

Jurnal Ilmu Kehutanan

Journal of Forest Science
<https://jurnal.ugm.ac.id/jikfkt>



Respon Komunitas Burung terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) Kamojang, Bandung, Jawa Barat

Response of Bird Community to Kamojang Geothermal Power Plant, Bandung, West Java

Diyah Kartikasari^{1*}, Satyawan Pudyatmoko², Novianto Bambang Wawandono³, & Pri Utami⁴

¹Balai Konservasi Sumber Daya Alam Jawa Tengah, Jl. Dr. Suratmo 171, Semarang

*Email: kartikasariadiyah@gmail.com

² Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada Jl. Agro No. 1, Bulaksumur, Depok, Sleman 55281

³ Pusdiklat SDM Kementerian Lingkungan dan Kehutanan Jl. Mayjen Ishak Juarsa, Gunung Batu 141 Bogor

⁴ Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Jl. Grafika No 2, Sleman, 55284

HASIL PENELITIAN

Riwayat Naskah :

Naskah masuk (*received*): 31 Juli 2017

Diterima (*accepted*): 25 Januari 2018

KEYWORDS

bird community
geothermal
Kamojang
nature reserve
threatened species

ABSTRACT

This study aimed to investigate the response of bird communities on the presence of geothermal power plant of Kamojang. We compared the bird diversity and richness of affected (DL) and not affected (TL) in Kamojang Geothermal Working Area, Kamojang Nature Reserve and Kamojang Nature Park in Bandung regency of West Java Province. The affected sites were surrounding production wells or geothermal power plants (30 samples) whereas not affected sites were with distance of 3,000 m to 9,000 m from those facilities (42 samples). The data collection was carried out during two seasons; dry and rainy season in (2015-2016). In each site, we collected bird community data and habitat data with the point count method which was placed systematically on each sites. We found 124 birds species belongs to 35 families with 16 endemic species in Java Island. Twenty three species are protected by Indonesian law, with nine species are in the CITES appendix list and five species are listed in the IUCN Red List of Threatened Species of 2017. There was a difference of responses between bird communities in the affected and not affected sites which is indicated by differences in the mean number of species, number of individuals in each species, and Shannon-Wiener's diversity index. The not affected sites had higher value on these parameters than the affected sites. Similarly, number of species, number of individual vegetation, and Shannon-Wiener biodiversity index in TL sites had higher mean values than DL sites. This proves that although geothermal is considered as environmentally friendly energy but in its utilization it still has an impact on the surrounding biodiversity especially for bird species.

KATA KUNCI

komunitas burung
panas bumi
Kamojang
cagar alam
spesies terancam

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon komunitas burung terhadap keberadaan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Kamojang. Kami membandingkan keanekaragaman dan kekayaan jenis burung pada lokasi yang terdampak (DL) dan tidak terdampak (TL) di Wilayah Kerja Panas Bumi Kamojang, Cagar Alam Kamojang dan Taman Wisata Alam Kamojang di Kabupaten Bandung Provinsi Jawa Barat. Lokasi yang terdampak berada di sekitar sumur produksi atau pembangkit listrik tenaga panas bumi (30 sampel) sedangkan lokasi yang tidak terdampak adalah dengan jarak 3.000 m sampai 9.000 m dari fasilitas tersebut (42 sampel). Pengumpulan data dilakukan selama dua musim; musim kemarau dan penghujan (2015-2016). Kami mengumpulkan data komunitas burung dan data habitat dengan metode *point count* yang ditempatkan secara sistematis di setiap lokasi. Kami menemukan 124 spesies burung yang terdiri dari 35 famili dan 16 spesies di antaranya adalah burung endemik di Pulau Jawa. Dua puluh tiga spesies dilindungi oleh undang-undang di Indonesia, sembilan spesies termasuk dalam daftar lampiran CITES dan lima spesies masuk dalam Daftar Merah Spesies Terancam IUCN tahun 2017. Terdapat perbedaan respon antara komunitas burung di lokasi terdampak dan tidak terdampak yang ditunjukkan dengan perbedaan rata-rata jumlah spesies, jumlah individu masing-masing spesies, indeks keanekaragaman Shannon-Wiener. Lokasi tidak terdampak memiliki nilai lebih tinggi pada parameter ini dibanding lokasi yang terkena dampak. Demikian juga, jumlah spesies, jumlah individu vegetasi dan indeks keanekaragaman hayati Shannon-Wiener pada lokasi TL memiliki nilai rata-rata lebih tinggi daripada lokasi DL. Hal ini membuktikan bahwa meskipun panas bumi dianggap sebagai energi ramah lingkungan namun dalam penggunaannya masih berdampak pada keanekaragaman hayati di sekitarnya terutama untuk jenis burung.

