhan lahan untuk menyediakan pemukiman, pertanian, pembangunan sarana jalan dan infrastruktur lainnya. Fragmentasi habitat yang terjadi di Provinsi Jawa Tengah merupakan proses yang secara spasial dan temporal mengubah ha-

bitat dan lanskap yang diakibatkan oleh sebab-sebab *antropogenic*. Menurut Forman (1995), lanskap berubah melalui lima proses spasial (Gambar 6) dengan berbagai derajat *overlap* sepanjang periode perubahan lahan, yaitu:

1. Perforasi (*perforation*) merupakan proses membuat lubang di dalam habitat.
2. Pemotongan (*dissection*) adalah pemotongan atau pembagian area menjadi habitat berbeda dengan lebar yang relatif sama.
3. Fragmentasi (*fragmentation*) adalah pemecahan habitat menjadi potongan-potongan yang lebih kecil.
4. Penyusutan (*shrinkage*) terjadi seiring potongan habitat berlanjut dengan penurunan luas.
5. Erosi habitat (*attrition*) adalah proses dunana *fragment* habitat yang tersisa berangsur hilang, karena degradasi habitat atau suksesi.

Gambar 6 menunjukkan lima proses fragmentasi hutan alam di Provinsi Jawa Tengah seperti teori yang diuraikan oleh



Gambar (Figure) 6. Lima proses spasial yang mengubah lanskap (Five spatial processes that change the landscape)

Forman (1995) di atas. Perforasi (*perforation*) banyak terjadi pada hutan alam di Kabupaten Blora dan Grobogan pada tahun 1990. Fragmentasi atau pemecahan hutan menjadi *fragment-fragment* kecil yang saling terpisah dapat dilihat di wilayah Kabupaten Banjarnegara dan Kabupaten Wonosobo. *Dissection* atau pembagian area menjadi habitat yang berbeda dapat dilihat di Kabupaten Cilacap yang terjadi secara alami oleh sungai. *Attrition*, dimana *fragment* hutan yang tersisa kemudian hilang bisa dilihat di sekitar Gunung Lawu. *Shrinkage*, juga terjadi di Gunung Lawu, dimana kawasan yang memiliki vegetasi hutan alam menurun luasannya.

Fragmentasi dimulai dengan *dissection* ketika jalan, jaringan transmisi, sungai dan fitur *linear* lainnya menjadi penghalang pergerakan satwaliar. Kemudian diikuti *perforation* ketika muncul kantong habitat (*patches*) kecil yang di-buat oleh manusia atau sebab alami dan efek tepi menjadi nyata. Fragmentasi merupakan tahap ketiga yang terjadi ketika kantong habitat yang lebih kecil meningkat frekuensinya dan berkurang luasnya sampai pada tingkat dimana habitat yang terfragmentasi mulai mendominasi lanskap. *Attrition* merupakan tahap akhir dimana lahan alami atau habitat asli tersisa sebagai kantong yang kecil dan terisolasi di tengah-tengah lanskap yang sekarang didominasi oleh suatu mosaik habitat yang telah berubah dan terfragmentasi. Proses fragmentasi membuat habitat menjadi tidak sesuai bagi satwaliar atau memiliki kesesuaian rendah bersamaan dengan berkurangnya kualitas habitat satwaliar (Hunter, 1997).

Fragmentasi hutan di Jawa Tengah juga dapat dilihat dari parameter *Total Edge* (TE). *Total edge* hutan alam lahan kering meningkat dari tahun 1990 sampai tahun 2000 ketika terjadi pemecahan hutan menjadi *fragment-fragment* yang lebih kecil. *Total edge* hutan alam tahun 1990 adalah 42,43 km meningkat menjadi

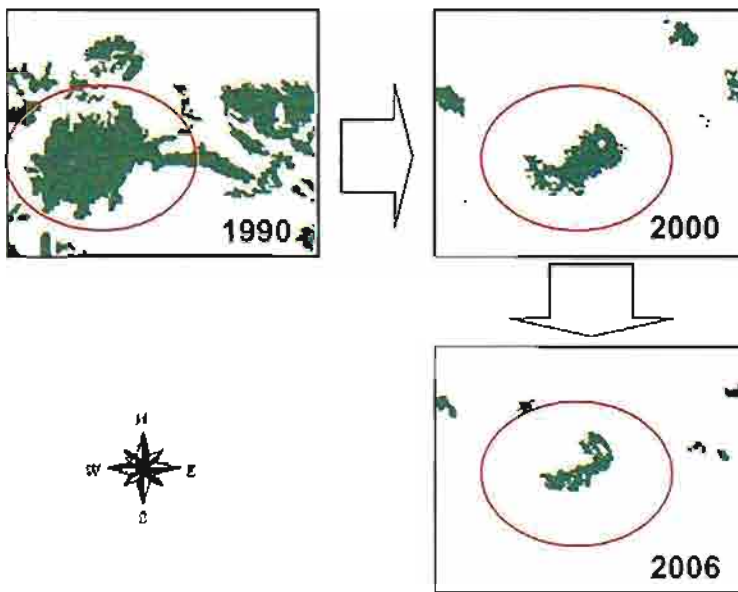
133,88 km pada tahun 2000. Ketika *fragment-fragment* hutan yang tersisa terus menghilang (proses *attrition*) jumlah TE juga menurun. Pada tahun 2006 TE hutan alam lahan kering di Provinsi Jawa Tengah menjadi 8,75 km. *Edge Density* (ED) hutan alam lahan kering di Provinsi Jawa Tengah juga mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan fragmentasi, yaitu dari 151.061,8 m² pada tahun 1990 menjadi 473.200,6 m² pada tahun 2000. *Edge density* kembali menurun seiring hilangnya beberapa *fragment* hutan, yaitu menjadi 31.076,6 m².

