

**PEMODELAN KESESUAIAN HABITAT ORANGUTAN KALIMANTAN
(*Pongo pygmaeus pygmaeus* Linn, 1760) DI KORIDOR SATWA KAPUAS HULU
KALIMANTAN BARAT
(*Habitat Suitability Models Of Bornean Orangutan (Pongo pygmaeus pygmaeus* Linn,
1760) In Wildlife Corridor, Kapuas Hulu, West Kalimantan)**

Hari Prayogo¹, Thohari², Achmad Machmud², Solihin³, Dedy Duryadi³, Prasetyo⁴,
Lilik Budi⁴, Sugardjito⁵ dan/and Jito⁵

¹Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura Pontianak, Indonesia

²Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan IPB,
Kampus Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

³Departemen Biologi, FMIPA IPB

⁴Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata, Fakultas Kehutanan IPB,
Kampus Dramaga, Bogor 16680, Indonesia

⁵Fakultas Biologi, Universitas Nasional

*Tanggal diterima : 6 November 2014; Tanggal direvisi : 7 Maret 2016; Tanggal disetujui : 5 Desember 2016

ABSTRACT

Kapuas Hulu, as conservation districts, established regional wildlife corridor that connected Betung Kerihun and Danau Sentarum National Park as a Strategic Area District which highlight aspects of the environment. This wildlife corridor holds a prominent role in the movement of animals, especially orangutans of both national parks. This research was conducted to identify the impact of land use policies on the distribution of orangutans in the corridor. Although it has been designated as a wildlife corridor, many land conversion disconnecting wildlife corridors such as road construction, large-scale plantations development, land clearing for settlement, cultivation, and deforestation. However, the two national parks still offers a secure place for orangutans. A remote sensing technology was used to map the distribution and habitat suitability for the orangutan in the wildlife corridor. Seven parameters were observed to study the habitat of orangutans. The results revealed that the habitat suitability level of wildlife corridor was 49.94%, 46.61% and 3.46% for high, moderate and low level of suitability respectively. The results were supported by validation of 32.29% and 67.71% for moderate and high suitability respectively.

Key words : Corridor, habitat, orangutan, wildlife suitability

ABSTRAK

Kabupaten Kapuas Hulu sebagai kabupaten konservasi telah menetapkan daerah koridor satwa yang menghubungkan Taman Nasional Betung Kerihun dan Taman Nasional Danau Sentarum sebagai Kawasan Strategis Kabupaten yang menonjolkan aspek lingkungan. Koridor satwa ini memiliki peranan yang penting bagi pergerakan satwa terutama orangutan dari kedua taman nasional ini. Studi ini dilakukan untuk memahami dampak tata guna lahan terhadap sebaran orangutan, di koridor satwa. Pembukaan jalan, perkebunan skala besar, pembukaan lahan untuk pemukiman, perladangan serta penebangan hutan telah menjadi penyebab terputusnya habitat orangutan. Wilayah yang masih aman sebagai habitat orangutan adalah di dalam kawasan taman nasional. Penelitian ini dilakukan menggunakan teknologi penginderaan jarak jauh untuk memetakan sebaran dan kesesuaian habitat orangutan di kawasan koridor satwa. Tujuh parameter habitat orangutan digunakan dalam analisis spasial kesesuaian habitat. Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa kawasan koridor memiliki tingkat kesesuaian habitat yang tinggi sebesar 49.94%, tingkat kesesuaian sedang sebesar 46.61% dan kesesuaian yang rendah sebesar 3.46%. dan hasil ini ditunjang dengan besaran nilai validasi untuk kelas kesesuaian sedang sebesar 32.29% dan kelas kesesuaian tinggi sebesar 67.71%.

Kata kunci : Habitat, kesesuaian, koridor, orangutan, satwa

I. PENDAHULUAN

Perubahan fungsi lahan terus terjadi di hutan tropis Indonesia, tidak terkecuali kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat. Banyak kawasan hutan dijadikan

daerah pemukiman, perladangan, perkebunan skala besar, dan jalan (Sukaryadi *et al.*, 2011). Alih fungsi lahan di Kalimantan banyak menimbulkan kehilangan habitat bagi orangutan, jika pada tahun 1985 luas wilayah hutan di

Kalimantan sebesar 73,7% dari luas daratan, maka secara perlahan terjadi perubahan menjadi 57,5% pada tahun 2000, sedangkan pada tahun 2010 menjadi 44.4% dan pada tahun 2020 perkiraan luas kawasan hutan yang masih tersisa seluas 32.6% (WWF, 2005). Hal ini berpengaruh besar terhadap keanekaragaman flora dan fauna, karena hutan merupakan habitat tempat hidupnya. Kapuas Hulu merupakan kabupaten konservasi berdasarkan SK Bupati Nomor 144/2003. Di kabupaten ini terdapat dua taman nasional yaitu Betung Kerihun (TNBK) dan Danau Sentarum (TNDS). Kedua taman nasional dihubungkan oleh sungai Leboyan yang mengalir dari TNBK menuju TNDS. Pemerintah setempat telah menjadikan kawasan ini sebagai koridor satwa bahkan sebagai Kawasan Strategis Kabupaten.

Salah satu elemen penting dalam biologi konservasi adalah menentukan secara tepat sebaran suatu jenis satwa terancam punah pada suatu daerah (Chefaoui & Lobo, 2007). Banyak faktor yang mempengaruhi sebaran satwa sehingga diperlukan banyak data untuk pengelolaannya. Tanpa informasi yang komprehensif seperti data habitat dan distribusi suatu jenis satwa yang menjadi prioritas, pengelolaan kawasan menjadi tidak efektif (Tole, 2006). Pengelolaan yang terintegrasi dapat berperan penting dalam konservasi jenis terancam punah seperti orangutan (Brufford *et al.*, 2005), misalnya untuk restorasi habitat, reintroduksi, analisis viabilitas populasi dan habitat serta penanganan konflik dengan manusia. Salah satu pendekatan yang sering digunakan adalah pemodelan spasial kesesuaian habitat (Hirzel *et al.*, 2004; Larson *et al.*, 2003; Long *et al.*, 2008).

Sistem informasi geografis dikombinasikan dengan penghitungan multivariat digunakan untuk menentukan kesesuaian habitat dan memungkinkan pengelola untuk membuat peta distribusi potensial suatu jenis terancam punah seperti orangutan (Hirzel *et al.*, 2004; Guisan &

Zimmermann, 2000; Chefaoui 2005). Long *et al.* (2008) menggunakan teknologi citra landsat untuk mengukur populasi dan status satwa yang terancam punah di Madagaskar, sedangkan Engler *et al.* (2004) menggunakan hasil suatu model kesesuaian habitat untuk jenis satwa yang menjadi target konservasi, Wich *et al.* (2012b) menggunakan model kesesuaian habitat secara global untuk orangutan di Kalimantan.