© Jurnal Ilmu Kehutanan-All rights reserved

Energi panas bumi merupakan salah satu energi terbarukan yang paling potensial untuk dikembangkan dan ramah lingkungan (Armannsson 2005; ESDM 2005; Rybach & Mongillo 2006; Bappenas 2008; ESDM 2009; Suyanto 2009; Jesus 2016). Walaupun secara umum panas bumi dianggap sebagai energi yang ramah lingkungan dibandingkan energi fosil lainnya (Zen 1994; Yousefi et al. 2009; Mutia 2010; Yuniarto et al. 2015), pengembangan panas bumi tidak sepenuhnya bebas dari dampak lingkungan yang merugikan (Krismannottir & Armannsson 2003; Moeljanto 2004). Dampak panas bumi bervariasi antara lokasi yang satu dengan lokasi lainnya karena adanya perbedaan lokasi,

geologi, kedalaman, tekanan, suhu dan karakteristik kimianya (Yousefi et al. 2009). Beberapa penelitian tentang dampak pemanfaatan panas bumi terhadap faktor fisik dan kimia lingkungan (Moeljanto 2004; Herdianata & Priadi 2008; Bobok & Toth 2003; Yousefi et al. 2009; Albertsson et al. 2010; Jie & Wu 2010; Komurchu & Akpınar 2009; Yurchenko 2005; Sequeira 2010) menunjukkan bahwa pemanfaatan panas bumi untuk pembangkit tenaga listrik dapat menimbulkan dampak terhadap lingkungan seperti: perubahan lanskap, polusi air, polusi udara karena emisi gas buang, kebisingan dan penurunan permukaan tanah. Penelitian dampak panas bumi terhadap satwa yang

dilakukan oleh Tole (1996) dan Marani et al. (1995) menunjukkan bahwa penyaluran uap panas bumi yang dibangun di atas permukaan tanah terbukti mengganggu migrasi satwa dan penglihatan satwa.

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) sudah banyak beroperasi di Indonesia dan beberapa di antaranya berada di kawasan konservasi seperti Taman Nasional Gunung Halimun Salak, Cagar Alam Papandayan, dan Cagar Alam/Taman Wisata Alam Kamojang namun sampai saat ini kajian tentang dampak pengembangan lapangan panas bumi terhadap keanekaragaman hayati terutama terhadap satwa yang berada di sekitarnya belum banyak dilakukan. Beberapa penelitian yang dilakukan di PLTP Kamojang sebagian besar mengkaji faktor lingkungan fisik (Radja & Sulasdi 1995; Moeljanto 2004; Herdianata & Priadi 2008; Moelyanto et al. 2000; Yuniarto et al. 2015) dan sosial masyarakat (Yusri 2012; Atmadiputra 2013). Penelitian dampak penggunaan lahan terhadap komunitas burung juga sudah banyak dilakukan (Thiollay 1992; Walter et al. 2004; Kustiawae 2005; Nurvianto 2009), namun sampai saat ini belum banyak penelitian terhadap komunitas burung di daerah pengembangan lapangan panas bumi. Untuk mengetahui dampak pengembangan lapangan panas bumi terhadap lingkungan dan komunitas burung maka penelitian respon burung terhadap pengembangan lapangan panas bumi di dalam kawasan konservasi penting dilakukan.

Burung merupakan salah satu kelompok yang sangat terkenal dari organisme besar (Birdlife International 2004), dipelajari secara luas dan dalam jangka panjang serta tersedianya data berskala besar (Both et al. 2006; Inger et al. 2015). Burung layak dijadikan indikator bagi keanekaragaman hayati karena burung tersebar di berbagai tipe habitat, berbagai ketinggian tempat, peka terhadap perubahan lingkungan, taksonomi telah mantap, dan informasi penyebaran geografisnya telah diketahui dan terdokumentasi dengan baik (Sujatnika et al. 1995;

Lawton et al. 1998; Kinnaird 1997). Banyak jenis burung yang sudah digunakan sebagai indikator keanekaragaman hayati dan perubahan lingkungan, dan menjadi dasar untuk membuat keputusan-keputusan mengenai rencana strategi konservasi untuk lingkungan yang lebih luas (Bibby et al. 2000).