B. Fragmentasi Hutan Alam di Beberapa Gunung di Jawa Tengah

Secara umum sisa-sisa hutan alam di Pulau Jawa ada di sekitar puncak-puncak gunung yang pada umumnya jauh dari jangkauan manusia dan sulit diakses oleh masyarakat untuk pertanian dan pemukiman. Meskipun demikian, seiring dengan berjalannya waktu, sisa-sisa hutan alam di gunung-gunung di Jawa Tengah juga mengalami fragmentasi, sehingga terjadi kehilangan habitat (*habitat loss*) dan isolasi habitat (*isolation*). Sebagai contoh akan diuraikan proses fragmentasi hutan alam di Gunung Slamet, Gunung Muria, Gunung Ungaran, dan Gunung Lawu.

Pada Gambar 7 ditunjukkan bahwa fragmentasi yang terjadi pada hutan alam di sekitar Gunung Slamet (Kabupaten Purbalingga), tidak saja telah menghilangkan habitat tetapi juga memecah habitat menjadi *fragment-fragment* habitat yang terisolasi antara satu dengan lainnya. Kehilangan hutan di daerah ini tampak sangat signifikan dan dampaknya bagi satwaliar dapat dipastikan juga sangat nyata.

Dalam Gambar 7 pada tahun 1990 suatu kelompok hutan alam lahan kering masih kompak dengan luas 72.874,62 ha, tetapi dalam 10 tahun kemudian (tahun 2000) mengalami penyusutan luas hingga



Gambar (Figure) 7. Proses fragmentasi hutan alam lahan kering di Gunung Slamet dan sekitarnya, Kabupaten Purbalingga (*Fragmentation process of dryland natural forest in Mount Slamet and the surroundings, District of Purbalingga*)

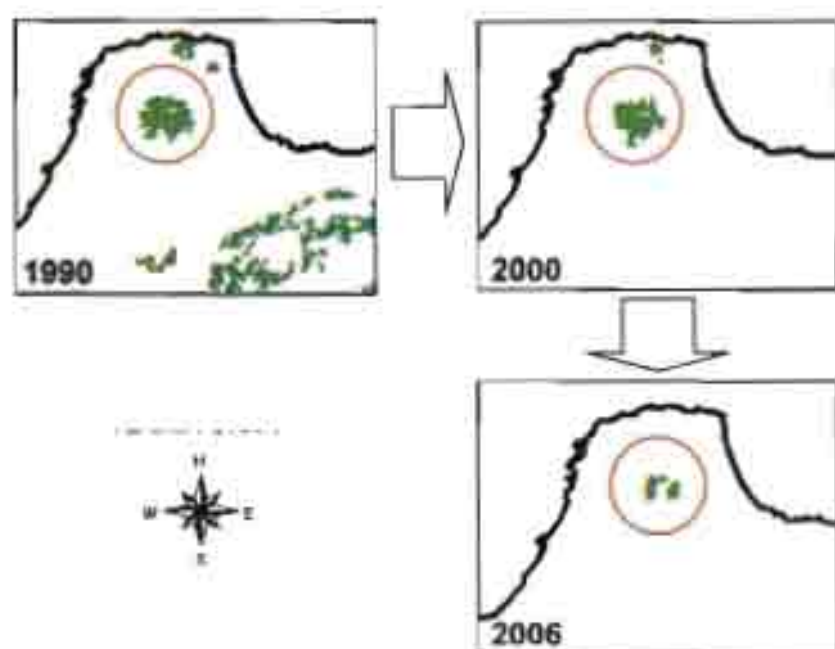
70,21% menjadi 21.708,27 ha dan enam tahun kemudian (tahun 2006) menyusut lagi 46,00%, sehingga menjadi 11.722,02 ha. Hutan alam yang pada tahun 1990 seluas 72.874,62 ha, hanya tersisa 11.722,02 ha atau dalam 16 tahun telah hilang sebanyak 83,91%, dimana sebagian berubah menjadi hutan tanaman seluas 17.374,64 ha dan selebihnya berubah menjadi perkampungan dan lahan pertanian pada tahun 2006. Secara total, vegetasi hutan yang masih *available* untuk satwaliar adalah 29.096,66 ha (hutan alam dan hutan tanaman) atau hanya tersisa 39,93% dari luas hutan pada tahun 1990.