Pada penelitian ini jenis satwa yang menjadi target adalah orangutan Kalimantan subspecies *Pongo pygmaeus pygmaeus* yang telah masuk kategori endangered (IUCN, 2013; Ancrenaz *et al.*, 2008). Orangutan merupakan salah satu kera besar yang masih bertahan di wilayah Asia Tenggara (Zhi *et al.*, 1996; Bacon & Long, 2001). Saat ini hanya di jumpai di Pulau Sumatera dan Kalimantan (Nijman & Meijaard, 2008; Warren *et al.*, 2001; Locke *et al.*, 2011; Gossen *et al.*, 2008), dan populasinya terus mengalami penurunan yang signifikan (Rijksen & Meijaard 1999; Singleton *et al.*, 2004; Wich *et al.*, 2008). Jumlah populasi orangutan di seluruh Kalimantan (*P. pygmaeus*) diperkirakan sekitar 54.000 pada tahun 2008 dan untuk subspecies *P. Pygmaeus pygmaeus* diperkirakan tinggal 3.000–4.500 individu (Ancrenaz *et al.*, 2008).

Sebaran subspecies ini adalah di utara sungai Kapuas, terutama di TNBK dan TNDS. Penelitian ini difokuskan di daerah koridor satwa yang menghubungkan kedua taman nasional tersebut. Dengan adanya koridor satwa diharapkan dapat mengakomodir pergerakan satwa terutama orangutan dari kedua taman nasional tersebut, sehingga tidak terjadi isolasi di masing-masing kawasan taman nasional. Dengan mempertimbangkan uraian di atas maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kesesuaian habitat bagi orangutan koridor satwa yang menghubungkan TNBK dan TNDS. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran spasial dan kesesuaian habitat

orangutan Kalimantan di daerah koridor satwa.

II. BAHAN DAN METODE

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di koridor penghubung antara TNBK dan TNDS (Gambar 1), kawasan ini terletak di bagian utara Sungai Kapuas Kabupaten Kapuas Hulu Kalimantan Barat. Penelitian dilakukan antara Maret 2011-Desember 2012.

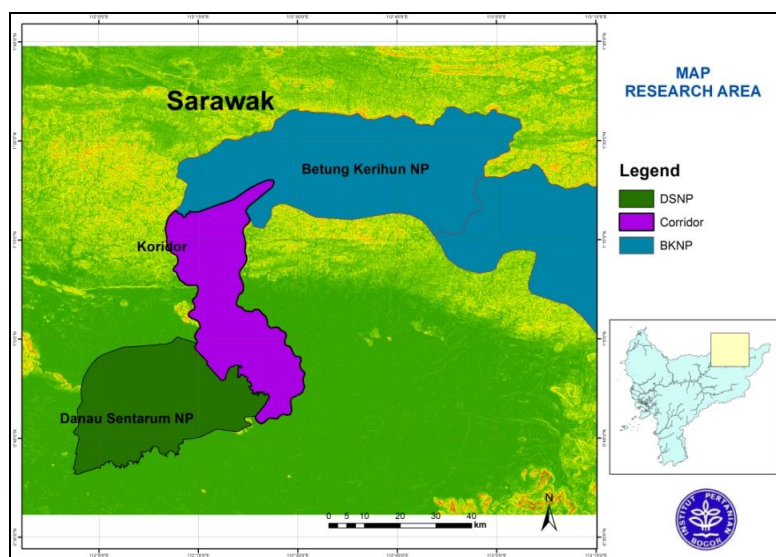
B. Pengumpulan Data

Data sebaran orangutan dikumpulkan berdasarkan perjumpaan langsung dan sarang orangutan (sebagian data diperoleh dari WWF Kalimantan Barat). Pencarian sarang dilakukan secara *purposive* berdasarkan informasi dari masyarakat dan petugas taman nasional. Jejak berupa sarang lebih mudah dijumpai karena orangutan membuat sarang setiap hari (Wich *et al.*, 2012a). Pemilihan lokasi dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi sungai dan lokasi penelitian, sehingga bisa dianggap mewakili daerah penelitian. Temuan sarang serta tanda-tanda keberadaan orangutan (jejak) ditandai (*marking*) dan

dicatat koordinatnya menggunakan GPS. Kondisi habitat secara umum, letak jalan, sungai, desa yang berdekatan dengan lokasi penelitian juga dicatat.

C. Pemetaan Sebaran Orangutan

Data untuk membuat kesesuaian habitat dikumpulkan dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dengan mencatat keberadaan orangutan, jejak dan sarang orangutan. Data sekunder diperoleh dari literatur, peta digital dan informasi dari informan. Data lain yang digunakan yaitu letak pemukiman di sekitar lokasi penelitian, jaringan jalan, sungai, dan kondisi lahan di dalam dan sekitar lokasi penelitian. Data dikelompokkan sesuai dengan fungsinya, untuk membangun peta sebaran orangutan dan kesesuaian habitat digunakan data titik koordinat (GPS point) tempat ditemukannya orangutan atau jejak/sarang, peta dasar tematik kehutanan dari Badan Planologi Kehutanan, Peta Tata Batas Kawasan Taman Nasional Danau Sentarum dan Betung Kerihun, peta SRTM, dan Citra landsat 8ETM path 120 row 059. Pengolahan data dilakukan menggunakan software Microsoft Excell 2003, software ArcGIS versi 9.3. dan Erdas Imagine 9.1.



Gambar (Figure) 1. Peta lokasi penelitian di koridor satwa, Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat (Research area map in wildlife corridor, Kapuas Hulu District, West Kalimantan)

Untuk kesesuaian habitat parameter yang digunakan yaitu (1). Jarak dari pemukiman (letak pemukiman berdasarkan peta sebaran desa di Kalimantan Barat), (2). Jarak dari jalan raya (jaringan jalan berdasarkan peta jaringan jalan Kalimantan Barat), (3). Jarak dari sungai besar (sungai besar adalah sungai yang memiliki lebar > 20 meter dan tidak ada tajuk yang saling bersambungan), (4). Jarak dari sungai kecil (sungai yang memiliki lebar < 20 meter dan memiliki banyak tajuk saling bersambungan atau bebatuan dangkal yang menghubungkan satu sisi dengan sisi lain), (5). Kemiringan lereng, (6). Ketinggian, dan (7). Penutupan Lahan yang diperoleh dari nilai *Normalization Difference Vegetation Index* (NDVI). Pembobotan dilakukan menggunakan data hasil penelitian dan berdasarkan parameter tersebut.

1. Pembuatan peta (NDVI)

Peta NDVI digunakan untuk mengetahui Kerapatan vegetasi yang diperoleh melalui metode pengukuran dan pemetaan warna hijau vegetasi. Nilai NDVI diukur melalui citra dengan mengambil band (saluran gelombang cahaya) warna merah (R = red light), dan infra merah (IR = Infra Red). Citra landsat tersebut kemudian dianalisis dengan menggunakan software *Erdas imagine* 9.1.