Penelitian ini dilakukan di kawasan Wilayah Kerja Panas Bumi (WKP) Kamojang dan kawasan konservasi yang berada di dekatnya yaitu Cagar Alam (CA) Kamojang dan Taman Wisata Alam (TWA) Kamojang. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui respon komunitas burung di CA dan TWA Kamojang sebagai dampak pengembangan lapangan panas bumi di PGE area Kamojang. Hipotesis dari penelitian ini adalah terdapat perbedaan respon burung pada habitat yang terdampak (DL) dan tidak terdampak (TL) oleh pengembangan panas bumi di CA dan TWA Kamojang.

Bahan dan Metode

Waktu dan lokasi penelitian

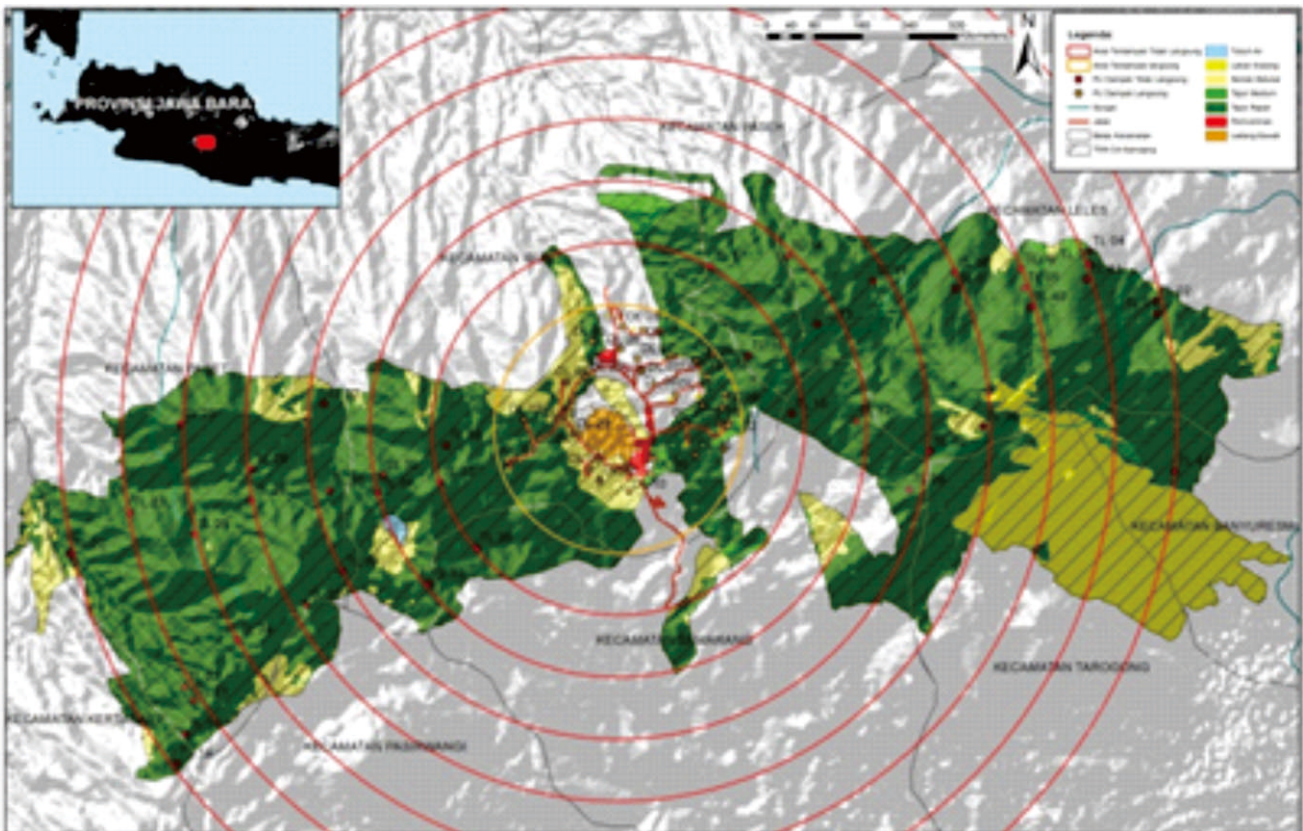
Penelitian dilakukan dua musim yaitu kemarau dan musim penghujan. Penelitian musim kemarau dilaksanakan bulan Agustus sampai dengan Oktober 2015 dan penelitian musim penghujan pada bulan Desember 2015 sampai dengan Februari 2016. Lokasi penelitian adalah Lapangan Panas Bumi Kamojang, CA Kamojang dan TWA Kamojang di Jawa Barat sekitar 35 km sebelah selatan Bandung dengan ketinggian 1500 m dpl (Utami & Browne 1999). Lapangan panas bumi ini adalah lapangan panas bumi yang pertama kali beroperasi di Indonesia, dan memproduksi listrik mulai tahun 1983. Lapangan panas bumi Kamojang merupakan sistem panas bumi yang didominasi uap dengan kedalaman reservoir antara 600 m sampai 2000 m. Luas lapangan panas bumi ini sekitar 21 km² dengan potensi sekitar 300 MW (Sudarman et al. 1995; Utami & Browne 1999; Wicaksono 2013). Kamojang dioperasikan oleh PT. Pertamina Geothermal Energy