Fragmentasi hutan alam juga terjadi di kawasan Gunung Muria, yang pada tahun 1988 merupakan daerah sebaran macan tutul (Gunawan, 1988). Pada tahun 1990 kawasan ini masih memiliki tutupan hutan alam seluas 13.035,36 ha, tetapi 16 tahun kemudian (tahun 2006) kehilangan 85,50% hutan alamnya dan hanya tersisa 1.891,76 ha. Kawasan Gunung Muria pada tahun 2006 telah didominasi oleh hutan tanaman 11.887,03 ha (83,9%), hutan alam tersisa 13,4% dan selebihnya merupakan perkebunan

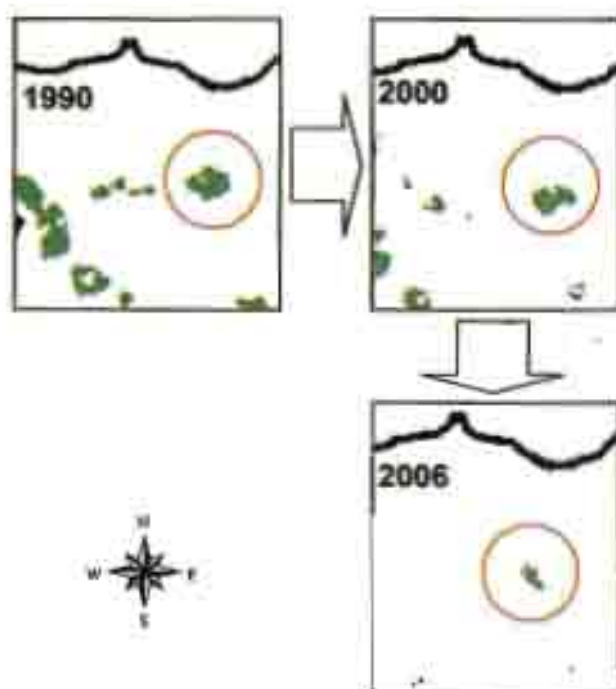
(2,0%) dan lahan pertanian (0,8%). Dengan demikian, pada tahun 2006 hutan yang *available* untuk habitat satwaliar di kawasan Gunung Muria adalah 15.670,55 ha (hutan alam dan hutan tanaman). Dengan perkataan lain masih memungkinkan untuk melestarikan satwaliar macan tutul.

Gunung Ungaran di Kabupaten Semarang juga merupakan salah satu daerah sebaran populasi macan tutul (Gunawan, 1988) dan pada tahun 2008 masih dilaporkan keberadaannya (informasi lisan BKSDA Jateng). Kawasan ini juga mengalami fragmentasi yang cukup signifikan. Pada tahun 1990, hutan alam di kawasan ini masih seluas 5.413,94 ha, pada tahun 2000 berkurang 28,43% menjadi 3.874,79 ha dan pada tahun 2006 tersisa 1.335,77 ha atau dalam kurun 16 tahun Gunung Ungaran telah kehilangan hutan alam seluas 4.078,17 ha (75,33%).

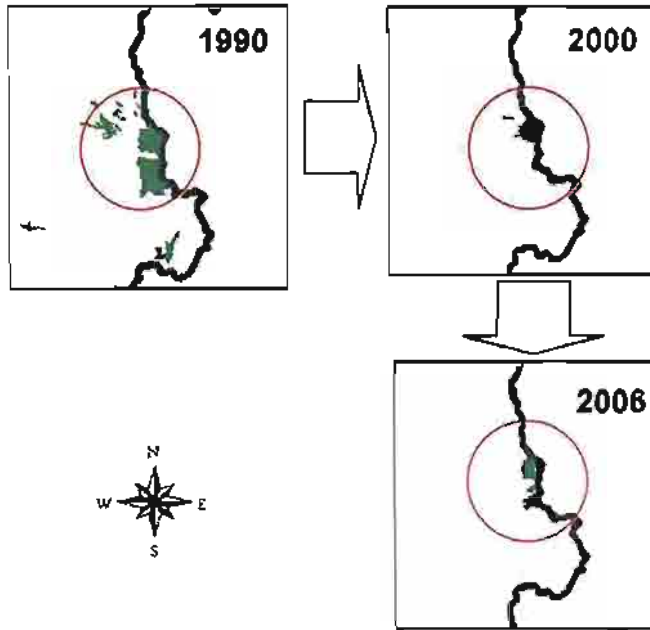
Gunung Lawu di Kabupaten Karanganyar dan Madiun juga mengalami penyusutan hutan alam yang signifikan. Untuk kawasan hutan yang berada di wilayah Kabupaten Karanganyar selama 16 tahun sejak tahun 1990 mengalami kehilangan hutan alam 77,61%. Pada tahun