2. PCA

PCA digunakan untuk mengetahui faktor yang paling berpengaruh terhadap distribusi orangutan kalimantan, berdasarkan titik distribusi orangutan kalimantan yang ditemukan pada masing-masing *layer*. Adapun titik yang digunakan untuk pembangunan model yaitu 70% dari titik keseluruhan yang ditemukan di lapang, dan sisanya 30% digunakan sebagai validasi. Dari hasil tersebut selanjutnya dapat ditentukan bobot dari masing-masing faktor yang mempengaruhi habitat orangutan kalimantan. Analisis dilakukan dengan soft-

ware Minitab 16. Hasil PCA yang digunakan untuk menentukan bobot masing-masing faktor habitat dan untuk analisis spasial dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y = aFK1 + bFk2 + cFk3 + dFk4 + eFk5 + fFk6 + gFk7$$

Keterangan :

Y = Total nilai kesesuaian habitat

a-f = Nilai bobot setiap variabel

Fk1 = Faktor jarak dari sungai besar

FK2 = Faktor dari sungai kecil

Fk3 = Faktor jarak dari jalan

Fk4 = Faktor jarak dari pemukiman

Fk5 = Faktor NDVI

Fk6 = Faktor kemiringan lereng (slope)

Fk7 = Faktor ketinggian (elevasi)

Sedangkan untuk melihat hubungan antar parameter di lokasi penelitian digunakan uji korelasi yang selanjutnya akan didapat nilai koefisien korelasi (r).

D. Analisis Spasial

Dalam melakukan analisis spasial, beberapa faktor digunakan meliputi titik sebaran orangutan yang dilihat berdasar jarak dari sungai, jarak dari jaringan jalan dan jarak dari desa serta besaran nilai NDVI. Metode analisis yang digunakan yaitu metode *overlay*, pembagian kelas (*class*), pembobotan (*weighting*) dan pengharkatan (*scoring*) Pembobotan didasarkan atas nilai kepentingan atau kesesuaian bagi habitat orangutan kalimantan. Pemberian bobot terdiri atas 3 nilai, nilai tertinggi menunjukkan faktor habitat yang paling sesuai, nilai di bawahnya menunjukkan faktor habitat yang berpengaruh sedang dan nilai terendah menunjukkan faktor habitat yang kurang berpengaruh (pengaruh rendah).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kesesuaian Habitat Berdasarkan Jarak dari Pemukiman

Pemukiman yang berada di daerah koridor satwa didominasi oleh suku

Dayak. Secara tradisional masyarakat di wilayah ini memiliki kebiasaan berburu, meramu, dan membuka lahan untuk ditanami padi. Hal ini sangat berpengaruh terhadap kondisi habitat dan sebaran orangutan di daerah koridor.

Pada Tabel 1 nampak bahwa sarang orangutan lebih banyak dijumpai pada jarak > 3.000 m dari pemukiman. Jarak ini kelihatannya bukan merupakan jarak ideal bagi masyarakat untuk berburu, sehingga jarak ini merupakan jarak yang relatif lebih aman bagi orangutan. Sebaliknya, pada jarak 0–3.000 m dari pemukiman hanya dijumpai 51 (11.43%) sarang orangutan. Masyarakat lokal sudah terbiasa melakukan perburuan di dekat rumahnya. Biasanya mereka menangkap satwa apa saja yang dijumpai di daerah perburuan bahkan terkadang mereka juga akan menangkap orangutan. Orangutan merupakan jenis primata yang sangat sensitif terhadap perburuan (Soemarna *et al.*, 1995) dan gangguan. Dari peta terungkap bahwa daerah yang merupakan pusat persebaran suku-suku pemburu ini tidak dijumpai adanya orangutan di wilayah mereka tinggal (Bugo, 1995).

B. Kesesuaian Habitat Orangutan Berdasarkan Jarak dari Jalan

Variabel lain yang berpengaruh yaitu jalan, karena menjadi akses untuk transportasi dan perburuan satwa. Jaringan jalan juga menjadi faktor yang memutuskan jalur pergerakan satwa termasuk orangutan.

Sebagai jalur transportasi, jalan raya memberi pengaruh ke lingkungan berupa suara yang berisik dari kendaraan, sebagai akses penebangan liar, perburuan satwa dan membuka hutan untuk dijadikan ladang, sehingga jalur jalan ini serupa dengan kelas jarak untuk pemukiman yaitu pada jarak 0–3000 m sangat jarang dijumpai adanya jejak/sarang orangutan hanya ada 18 sarang (dengan kepadatan sekitar 0.0006/ha dan 0.0007/ha). Orangutan merasa aman pada jarak kelas lebih dari 3000 meter dari pinggir jalan dengan kepadatan lebih dari 0.9/ha. Pada saat marak *illegal logging*, hutan di sekitar jalan yang merupakan daerah penelitian juga menjadi sasaran penebangan yang menyebabkan perubahan habitat (luas dan kualitasnya) dan pola jelajah sehingga membuat orangutan tergusur dan pindah menjauhi lokasi penebangan untuk mempertahankan keberlangsungan hidupnya (Meijaard *et al.*, 2001).

C. Kesesuaian Habitat Orangutan Berdasarkan Jarak dari Sungai Besar

Sungai Leboyan merupakan sungai utama yang menghubungkan TNBK dan TNDS. Sungai ini berhulu di TNBK mengalir melalui kawasan koridor dan bermuara di TNDS.

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa sebagian kecil sebaran sarang orangutan berada di dekat sungai besar yaitu pada kelas jarak 0–5.000 m. (n=3 sarang) dengan kepadatan dari jarak terdekat

Tabel (Table) 1. Sebaran sarang dan luas daerah penelitian berdasarkan kelas jarak dari kampung
(Distribution of nest and area by distance from settlement)

No.	Kelas (m) (Class (m))	Jumlah sarang (Nest (n))	%	Luas (Area)	%	Kepadatan/ha (Density/ha)
1	0-1.000	5	1.12	7889.85	6.98	0.0006
2	1.000-3.000	46	10.31	21539.25	19.07	0.0021
3	3.000-5.000	244	54.71	24010.92	21.25	0.0102
4	5.000-7.000	114	25.56	18432.09	16.32	0.0062
5	>7.000	37	8.30	41103.09	36.38	0.0009
Jumlah (Total)		446	100	112975.2	100	

Tabel (Table) 2. Sebaran sarang dan luas daerah penelitian berdasarkan kelas jarak dari jalan (*Distribution of nest and area by distance from road*)

No.	Kelas (m) Class (m)	Jumlah sarang (Nest (n))	%	Luas (Area)	%	Kepadatan/ha (Density/ha)
1	0-1.000	7	1.57	11555.73	10.23	0.0006
2	1.000-3.000	11	2.47	14919.66	13.21	0.0007
3	3.000-5.000	114	25.56	12122.37	10.73	0.0094
4	5.000-7.000	144	32.29	11851.29	10.49	0.0122
5	>7.000	170	38.12	62526.15	55.35	0.0027
Jumlah (Total)		446	100	112975.2	100	

sebesar 0.008/ha, 0.0002/ha dan 0.00016/ha, setelah itu pada jarak yang lebih jauh lagi sebaran sarang orangutan lebih banyak (> 90%), dengan kepadatan sebesar 0.0022/ha dan 0.005/ha. Hal ini menunjukkan bahwa orangutan merasa tidak aman jika berada di dekat sungai besar. Sungai besar merupakan salah satu jalur transportasi bagi masyarakat sehingga banyak dilalui oleh perahu bermesin yang menimbulkan suara berisik dan tidak disukai oleh orangutan. Selain itu menjadi akses untuk berburu. Di Sumatera dan Kalimantan, orangutan lebih umum terdapat di dekat sungai-sungai kecil dan dekat rawa-rawa; kepadatan tertinggi di petak-petak hutan (*alluvial*) kecil di lembah-lembah sungai dan di hutan-hutan gambut (pasang surut) dekat rawa-rawa atau di antara sungai-sungai (Meijaard *et al.*, 2001).