(PGE). Dengan diresmikannya Kamojang Unit V pada Juli 2015, sampai dengan saat ini terdapat 5 unit PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panasbumi) di Kamojang dengan jumlah kapasitas terpasang adalah 235 MW (Agani et al. 2010; Kementerian ESDM 2017).

Metode pengambilan data

Data parameter habitat dan satwa sebelum adanya pengembangan lapangan panas bumi tidak banyak tersedia sehingga pengambilan data hanya dilakukan setelah terjadinya pengembangan panas bumi (*after only design*) yaitu tahap pemanfaatan. Pengambilan unit contoh dilakukan pada lokasi pada daerah terganggu dan daerah yang tidak terganggu (*impact-reference design*) (Morrison et al. 2001). Pengambilan data dilakukan pada dua kriteria habitat, yaitu daerah yang terdampak (DL) dan daerah yang tidak

terdampak (TL). Daerah yang terkena dampak (DL) adalah daerah yang terdapat terdapat instalasi pengembangan panas bumi yang berupa sumur, pipa-pipa aliran fluida panas bumi, *cooling tower*, dan bangunan PLTP daerah ini tergambar di dalam ring yang berwarna kuning (Gambar 1). Unit contoh yang diambil pada daerah dampak (DL) sebanyak 30 titik. Daerah yang tidak terdampak (TL) adalah daerah yang berupa hutan dan tidak terdapat instalasi pengembangan panas bumi yang berada di kawasan CA dan TWA Kamojang. Peletakan unit contoh pada daerah yang tidak terdampak (TL) dilakukan antara ring 3 km sampai dengan 9 km. Unit contoh pada lokasi TL tergambar dengan ring berwarna merah. Banyaknya unit contoh pada lokasi TL adalah 42. Total jumlah unit contoh penelitian adalah 72 (Gambar 1).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan letak unit contoh di CA dan TWA Kamojang
Figure 1. Map of the research sample units location in CA and TWA Kamojang

Data habitat yang diambil adalah data vegetasi dan komponen abiotik. Pengambilan data vegetasi dilakukan dengan teknik sampling metode kuadrat yang akan diletakkan pada setiap titik pengamatan burung (*point count*), demikian juga dengan data abiotik. Petak ukuran 20 m x 20 m digunakan untuk menghitung flora tingkat pohon, anak petak ukuran 10 m x 10 m untuk menghitung flora tingkat tiang, anak petak ukuran 5 m x 5 m untuk menghitung flora tingkat pancang, dan anak petak 2 m x 2 m untuk menghitung flora tingkat semai. Parameter yang diukur adalah: jenis vegetasi, jumlah individu setiap jenis dan diameter pohon. Data komponen abiotik yang diukur di lokasi penelitian di antaranya adalah: jarak dari sumur pengeboran (m), ketinggian tempat (m dpl), temperatur udara (C), kelembaban udara (%), kebisingan (dB), kadar H₂S udara (ppm), CO₂ udara (mg/Nm³), temperatur tanah (C) dan pH tanah. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Environmental meter* yang dapat mengukur kebisingan suara, temperatur udara, kelembaban udara. Jarak didapat dengan analisis pada peta dengan ArGIS 10, pH tanah diukur dengan pH meter. Data kadar H₂S dan CO₂ diambil dari data sekunder yaitu Laporan Triwulan Hasil Pelaksanaan Pengelolaan Pemantauan Lingkungan PT. PGE Area Kamojang dari 2012 sampai dengan 2015. Pada PT. PGE Area Kamojang pengukuran kualitas udara emisi dan ambien dilakukan secara berkala (emisi = 3 bulan sekali, ambien = 6 bulan sekali) dengan menggunakan alat impinger, gas yang tertangkap oleh pereaksi kimia (absorben) kemudian dianalisis di laboratorium dengan alat spektrofotometer. Data-data kerusakan dan gangguan (kebakaran, penebangan pohon, perambahan) yang terjadi di lokasi penelitian dicatat sebagai data pelengkap.