Gambar (Figure) 8. Proses fragmentasi hutan alam lahan kering di kelompok hutan sekitar Gunung Muria di Kabupaten Kudus, Jepara, dan Pati (Fragmentation process of dryland natural forest in Mount Muria and the surroundings, Districts of Kudus, Jepara, and Pati)



Gambar (Figure) 9. Proses fragmentasi hutan alam lahan kering di kelompok Hutan Gunung Ungaran dan sekitarnya di Kabupaten Semarang (Fragmentation process of dryland natural forest in Mount Ungaran and the surroundings, District of Semarang)



Gambar (Figure) 10. Proses fragmentasi hutan alam lahan kering di kelompok Hutan Gunung Lawu dan sekitarnya di Kabupaten Karanganyar (*Fragmentation process of dryland natural forest in Mount Lawu and the surroundings, District of Karanganyar*)

1990 luas hutan alam di Gunung Lawu wilayah Karanganyar 10.691,39 ha, pada tahun 2000 menyusut 64,25%, sehingga tinggal 3.821,65 ha. Pada tahun 2006 menyusut lagi 37,39% dari tahun 2000, sehingga menjadi 2.393,61 ha.

Fragmentasi telah terjadi di semua hutan alam yang tersisa di gunung-gunung lainnya, seperti Gunung Merapi, Gunung Merbabu, Gunung Sindoro, Gunung Sumbing, Gunung Prahau, dan Gunung Rogojembangan. Gunung-gunung tersebut merupakan daerah sebaran macam tutul di Provinsi Jawa Tengah (Gunawan, 1988). Dengan demikian, keberadaan populasi satwa langka tersebut kini semakin terancam, baik oleh hilangnya habitat maupun akibat isolasi populasi. Dari keempat contoh kasus (Gunung Slamet, Gunung Muria, Gunung Ungaran, dan Gunung Lawu), kehilangan hutan alam rata-rata lebih dari 70%. Kehilangan terbanyak terjadi di Gunung Muria (85,50%) kemudian disusul oleh Gunung Slamet (83,91%), Gunung Lawu (77,51%), dan Gunung Ungaran (75,33%).

C. Dampak Fragmentasi Pada Satwaliar

Ketika hilangnya habitat dan fragmentasi dipandang secara terpisah, hilangnya habitat memiliki konsekuensi lebih signifikan bagi kelangsungan hidup (*viability*) spesies (Haila, 2002; Fahrig, 2003). Namun, karena fragmentasi dan hilangnya habitat terjadi bersamaan, maka sangat sulit untuk menentukan mana yang lebih penting bagi perubahan habitat (Haila, 1999). Namun hal tersebut tidak relevan bagi pengelola satwaliar, karena tidak dapat dihindarkan kita berurusan dengan keduanya ketika melakukan upaya konservasi satwaliar di habitat yang terfragmentasi.

Pada skala *fragment (patch)* hutan individual, hilangnya vegetasi hutan dan fragmentasi dapat memiliki pengaruh luas pada *survival* populasi, interaksi ekologi, dan keanekaragaman hayati (Fahrig & Grez, 1996). Seiring *fragment* hutan mengecil, populasi cenderung lebih rentan untuk punah, karena resiko-resiko demografik, lingkungan atau genetik (Gilpin,

1987; Goodman, 1987). Ketika *fragment-fragment* hutan menjadi terisolasi tanpa adanya ketersambungan di antara mereka, migrasi organisme bisa terhalangi (Kareiva, 1987). *Fragment* hutan yang kecil juga memiliki *ratio edge : interior* yang lebih tinggi. Untuk spesies hutan *interior*, hal ini juga berarti kehilangan habitat lebih luas daripada luas *fragment* sebenarnya yang hilang (Wilcove *et al.*, 1986; Williams-Linera, 1990). Besarnya pengaruh tergantung pada pola kehilangan hutan pada skala lanskap yang akan menentukan jumlah *fragment* yang tersisa, ukurannya, bentuknya, jarak antara *fragment*, dan kondisi *matrix* habitat di sekitarnya (Groom & Schumaker, 1993).

Menurut Wilcove (1987) dalam Morrison *et al.* (1992), ada empat cara fragmentasi dapat menyebabkan kepunahan lokal: (1) spesies mulai keluar dari kantong habitat yang terlindungi, (2) kantong habitat gagal menyediakan habitat, karena pengurangan luas atau hilangnya heterogenitas internal, (3) fragmentasi menciptakan populasi yang lebih kecil dan terisolasi yang memiliki resiko lebih besar terhadap bencana, variabilitas demografik, kemunduran genetik atau disfungsi sosial, dan (4) fragmentasi dapat mengganggu hubungan ekologis yang penting, sehingga dapat menimbulkan sebab sekunder kepunahan dari hilangnya spesies kunci dan pengaruh merugikan dari lingkungan luar dan efek tepi.