D. Kesesuaian Habitat Orangutan Berdasarkan Jarak Dari Sungai Kecil

Kalimantan sering dijuluki dengan sebutan pulau dengan seribu sungai, karena banyaknya sungai besar dan kecil. Demikian juga dengan daerah penelitian yang banyak dijumpai sungai. Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa sebaran sarang tertinggi berada pada selang 0–4.000 m dari tepi sungai kecil sebesar 88.79%. Sungai kecil umumnya dikelilingi vegetasi dengan tajuk yang saling bersambungan, dangkal atau memiliki bebatuan sebagai tempat menyeberang orangutan (Meijaard *et al.*, 2001). Vegetasinya memiliki keanekaragaman jenis tumbuhan buah yang tinggi yang dapat

meningkatkan kemungkinan musim buah yang terputus-putus, dan frekuensi produksi buah bergantung pada kesuburan tanah dan ketersediaan air. Kondisi yang mendukung pohon untuk sering berbuah dalam waktu yang terputus-putus ditemukan juga di daerah alluvial termasuk rawa-rawa (Leighton & Leighton, 1983; van Schaik *et al.*, 1995) atau lembah-lembah sungai yang lebar (Meijaard *et al.*, 2001).

E. Kesesuaian Habitat Orangutan Berdasarkan Kemiringan Lereng

Orangutan lebih menyukai daerah landai karena jika berada di daerah kemiringan yang tinggi maka akan memerlukan energi yang lebih banyak untuk pergerakan hariannya. Pada Tabel 5 dapat dilihat bahwa sebaran sarang banyak dijumpai di daerah dengan kemiringan kurang dari 40%, di mana pada kemiringan 0-8% dijumpai 148 sarang (33.18%) dengan kepadatan 0.148/ha. Telah diketahui bahwa kepadatan orangutan di daerah hutan pebukitan tinggi adalah rendah yaitu < 1 ind/km², kondisi ini juga berlaku untuk hutan yang telah terbuka atau hutan yang dalam kondisi rusak parah (Rijksen & Meijaard, 1999; Ancrenaz *et al.*, 2004). Di Kalimantan, orangutan tersebar hampir di seluruh pulau, kecuali di daerah yang bergunung tinggi dan dataran rendah yang banyak dihuni manusia (Rijksen & Meijaard, 1999). Di daerah koridor satwa untuk daerah bukit dengan kemiringan > 40% hanya dijumpai 15 sarang (3.36%) dengan kepadatan 0.025/ha.

Tabel (Table) 3. Sebaran sarang dan luas daerah penelitian berdasarkan kelas jarak dari sungai besar
(Distribution of nest and area by distance from large river)

No.	Kelas (m) Class (m)	Jumlah sarang (Nest (n))	%	Luas (Area)	%	Kepadatan/ha (Density/ha)
1	0-1.000	1	0.22	124.83	0.11	0.0080
2	1.000-3.000	1	0.22	5139	4.59	0.0002
3	3.000-5.000	1	0.22	11404.35	10.09	0.0001
4	5.000-7.000	29	6.50	13114.17	11.69	0.0022
5	>7.000	414	92.83	83192.85	73.64	0.0050
Jumlah (Total)		446	100	112975.2	100	

Tabel (Table) 4. Sebaran sarang dan luas daerah penelitian berdasarkan kelas jarak dari sungai kecil
(Distribution of nest and area by distance from small river)

No.	Kelas (m) (Class (m))	Jumlah sarang (Nest (n))	%	Luas (Area)	%	Kepadatan/ha (Density/ha)
1	0-2.000	125	28.03	48161.88	42.63	0.0026
2	2.000-4.000	271	60.76	33550.47	29.70	0.0081
3	4.000-6.000	49	10.99	24460.38	21.65	0.0020
4	6.000-8.000	1	0.22	6789.24	6.01	0.0001
5	>8.000	0	0	13.23	0.01	0.0000
Jumlah (Total)		446	100	112975.2	100	

Tabel (Table) 5. Sebaran sarang dan luas daerah penelitian berdasarkan kelas jarak kemiringan lereng
(Distribution of nest and area by distance from slope)

No.	Kelas (%) (Class (%))	Jumlah sarang (Nest (n))	%	Luas (Area)	%	Kepadatan/ha (Density/ha)
1	0-8	148	33.18	57454.47	50.86	0.0026
2	8-15	71	15.92	10404.9	9.21	0.0068
3	15-25	79	17.71	15459.7	13.68	0.0051
4	25-40	133	29.82	21844.62	19.34	0.0061
5	>40	15	3.36	7811.501	6.91	0.0019
Jumlah (Total)		446	100	112975.2	100	

F. Kesesuaian Habitat Orangutan Berdasarkan Ketinggian

Jika dilihat berdasarkan ketinggian maka dari hasil penelitian diketahui bahwa sarang orangutan hanya dijumpai pada ketinggian antara 0-500 m dpl. dan terungkap bahwa orangutan lebih menyukai daerah hutan dengan ketinggian antara 0-300 m dpl., dengan jumlah sarang yang dijumpai sebanyak 407 sarang (91.26%) dengan kepadatan 0.005/ha (Tabel 6). Temuan ini juga sama dengan hasil penelitian lain yang menyebutkan bahwa orangutan di Kalimantan memiliki penyebaran di hutan dengan ketinggian < 500 m dpl (Groves, 2001; Sugardjito & van Schaik, 1991). Selanjutnya menurut Payne (1987), van Schaik *et al.* (1995) orangutan lebih menyukai

hidup didataran rendah dan kepadatan tertinggi adalah antara ketinggian 200-400 m dpl. Dari hasil ini juga diketahui bahwa tidak dijumpai satupun jejak atau sarang orangutan pada ketinggian lebih dari 500 m dpl.