Menurut Kupfer *et al.* (2004), ada empat cara primer fragmentasi hutan dapat memengaruhi keanekaragaman hayati, yaitu: (1) pengaruh perwakilan (*sample effect*), (2) pengaruh luas area (*area effect*), (3) pengaruh isolasi (*isolation effect*), dan (4) pengaruh tepi (*edge effect*). Masing-masing pada gilirannya akan berpengaruh pada sebaran populasi, komunitas, dan proses ekosistem. Mekanisme dan proses fragmentasi menghasilkan tiga tipe pengaruh: (1) pengaruh ukuran *patch*, (2) pengaruh tepi (*edge effect*), dan (3) pengaruh isolasi (Fahrig, 2003). Ahli satwaliar harus memperha-

tikan semua, karena ketiganya biasanya terjadi dengan fragmentasi habitat dan masing-masing memerlukan penanganan yang berbeda (Franklin *et al.*, 2002; Fahrig, 2003).

Fragmentasi habitat dapat dipandang dari segi positif dan negatif. Pengaruh positifnya adalah meningkatkan keragaman habitat, menciptakan penajajaran habitat yang bermanfaat, dan meningkatkan *edge* yang disukai spesies satwaliar generalis. Fragmentasi memberikan pengaruh negatif ketika: (1) ada habitat yang hilang; (2) terbentuk kantong habitat lebih kecil yang mendorong pada kepunahan lokal dan isolasi; (3) habitat-habitat tidak lagi bersambungan, khususnya jika fragmentasi disebabkan oleh aktivitas non kehutanan; dan (4) jumlah *edge* meningkat, karena fragmentasi habitat merugikan spesies *interior* (Barnes, 2000).

Untuk kasus di Provinsi Jawa Tengah tampaknya hilangnya habitat lebih berperan bagi kepunahan spesies secara lokal, karena hilangnya habitat tidak saja menyebabkan penurunan total habitat tetapi juga menyebabkan terputusnya penyebaran habitat yang tersisa. Terputusnya kesinambungan habitat tersebut, antara lain disebabkan oleh pembukaan hutan untuk pertanian, pemukiman, dan jaringan listrik. Akibatnya adalah fragmentasi habitat asal yang besar menghasilkan kantong-kantong (*patches*) yang kecil-kecil dan terpisah. Beberapa populasi yang menghuni habitat asal secara total akan menurun ukuran populasinya yang terbagi dalam beberapa populasi. Lebih lanjut, fragmentasi menyebabkan penurunan luas rata-rata kantong-kantong habitat dan membuatnya terisolasi.

Dampak lain dari fragmentasi adalah meningkatnya pengaruh tepi (*edge effect*). Ketika kantong-kantong habitat menyusut akibat fragmentasi, populasi yang menghuninya menjadi lebih rawan terhadap kondisi lingkungan yang merugikan yang tercipta di bagian tepi kantong habitat, misalnya hutan yang dibalok oleh lahan pertanian, maka lingkungan-

nya berubah seperti meningkatnya pencahayaan dan temperatur serta menurunnya kelembaban. Bagi satwa-satwa besar, seperti herbivora dan karnivora menjadi lebih mudah ditemukan dan mudah diburu oleh manusia.

D. Implikasi Pengelolaan

Fragmentasi hutan, khususnya hutan alam di Provinsi Jawa Tengah sudah mencapai tingkat yang sangat mengkhawatirkan dimana dalam 16 tahun terakhir provinsi ini telah kehilangan hutan alaminya seluas 446.561,09 ha atau 88%. Puncak laju deforestasi di Provinsi Jawa Tengah terjadi antara tahun 2000-2005, yaitu seluas 142.560 ha per tahun. Hal ini cukup mengkhawatirkan, bukan saja karena akibatnya yang semakin luas bagi sendi-sendi kehidupan manusia, yaitu meningkatnya frekuensi dan intensitas banjir serta kekeringan tetapi juga mengancam kelestarian keanekaragaman hayati yang juga merupakan penyangga kehidupan manusia.

Ketika hutan alam hilang dan digantikan oleh hutan tanaman, mungkin masih dapat berfungsi sebagai habitat satwaliar meskipun kualitasnya sudah pasti menurun bagi satwa spesialis hutan alam dan spesialis interior hutan. Perkebunan atau pertanian tanaman keras mungkin masih dapat berfungsi sebagai koridor penghubung dua habitat yang terfragmentasi, tetapi pertanian tanaman musiman dan sawah akan menjadi penghalang penjelajahan satwa, khususnya mamalia meskipun bisa saja ditembus pada tempat dan waktu tertentu. Pemukiman dan jalan raya yang ramai dengan lalu lalang kendaraan mungkin tidak dapat dilewati sama sekali oleh satwaliar untuk menyeberang ke kantong habitat di sekitarnya.