G. Kesesuaian Habitat Orangutan Berdasarkan Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

Indeks vegetasi adalah indeks yang menggambarkan tingkat kehijauan suatu tanaman dan merupakan kombinasi matematis antara band merah dan band NIR (*Near-Infrared Radiation*) yang telah lama digunakan sebagai indikator keberadaan dan kondisi vegetasi (Lillesand *et al.*, 2004). Citra Landsat 8 TM rekaman tanggal 27 Juni dan 4 Juli

Tabel (Table) 6. Sebaran sarang dan luas daerah penelitian berdasarkan kelas jarak berdasarkan ketinggian (*Distribution of nest and area by distance from slope*)

No.	Kelas (m dpl) (Class (m asl))	Jumlah sarang (Nest (n))	%	Luas (Area)	%	Kepadatan/ha (Density/ha)
1	0-300	407	91.26	81682.65	72.30	0.0050
2	300-400	28	6.28	21037.83	18.62	0.0013
3	400-500	11	2.47	6855.794	6.07	0.0016
4	500-750	0	0	3389.609	3.00	0.0000
5	>750	0	0	9.307464	0.01	0.0000
Jumlah (Total)		446	100	112975.2	100	

Tabel (Table) 7. Sebaran sarang dan luas wilayah penelitian berdasarkan pembagian daerah NDVI (*Distribution of nest and area by distance from NDVI*)

No.	Kelas NDVI (Class NDVI)	Jumlah sarang (Nest (n))	%	Luas (Area)	%	Kepadatan/ha (Density/ha)
1	< 0	0	0	326.79	0.29	0.0000
2	0 - 0.3	1	0.22	6402.58	5.67	0.0002
3	0.3 - 0.4	116	26.01	48101.48	42.58	0.0024
4	0.4 - 0.5	302	67.71	55518.21	49.14	0.0054
5	> 0.5	27	6.05	2626.2	2.32	0.0103
Jumlah (Total)		446	100	112975.2	100	

2013 menunjukkan bahwa bagian yang telah terbuka tampak di daerah sekitar pemukiman di daerah koridor satwa. Di daerah ini hampir semua masyarakat membuka lahan hutan untuk dibuat menjadi pemukiman dan lahan pertanian.

Pada Tabel 7, tampak bahwa nilai NDVI cukup bervariasi, di mana nilai <0 merupakan daerah badan air, sebaran sarang tertinggi berada pada kelas 0.3-0.4 dengan jumlah sarang 116 (26.01%) dan pada kelas 0.4-0.5 dengan jumlah sarang 302 (67.71%) dengan kepadatan sarang masing-masing 0.0024/ha dan 0.0054/ha. Daerah pada kelas ini merupakan daerah belukar, hutan sekunder muda, dan hutan sekunder tua. Di daerah ini kelimpahan sumber pakan cukup tinggi terutama berupa buah dan daun ataupun umbut tanaman dari kelompok palem-paleman. Nilai yang > 0.5 merupakan daerah semak dan sebagian merupakan daerah perkebunan, nilainya besar karena pada wilayah ini proses fotosintesa memang lebih tinggi dibandingkan dengan hutan sekunder atau hutan primer yang telah mencapai klimaks. Pada daerah dengan kepadatan sarang tinggi, kondisi vegetasi umumnya baik dan memiliki keanekaragaman jenis tumbuhan buah yang cukup tinggi, sehingga orangutan lebih banyak dijumpai di wilayah ini.

H. Analisis Data Model Kesesuaian Habitat Orangutan

Pembuatan model dilakukan dengan menggunakan analisis komponen utama (*Principle Component Analysis*), berdasarkan hasil analisis dari 7 komponen utama diperoleh 3 komponen utama dengan keragaman total disajikan pada Tabel 8. Komponen utama yang dapat digunakan dan mewakili yaitu komponen utama ketiga dengan nilai kumulatif keragaman 78,4%. Nilai keragaman kumulatif tersebut telah dianggap mewakili total keragaman data yang ada, karena keragaman kumulatifnya terletak diantara 70%-80% (Timm, 2002).

Hasil analisis tersebut (nilai total dari akar ciri) kemudian digunakan untuk menentukan bobot masing-masing variabel. Keeratan hubungan antara ketujuh variabel kesesuaian habitat orangutan dengan komponen utama seperti disajikan pada Tabel 8. Bobot masing-masing variabel untuk mendapatkan model kesesuaian habitat orangutan diperoleh dari nilai vektor ciri PCA masing-masing variabel yang mempunyai nilai positif tertinggi terhadap komponen utama yang dihasilkan.

Tabel (Table) 8. Total keragaman komponen utama (*Total diversity of principal component*)

Komponen (Component)	Akar ciri (Root of traits)		
	Total (Total)	Keragaman (%) (Diversity (%))	Kumulatif keragaman (%) (Diversity cumulative (%))
1	2.7214	38.9	38.9
2	1.7005	24.3	63.2
3	1.0635	15.2	78.4

Tabel 9. menunjukkan bahwa variabel kampung, sungai kecil, ketinggian dan kemiringan mempunyai hubungan positif yang tinggi terhadap komponen utama pertama. Sedangkan variabel sungai besar, jalan dan NDVI mempunyai hubungan positif yang tinggi terhadap komponen kedua, dan tidak ada variabel yang masuk ke dalam komponen ketiga.

Berdasarkan hasil penghitungan dengan menggunakan Minitab 16 untuk masing-masing variable, maka dapat disusun persamaan untuk model kesesuaian habitat orangutan di TNBK, koridor dan TNDS sebagai berikut:

$$Y = 1.7005 \text{ sb} + 2.7214 \text{ kmp} + 2.7214 \text{ sk} + 1.7005 \text{ jln} + 2.7214 \text{ elev} + 2.7214 \text{ slope} + 1.7005 \text{ ndvi}$$

Persamaan di atas menunjukkan bahwa jarak dari kampung, sungai kecil, ketinggian (slope) dan kemiringan lereng (elevasi) mempunyai koefisien (bobot) yang paling tinggi diantara variabel yang lain, kemudian disusul oleh variabel sungai besar, jalan, dan NDVI memiliki

koefisien (bobot) tertinggi kedua, dan tidak dijumpai adanya variable yang masuk kedalam koefisien ketiga. Sehingga hanya ada dua koefisien yang digunakan dalam perhitungan ini.

I. Kesesuaian Habitat bagi Orangutan

Berdasarkan persamaan atau model kesesuaian yang diperoleh, didapatkan nilai maksimum sebesar 79.936 dan nilai minimum 29.93. Kemudian dilakukan penghitungan selisih dari nilai maksimum dan minimum. Nilai selisih tadi selanjutnya dibagi 3 untuk mendapatkan nilai untuk 3 selang berbeda yaitu selang terkecil untuk kesesuaian terendah, dilanjutkan dengan kesesuaian sedang dan untuk selang terbesar digunakan untuk menentukan kesesuaian yang tinggi. Hasil pembagian selang diuraikan pada Tabel 10.

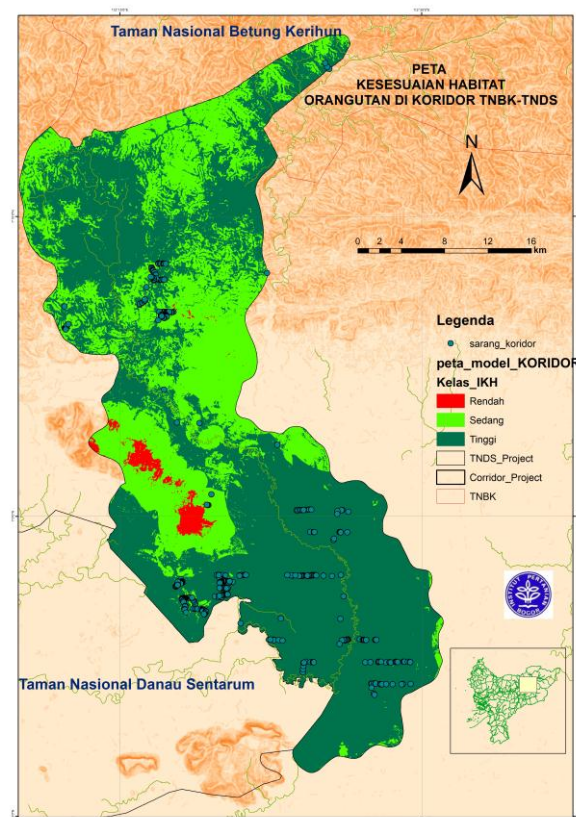
$$\text{Selang} = \frac{79.94 - 29.93}{3} = 16.67$$

 Tabel (Table) 9. Koefisien tiap variable kesesuaian habitat orangutan (*P. p. pygmaeus*) (*Coefficient of each habitat suitability variable of orangutan (P. p. pygmaeus)*)

No.	Variabel (Variable)	Nilai bobot (Weight)		
		PCA1	PCA2	PCA3
1	Sungai besar (sb) (<i>large river</i>)	-	0.439	-
2	Kampung (kmp) (<i>settlement</i>)	0.257	-	-
3	Sungai kecil (sk) (<i>small river</i>)	0.187	-	-
4	Jalan (jln) (<i>road</i>)	-	0.193	-
5	ketinggian (elev) (<i>elevation</i>)	0.397	-	-
6	Kemiringan (slope)	0.505	-	-
7	NDVI (<i>Normalized Difference Vegetation Index</i>)	-	0.406	-

Peta kesesuaian habitat orangutan disajikan pada Gambar 2. Tingkat kesesuaian terendah adalah yang terletak di sekitar pemukiman yaitu sebesar 3.46%. Tingkat kesesuaian sedang sebesar 46.61%, tersebar di bagian tengah dan utara koridor, di bagian tengah ada akses jalan sehingga tidak terlalu banyak dijumpai sarang orangutan di bagian utara daerahnya sudah berbukit-bukit. Tingkat kesesuaian yang tinggi sebesar 49.94%, sebagian besar tersebar di bagian selatan koridor yang merupakan daerah berawa gambut yang tidak ada penduduknya, dan sebagian lagi tersebar di bagian utara yang berbukit dan lembah serta cukup sulit untuk dijangkau oleh masyarakat. Marshall *et al.* (2006) menyebutkan bahwa orangutan lebih menyukai hutan rawa gambut dibandingkan dengan hutan kering atau karst, dan hutan rawa gambut secara konsisten menyediakan sumber pakan bagi orangutan seperti buah-buahan dibanding hutan kering (Cannon *et al.*, 2007).

Daerah bagian selatan berbatasan langsung dengan TNDS yang sebagian besar merupakan daerah danau dan rawa, daerah ini sangat penting sebagai habitat orangutan karena orangutan dapat bergerak dari dan ke TNDS tanpa ada pembatas. Untuk di bagian utara berbatasan dengan TNBK sehingga menjadi habitat penting untuk orangutan yang bergerak dari dan ke TNBK. Dengan demikian koridor satwa ini menjadi daerah yang penting karena menjadi wilayah pergerakan bagi orangutan atau satwa lainnya yang berasal dari TNBK ke TNDS atau sebaliknya. Adanya koridor satwa ini akan menjamin adanya aliran gen di TNBK dan TNDS. Adanya koridor satwa ini membuka isolasi sehingga tidak ada inbreeding yang melemahkan gen yang dimiliki orangutan yang dapat mengurangi kekuatan tubuhnya terhadap perubahan lingkungan dan mengurangi tingkat kepunahan secara lokal.



Gambar (Figure) 2. Peta kesesuaian habitat untuk orangutan di koridor satwa (*Habitat Suitability Map of orangutan in wildlife corridor*)

Tabel (Table) 10. Nilai indeks kesesuaian habitat dan luas habitat untuk orangutan di koridor satwa (*Habitat suitability index value of orangutan in wildlife corridor*)

No.	Selang (Range)	Kategori (Category)	Luas (ha) (Wide (ha))	%	Klasifikasi kesesuaian (Suitability classification)
1	29.93 - 46.60	IKH1	3,907.57	3.46	Rendah
2	46.60 - 63.27	IKH2	52,653.03	46.61	Sedang
3	63.27 - 79.94	IKH3	56,414.60	49.94	Tinggi
			112,975.2	100	Grand total

J. Validasi

Tahap validasi sangat penting dalam menilai ketepatan prediksi. Hal ini dicapai dengan menguji distribusi potensi jenis yang diwakili oleh model kesesuaian habitat terhadap hasil pengamatan di lapangan (Ottaviani *et al.*, 2004). Validasi dilakukan untuk menguji model yang telah dibuat dengan menggunakan data yang telah disiapkan untuk validasi, dalam hal ini digunakan sebanyak 223 titik hasil pengamatan. Validasi dilakukan dengan menggunakan peta model kesesuaian habitat orangutan dan titik validasi dan kedua komponen ini selanjutnya dioverlay. Persentase tingkat validasi rendah yaitu 0% dan sedang sebesar 32.29%.

Jika dijumlahkan antara tingkat kesesuaian sedang dan tinggi maka jumlahnya adalah sekitar 93.633%, artinya

dari model yang dibuat menunjukkan lokasi penelitian merupakan daerah yang sesuai sebagai habitat orangutan.

Dari data korelasi di atas dengan $\alpha=0.05$ diketahui adanya hubungan yang sedang dengan kisaran nilai r antara 0,26-0,50 misalnya antara kampung dengan sungai besar terhadap sebaran sarang orangutan, korelasi lainnya antara kampung dengan jalan, kelerengan dengan sungai kecil, sungai kecil dengan ketinggian, NDVI dengan sungai besar, jalan dengan slope, jalan dengan ketinggian, jalan dengan NDVI. Hanya terdapat satu hubungan yang sangat kuat dengan nilai r sebesar 0.985 yaitu antara slope dan ketinggian terhadap sebaran sarang orangutan. Sedangkan arah hubungan adalah positif karena nilai r positif artinya jika nilai slope tinggi maka nilai ketinggian juga akan tinggi.