Dengan memperhatikan pentingnya keutuhan dan kesinambungan habitat bagi konservasi satwaliar, maka para pengambil keputusan dalam penataan ruang khususnya dan pembangunan pada umumnya harus mempertimbangkan dampak dari

fragmentasi hutan, yang mungkin tidak tampak dalam jangka pendek tetapi memberikan pengaruh yang signifikan dalam jangka panjang. Pengaruh jangka panjang ini yang sering tidak disadari oleh para pengambil keputusan dalam penataan ruang.

Kegiatan pembangunan yang melibatkan kawasan hutan harus benar-benar mempertimbangkan aspek ekologi dalam skala lanskap yang luas dengan memperhatikan kekompakan dan kesinambungan habitat. Dengan perkataan lain, jika ada kegiatan pembangunan yang akan mengakibatkan pemecahan habitat besar menjadi beberapa habitat yang lebih kecil, maka harus dibuat koridor yang menjadi penghubung antar habitat-habitat kecil tersebut dan habitat asal (sebelum terjadi pemecahan).

Pada kenyataannya, saat ini kondisi hutan di Provinsi Jawa Tengah telah banyak terfragmentasi dan *fragment-fragment (patches)* hutan tersebut banyak yang tidak saling terhubung atau terpisahkan oleh fitur yang sulit dilewati oleh satwaliar ketika berpindah dari satu *fragment* ke *fragment* lainnya. Dengan perkataan lain, populasi satwa di *fragment-fragment* tersebut menjadi terisolasi, sehingga terancam kepunahan melalui proses *inbreeding*. Untuk mencegah dampak lebih jauh terhadap kepunahan satwaliar akibat fragmentasi, maka *fragment-fragment* hutan tersebut harus dihubungkan dengan koridor.

Koridor penghubung antar *fragment* hutan dapat berbentuk vegetasi di sempadan sungai dan sempadan pantai; vegetasi hutan tanaman misalnya *Tectona grandis*, *Pinus merkusii*, *Agathis alba*, dan *Swietenia mahagoni*, vegetasi perkebunan misalnya karet (*Hevea brasiliensis*) dan tanaman keras lainnya. Untuk koridor satwa kecil menyeberangi jalan dapat berupa gorong-gorong atau jembatan penyeberangan yang dibuat sedemikian rupa, sehingga terlihat alami. Koridor dapat merupakan lahan milik negara, lahan milik swasta (seperti perke-

bunan), dan lahan milik rakyat yang disewa atau dibeli khusus untuk koridor.

Apabila koridor tidak mungkin dibuat, maka agar terjadi pertukaran genetik antar populasi yang terisolasi dapat dilakukan dengan cara translokasi, dimana satwa yang akan dipertukarkan ditangkap untuk kemudian dipindahkan ke lokasi tujuan. Namun, untuk satwa yang bersifat teritorial, hal ini akan menimbulkan masalah karena penghuni lama bisa melakukan penolakan, sehingga terjadi perkelahian yang menyebabkan kematian atau salah satu individu yang kalah akan ke luar ke lahan pertanian atau kampung terdekat dan menjadi gangguan bagi manusia.

Translokasi bagi satwa yang bersifat teritorial sangat dimungkinkan jika individu-individu satwa dari populasi yang telah melewati daya dukung dipindahkan ke lokasi habitat yang tidak berpenghuni spesies yang sama. Hal ini tentunya setelah dilakukan studi kelayakannya, yaitu studi kesesuaian habitat dan daya dukung habitat.

Untuk *fragment-fragment* habitat kecil, sehingga memiliki daya dukung rendah terhadap populasi yang ada, memiliki interior yang kecil serta memiliki pengaruh tepi (*edge effect*) yang besar, maka dapat dibuat zona perluasan habitat atau zona penyangga di sekitarnya. Zona perluasan habitat atau zona penyangga dapat merupakan kawasan hutan negara atau lahan milik rakyat yang dibeli. Prinsipnya, zona perluasan habitat atau zona penyangga ini dapat berfungsi menjadi penyangga agar satwa di dalam *fragment* hutan tersebut tidak ke luar ke kebun atau perkampungan di sekitarnya dan zona tersebut dapat menambah luas ruang habitat dan memperkaya keanekaragaman habitat serta meningkatkan kualitas habitat bagi satwaliar.

Mengingat hutan alam telah jauh berkurang dan terfragmentasi, maka hutan tanaman yang dikelola oleh Perum Perhutani memiliki peran yang menentukan untuk *survival* satwaliar. Hutan Perum Per-

hutani ini berperan menjadi habitat alternatif, perluasan habitat, koridor atau penyangga habitat bagi satwaliar yang sebelumnya merupakan penghuni hutan alam. Mengingat pentingnya peranan hutan tanaman Perum Perhutani ini, maka pengelolaannya perlu memperhatikan aspek ekologi dalam skala lanskap yang luas, terutama dalam pengaturan rotasi pennebaran dan pengaturan tumpangsari, sehingga tidak sampai menyebabkan fragmentasi temporal serta menurunkan kualitas dan kuantitas habitat satwaliar langka.