Tabel (Table) 11. Hasil validasi model kesesuaian habitat orangutan di koridor satwa (*Validation result obtained from habitat suitability model of orangutan in wildlife corridor*)

No.	Kelas kesesuaian (Suitability classification)	Jumlah titik (Total points)	%
1	Rendah	0	0
2	Sedang	72	32.29
3	Tinggi	151	67.71
		223	100

Tabel (Table) 12. Hasil Uji Korelasi antar parameter (*Results Correlation between parameters*)

	Kampung	Sungai Kecil	Sungai Besar	Jalan	Slope	Ketinggian
Sungai Kecil	-0.219 0.000					
Sungai Besar	0.336 0.000	-0.088 0.034				
Jalan	0.459 0.000	-0.204 0.000	-0.207 0.000			
Slope	0.292 0.000	0.323 0.000	0.156 0.000	-0.345 0.000		
Ketinggian	0.288 0.000	0.317 0.000	0.154 0.000	-0.340 0.000	0.985 0.000	
NDVI	-0.116 0.005	0.200 0.000	0.498 0.000	-0.325 0.000	0.108 0.009	0.094 0.024

K. Implikasi Manajemen

Dilihat dari parameter yang telah ditetapkan maka tampak bahwa orangutan yang diwakili oleh temuan sarang dipengaruhi oleh aktivitas manusia, seperti pemukiman, akses jalan dan sungai besar. Semakin dekat suatu wilayah dengan ketiga parameter ini maka akan semakin sedikit dijumpai sarang orangutan, sebaliknya semakin jauh maka akan semakin banyak dijumpai sarang orangutan.

Berbeda dengan tiga parameter sebelumnya, sebaran sarang orangutan lebih banyak dijumpai di daerah dekat sungai kecil, kemiringan lahan yang landai dan ketinggian dari permukaan laut yang rendah (antara 0-500 m dpl) serta daerah yang memiliki nilai NDVI antara 0,3-0,5. Nilai NDVI ini menunjukkan wilayah hutan yang masih bagus dan heterogen. Orangutan banyak dijumpai di daerah ini karena banyak dijumpai vegetasi sebagai sumber pakan, daerah yang landai memudahkan pergerakan dalam berpindah tempat untuk mencari makan.

Dari hasil tersebut maka wilayah yang baik sebagai habitat orangutan adalah daerah yang jauh dari pemukiman, akses jalan dan sungai besar, serta terletak di dekat sungai kecil, kemiringan yang landai dan ketinggian yang rendah serta hutan heterogen yang masih bagus. Dengan demikian hasil ini dapat membantu pengelola untuk mengkonservasi wilayah yang termasuk kedalam parameter seperti di atas, dan dapat menjadikannya sebagai daerah relokasi atau translokasi orangutan.

Sesuai dengan hasil analisis di atas maka wilayah koridor merupakan salah satu wilayah penting sebagai habitat atau pergerakan orangutan yang berasal dari TNBK dan TNDS. Seluruh parameter yang ditetapkan telah terpenuhi untuk daerah ini. Ketiga daerah ini menjadi salah satu benteng terakhir untuk populasi orangutan subspesies *Pongo pygmaeus pygmaeus* yang jumlah populasinya paling sedikit.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Koridor satwa merupakan bagian penting habitat orangutan dan menjadi media pergerakan orangutan dari Taman Nasional Betung Kerihun dan Taman Nasional Danau Sentarum. Wilayah ini merupakan salah satu kawasan yang tersisa sebagai habitat orangutan subspesies *P. p. pygmaeus* sehingga kawasan ini menjadi kawasan penting bagi kelestarian orangutan.

Daerah dataran rendah dengan kemiringan yang landai serta tidak jauh dari daerah sungai kecil atau rawa menjadi wilayah yang sangat sesuai sebagai habitat orangutan.

Dari hasil penelitian sebagian besar wilayah penelitian termasuk habitat dengan kesesuaian yang tinggi (49.94%) dan kesesuaian sedang (46.61%). Dari hasil validasi model yang dibuat diperoleh nilai 100% yang merupakan gabungan dari kelas kesesuaian sedang dan tinggi, artinya kawasan ini sangat sesuai sebagai habitat bagi orangutan.

B. Saran

Untuk memperkuat daya dukung dan pergerakan orangutan sebaiknya:

Di beberapa tempat yang telah terpotong oleh jalan raya dibuatkan koridor atau semacam *canopy bridge* yang menghubungkan habitat di kiri dan kanan jalan.

Di wilayah yang telah terfragmentasi dilakukan rehabilitasi lahan (*restorasi habitat*) dengan tanaman yang menjadi sumber pakan bagi orangutan.

Wilayah ini walaupun sudah dijadikan wilayah Kawasan Strategis Kabupaten Kapuas Hulu dari sudut kepentingan lingkungan, maka statusnya akan lebih kuat lagi jika pihak berwenang dalam hal ini Kementerian Kehutanan juga mengeluarkan surat ketetapan perlindungan terhadap kawasan koridor satwa ini, karena dari hasil penelitian menunjukkan tingkat kesesuaian habitat yang tinggi bagi orangutan.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Dikti atas Beasiswa BPPS yang telah diberikan selama mengikuti perkuliahan di IPB, rekan-rekan di WWF Kalimantan Barat (Albertus Tjiu, Dewi, Hermayani, Zulkifli), Peter Widmann dari Kataala Foundation Philipina, dan rekan-rekan di Laboratorium Analisis Lingkungan (Irham, Ardhie, Reza dkk) DKSHE Fahutan IPB, serta rekan-rekan di Laboratorium Biologi Molekuler PPSHB IPB.

DAFTAR PUSTAKA

- Allouche O., Steinitz O., Rotem D., Rosenfeld A., & Kadmon R. (2008). Incorporating distance constraints into species distribution models. *Journal of Applied Ecology*, 45(2), 599–609 doi:10.1111/j.1365-2664.2007.01445.x
- Ancrenaz M., Marshall A., Goossens B., van Schaik C. P., Sugardjito J., Gumal M., & Wich S. (2008). *Pongo pygmaeus*. IUCN, 2013
- Bacon A. M., & Long V. T. (2001). The first discovery of a complete skeleton of a fossil orangutan in a cave of Hao Binh province. *Journal of Human Evolution*, 41, 227-242.
- Brufford M. W., Ancrenaz M., Chikhi L., Lackman-Ancrenaz I., Andau M, Ambu M., & Gossens B. (2005). Projecting genetic diversity and population viability for the Fragmented orang-utan population in the Kinabatangan floodplain, Sabah, Malaysia, *Endangered Species Research*, 12, 249-261, doi:10.3354/esr00295.
- Bugo, H. (1995). The significance of the timber industry in the economic and social development of Sarawak, In: *Ecology Conservation and Management of Southeast Asian Rainforests*. Primarck RB, Lovejoy TE editors. New Haven: Yale U.P. Pp.221-240.
- Cannon C. H., Curran L. M., Marshall A. J., & Leighton M. (2007). Beyond mast-fruiting events: Community asynchrony and individual dormancy dominate woody plant reproductive behavior across seven Bornean forest types. *Current Science*, 93(11), 1558-66.
- Chefaoui R. M., Hortal J., & Lobo J. M. (2005). Potential distribution modelling, niche characterization and conservation status assessment using GIS tools: a case study of Iberian Copris species *Biology Conservation* 122(2), 327-338 doi:10.1016/j.biocon.2004.08.005.
- Chefaoui R. M., & Lobo J. M. (2007). Assessing the conservation status of an Iberian moth using pseudo-absences. *The Journal of Wildlife Management*, 8, 2507-2516.
- Engler R., Guisan A., & Rechsteiner L. (2004). An improved approach for predicting the distribution of rare and endangered species from occurrence and pseudo-absence data. *Journal of Applied Ecology*, 41, 263-274.
- Gossens B., Chikhi L., Jalil M. F., James S., Ancrenaz M., Lackman-Ancrenaz I., & Bruford M. W. (2008). Taxonomy, Geographic Variation and Population Genetics of Bornean and Sumatran Orangutans. In: *Wich SA, SS Utami, TM Setia, CPP van Schaik. 2010. Orangutans: Geographic Variation in Behavioral Ecology and Conservation*. Oxford University Press. Pp 1-31.
- Groves C. (2001). *Primate Taxonomy*, Washington, DC.: Smithsonian Institution Press.
- Guisan A., & Zimmermann N. E. (2000). Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 135, 147-186.
- Hirzel A. H., Posse B., Oggier P.A., Crettenand Y., Glenz C., & Arlettaz R. (2004). Ecological requirements of reintroduced species and the implications for release policy: the case of the bearded vulture. *Journal of Applied Ecology* 41, 1103-1116.
- IUCN (2013). IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. <www.iucnredlist.org> download on 22 October 2013.
- Larson A. M., Dijak W. D., Thompson F. R., & Millsaugh J. J. (2003). Landscape-level Habitat Suitability Models For Twelve Wildlife Species In Southern Missouri. Gen. Tech. Rep. NC-233. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Research Station. 51 p.
- Leighton M., & Leighton D. R. (1983). Vertebrate responses to fruiting seasonality within a Bornean rain forest. In: Sutton SL, Whitmore TC, Chadwick AC. editors. *Tropical Rain Forest: Ecology and Management*. Blackwell Scientific Publishers, Oxford, 181-196.
- Lillesand TM, RW Kiefer, Chipman. (2004). Remote sensing & image interpretation. 6th-ed.
- Locke D. P., et al. (2011). Comparative and Demographic Analysis of Orangutan Genomes. *Nature* Vol. 469:529-533. Doi:10.1038/nature09687.

- Long P. R., Zefania S., French-Constant R. H., & Szekely T. (2008). Estimating the population size of an endangered shorebird, the Madagascar plover, using a habitat suitability model. *Animal Conservation*, 11, 118-127. doi:10.1111/j.1469-1795.2008.00157.x
- Marshall A. J., Nardiyono, Engstrom L.M., Pamungkas B., Palapa J., Meijaard E., & Stanley S., A. (2006). The blowgun is mightier than the chainsaw in determining population density of Bornean orangutans (*Pongo pygmaeus morio*) in the forests of East Kalimantan. *Biological Conservation*, 129, 566-78.
- Meijaard E., Rijksen H. D., & Kartikasari S. N. (2001). Di Ambang Kepunahan!, Kondisi Orangutan Liar di Awal Abad ke-21. The Gibbon Foundation Indonesia. Jakarta.
- Nijman V., & Meijaard E. (2008). Zoogeography of Southeast Asian Primates, *Contributions to Zoology*, 77(2), 117-126.
- Ottaviani D., Lasinio G. J., & Boitani L. (2004). Two statistical methods to validate habitat suitability models using presence-only data. *Ecological Modelling* 179, 417-443. doi:10.1016/j.ecolmodel.2004.05.016.
- Payne J. (1987). Surveying orangutan populations by counting nests from a helicopter: A pilot survey in Sabah. *Primate Conservation*, 8, 92-103.
- Rijksen H. D., & Meijaard E. (1999). Our Vanishing Relative: The status of Wild Orang-utans at the close the Twentieth Century. Dordrecht. Kluwer Academic Publisher.
- Singleton I., Wich S., Husson S., Stephens S., Atmoko S. U., Leighton M., Byers, O. editors. (2004). Orangutan Population and Habitat Viability Assessment: Final Report. IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group, Apple Valley, MN.
- Soemarna, K., Ramono W. S., & Tilson R. (1995). Introduction to the orangutan population and habitat viability analysis (PHVA) workshop. In: The Neglected Ape. Nadler RD *et al.* editors. New York. H. Pp 81-83.
- Sugardjito J., & van Schaick C. P. (1991). Orangutans: Current population status, threats and conservation measures. In: Proceedings of the Great Apes Conference (Jakarta, Pangkalanbun), Jakarta, Desember 18-22, Pp. 142-145.
- Sukaryadi, Ramdani D., Sardana A., Hernawati J., Yogi Dharma N. G. G., Nugroho A. E., & Aliyah N. (2011). Potret Hutan Provinsi Kalimantan Barat, Kementrian Kehutanan, Direktorat Jenderal Planologi Kehutanan, Balai Pemantapan Kawasan Hutan Wilayah III Pontianak.
- Timm N. H. (2002). Applied Multivariate Analysis, Springer_Verlag New York, Inc.
- Tole L. (2006). Choosing reserve sites probabilistically: A Colombian Amazon case study. *Ecological modelling*, 194, 344-356. doi:10.1016/j.ecolmodel.2005.10.027
- van Schaik C. P., Azwar M. S., & Priatna D. (1995). Population estimates and habitat preferences of the orang-utan based on line transects of nests. In: Nadler RD, Galdikas BMF, Sheeran LK, Rosen N. editors. *The Neglected Ape. New York and London*. Plenum Press,. Pp 129-147.
- Warren K. S., Verschoor E. J., Langenhuijzen S., Heriyanto, Swan R. A., Vigilant L., & Heeney J. L. (2001) Speciation and intraspecific variation of Bornean orangutans, *Pongo pygmaeus pygmaeus*. *Molecular Biology Evolution*, 18, 472-480
- Wich S. A., Meijaard E., Marshall A. J., Huson S., Ancrenaz M., Robert C. L., Singleton I. (2008). Distribution and conservation status of the orang-utan (*Pongo spp*) on Borneo and Sumatra: how many remain? *Oryx*, 43(3), 329-339.
- Wich, S. A., Krützen M., Lameira A. R., Nater A., Arora N., Bastian M. L., van Schaik C. P. (2012a). Call Cultures in Orang-Utans? *PLoS ONE*, 7(5), e36180. doi:10.1371/journal.pone.0036180.
- Wich S. A., Gaveau D., Abram N., Ancrenaz M., Baccini A., Brend S., Meijaard E. (2012b). Understanding the Impacts of Land-Use Policies on a Threatened Species: Is There a Future for the Bornean Orang-utan? *PLoS ONE*, 7(11), 1-10.
- WWF (2005). Borneo's Lost World: Newly Discovered Species on Borneo; written by Pio D. and D'Cruz R. (ed) for WWF.
- Zhi L., Karesh W. B., Janczewski D. N., Frazier-Taylor H., Sajuthi D., Gombek F, O'Brien S. J. (1996). Genomic Differentiation Among Natural Population of Orangutan (*Pongo pygmaeus*).