IV. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

A. Kesimpulan

Fragmentasi hutan alam lahan kering di Provinsi Jawa Tengah dalam 16 tahun terakhir sudah sampai tingkat yang mengkhawatirkan. Disamping kehilangan luas, hutan alam lahan kering yang tersisa pun telah terpecah-pecah menjadi *fragment-fragment* hutan yang kecil dan terisolasi satu sama lain. Selama 16 tahun (1990-2006) Provinsi Jawa Tengah telah kehilangan hutan alam lahan kering seluas 446.561,09 ha atau 88%. Sisa-sisa hutan alam lahan kering umumnya ada di puncak-puncak gunung yang sulit diakses oleh aktivitas manusia.

Fragmentasi hutan alam lahan kering di Jawa Tengah yang terjadi antara tahun 1990 sampai 2000 telah menyebabkan peningkatan *Total Edge* (TE) dari 42,43 km menjadi 133,88 km. Dari tahun 2000-2006, seiring dengan hilangnya *fragment-fragment* hutan (proses *attrition*) TE menurun menjadi 8,75 km. *Edge Density* (ED) hutan alam lahan kering di Provinsi Jawa Tengah juga mengalami peningkatan dari tahun 1990-2000 yaitu dari 151.061,8 m² menjadi 473.200,6 m². *Edge density* kembali menurun seiring hilangnya beberapa *fragment* hutan menjadi 31.076,6 m² pada tahun 2006.

Fragmentasi hutan alam lahan kering di Provinsi Jawa Tengah umumnya disebabkan oleh konversi menjadi lahan pertanian, hutan tanaman, perkebunan, pemukiman, dan pembangunan infrastruktur, seperti jalan arteri, jalan tol serta jaringan listrik tegangan tinggi (SUTET).

B. Rekomendasi

1. Fragmentasi hutan di Provinsi Jawa Tengah harus dihentikan.
2. Penataan ruang harus memperhatikan bukan saja proporsi luas hutan tetapi juga kekompakan dan konektivitas antar kelompok hutan.
3. Perlu adanya upaya membuat konektivitas berupa koridor hutan antar kelompok hutan yang berdekatan yang di dalamnya terdapat satwaliar terancam punah.
4. *Fragment-fragment* hutan alam yang tersisa di puncak-puncak gunung perlu dibuatkan hutan penyangga di sekelilingnya untuk mencegah perambahan ke arah puncak dan sebagai perluasan habitat populasi satwa yang tersisa.
5. Pihak pengelola hutan produksi harus memperhatikan aspek konektivitas dan kekompakan hutan dalam pengaturan rotasi penebangan.
6. Apabila harus dilakukan konversi atau perubahan peruntukan kawasan hutan untuk penggunaan lain, maka harus diusahakan agar tidak menyebabkan fragmentasi.
7. Mengingat hutan produksi telah menggantikan hutan-hutan alam dalam menyediakan habitat satwa, maka pihak pengelola hutan produksi harus memberi perhatian kepada jenis-jenis satwaliar langka, dilindungi, endemik dan terancam punah yang ada di wilayahnya, antara lain dengan menetapkan kawasan-kawasan khusus untuk perlindungan satwa.
8. Fragmentasi hutan yang disebabkan oleh aktivitas *illegal* perlu segera dihentikan kembali melalui berbagai pendekatan sesuai dengan permasalahannya, misalnya dengan melibatkan masyarakat.
9. Perlu penelitian lebih lanjut untuk mengetahui dampak fragmentasi pada skala yang lebih kecil, misalnya dampak terhadap *survival* jenis satwa tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Ario, A., S. Sunarto, and J. Sanderson. 2008. *Panthera pardus* ssp. *melas*. In: IUCN 2008. 2008 IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org. Diakses tanggal 13 Januari 2009.
- Barnes, T.G. 2000. *Landscape Ecology and Ecosystems Management*. Cooperative Extension Services, University of Kentucky, College of Agriculture, UK. <http://www.ca.uky.edu>. Diakses tanggal 24 Februari 2007.
- Departemen Kehutanan. 2007. *Data Strategis Kehutanan*. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Dunning J.B., B.J. Danielson, and H.R. Pulliam. 1992. Ecological processes that affect populations in complex landscapes. *Oikos* 65: 169-175.
- Elkie, P.C., R.S. Rempel, and A.P. Carr. 1999. *Patch Analyst User's Manual*. Ontario Ministry of Natural Resources, Northwest Science & Technology. Thunder Bay, Ontario. 22p.
- ESRI. 1998. *ArcView GIS*. ESRI Press. Redlands, California. 572p.
- Fahrig, L. and A.A. Grez 1996. Population spatial structure, human-caused landscape changes and species survival. *Revista Chilena de Historia Natural* 69: 5-13.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Reviews of Ecology and Systematics* 34: 487-515.
- Forman, R.T.T. 1995. *Land Mosaics: the Ecology of Landscapes and Regions*.

- Cambridge University Press, Cambridge. 632p.
- Forman, R.T.T. and M. Godron. 1986. Landscape Ecology. John Wiley & Sons, New York. 619p.
- Franklin, A.B., B.R. Noon, and T.L. George. 2002. What Is Habitat Fragmentation? Studies in Avian Biology No. 25: 20-29. <http://www.humboldt.edu/tlg2/publications/!what%20is%20habitat%20fragmentation.Pdf>. Diakses tanggal 11 Mei 2007.
- Gilpin, M.E. 1987. Spatial Structure and Population Vulnerability. In: M.E. Soulé (ed), Viable Population for Conservation. Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 125-139.
- Goodman, D. 1987. Consideration of stochastic demography in the design and management of biological reserves. Natural Resources Modelling 1: 205-234.
- Groom, M.J. and N. Schumaker. 1993. Evaluating Landscape Change: Pattern of Worldwide Deforestation and Local Fragmentation. In: P.M. Kareiva, J.G. Kingsolver, and R.B. Huey (Eds.). Biotic Interactions and Global Change. Sinauer, Sunderland, Massachusetts. Pp. 24-44.
- Gunawan, H. 1988. Studi Karakteristik Habitat dan Daerah Penyebaran Macan Tutul (*Panthera pardus melas* Cuvier, 1809) di Jawa Tengah dan Yogyakarta. Jurusan Konservasi Sumberdaya Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Skripsi S1, Tidak dipublikasikan.
- Haila, Y. 1999. Islands and Fragments. In: M.L. Hunter, Jr. (Ed.). Maintaining Biodiversity in Forest Ecosystems. Cambridge University Press, New York. Pp. 234-64.
- Haila, Y. 2002. A Conceptual genealogy of fragmentation research: from island biogeography to landscape ecology. Ecological Applications 12: 321-334.
- Harris, L.D. 1984. The Fragmented Forest: Island Biogeographic Theory and the Preservation of Biotic Diversity. University of Chicago Press, Chicago. 211p.
- <http://www.everythingbio.com/glos/definition.php?word=fragmentation>. Fragmentation. Fragmentation. Diakses Tanggal 10 Desember 2009.
- Hunter, M. L., Jr. 1997. The Biological Landscape. In: K.A. Kohm and J. Franklin (Eds.). Creating a Forestry for the 21st Century. Island Press, Washington. Pp. 57-67.
- Kareiva, P. 1987. Habitat fragmentation and the stability of predator prey interactions. Nature 326: 388-390.
- Kupfer, J.A., G.P. Malanson, and S.B. Franklin. 2004. Identifying the Biodiversity Research Needs Related to Forest Fragmentation. A Report Prepared for the National Commission on Science for Sustainable Forestry. Washington, D.C. 218p.
- MacArthur, R.H. and E.O. Wilson. 1967. The Theory of Island Biogeography. Princeton University Press, Princeton. 203p.
- McGarigal, K. and B.J. Marks. 1995. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland. 122 p.
- Morrison, M.L., B.G. Marcot, and R.W. Mannan. 1992. Wildlife-Habitat Relationships. The University of Wisconsin, Madison. 343p.
- Perum Perhutani. 2006. Statistik Perum Perhutani Tahun 2001-2005. Direksi Perum Perhutani. Jakarta.
- Rusak, H. and C. Dobson. 2007. Forest Fragmentation. www.ontarionature.org. Diakses tanggal 26 Februari 2007.
- Saunders, D., R.J. Hobbs, and C.R. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation:

- a Review. *Conservation Biology* 5: 18-32.
- Turner, M.G. 1989. Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual Review of Ecological Systems* 20: 171-197.
- Urban, D.L., R.V. O'Neill, and H.H. Shugart, Jr. 1987. Landscape ecology: a hierarchical perspective can help scientist understand spatial patterns. *BioScience* 37: 119-127.
- Wiens, J.A. 1989a. Spatial scaling in ecology. *Functional Ecology* 3: 385-397.
- Wiens, J.A. 1989b. The Ecology of Bird Communities Volume 2: Processes and Variations. Cambridge University Press, Cambridge. 316p.
- Wilcove, D.S., C.H. McLellan, and A.P. Dobson. 1986. Habitat Fragmentation in the Temperate Zone. *In*: M.E. Soule (Ed.). *Conservation Biology*. Sinauer Associates, Sunderland. Pp. 237-256.
- Williams-Linera, G. 1990. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges. *Journal of Ecology* 78: 356-373.