Pengamatan komunitas burung dilakukan pada masing-masing habitat dengan menggunakan metode *point count* yaitu dengan berdiri di lokasi tertentu dan menghitung jumlah burung masing-masing spesies dalam radius lingkaran tertentu (Bibby

et al. 2000; Hostetler & Martin 2011). *Point count* dengan radius 50 m (Waltert et al. 2005) ditempatkan secara sistematis pada lokasi yang dianggap mewakili dengan jarak antara titik tengah minimal 200 m (Sutherland 2004), sehingga tidak terjadi *overlap* saat pengamatan (Bibby et al. 2000). Pengamatan dilakukan pukul 06.00 - 10.00 WIB dengan waktu pengamatan untuk setiap titik selama 10 menit. Burung yang terlihat diidentifikasi dengan Buku Pengenal Burung (Mac Kinnon et al. 2000), suara burung yang tidak dikenali direkam di lapangan dan identifikasi dilakukan setelah mendengarkan suaranya (Chappuis 2000).

Analisis data

Parameter yang digunakan untuk membandingkan komunitas burung dan vegetasi pada lokasi yang terdampak dan yang tidak terdampak meliputi jumlah individu, jumlah jenis, indeks keanekaragaman jenis Shannon-Wiener, indeks kemerataan Evenness dan indeks kesamaan jenis Sorensen (Magurran 1988). Uji statistik yang digunakan untuk menguji apakah ada perbedaan perbedaan jumlah individu dan jenis burung dan jenis vegetasi adalah dengan *independent T-test*, sedangkan uji beda untuk menguji apakah ada perbedaan perbedaan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener dan Indeks kemerataan Evenness burung dan vegetasi adalah *Mann Whitney U test* (Fowler et al. 1998). Selain analisis tersebut, untuk mengidentifikasi variasi kelimpahan dan kekayaan spesies di lokasi penelitian dibuat model kurva kelimpahan spesies (*species abundance models*) (Hill et al. 1995; Rocchini 2012; Magguran 1988; Gorelick 2006; Dauda et al. 2017). Yang diperlukan dalam menggambarkan kurva ini adalah: 1. x-axis = ranking dari kelimpahan species, 2. y-axis = proporsi kelimpahan (nilai ditransformasi ke dalam bentuk log 10). Data komponen abiotik dianalisis secara deskriptif. Kami juga mengelompokkan burung berdasarkan keendemikan dan status konservasinya.

Hasil dan Pembahasan

Komunitas tumbuhan

Kegiatan pembangunan lokasi pengeboran dan instalasi pembangkitan listrik tenaga panas bumi tidak dapat menghindarkan dari penebangan pohon dan pembersihan lahan dalam kawasan. Hal ini terbukti dengan lebih kecilnya kerapatan tumbuhan pada setiap tingkatan pada lokasi DL. Kerapatan pohon di lokasi DL 0,016 dan di lokasi TL 0,024, tingkatan tiang di lokasi DL 0,015 dan di lokasi TL 0,034, tingkatan pancang di lokasi DL 0,112 dan di lokasi TL 0,205 dan untuk tingkat semai di lokasi DL 0,367 dan di lokasi TL 0,946. Berdasarkan pengamatan di lapangan, daerah terdampak langsung (DL) merupakan daerah yang lebih terbuka dan terdapat berbagai macam instalasi untuk pembangkitan listrik dari uap panas bumi seperti: bantalan sumur (*wellpad*), sumur (*well*), pipa-pipa aliran fluida panas bumi dari sumur ke PLTP, *cooling tower*, dan Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP). Di sekitar instalasi tersebut masih terdapat tegakan hutan alam dan hutan produksi Perum Perhutani. Pada lokasi ini juga terdapat bangunan perkantoran, tempat pengelolaan limbah, laboratorium dan jalan beraspal ke tiap-tiap area sumur. Daerah tidak terdampak (TL) sebagian besar berupa hutan alam yang masih utuh di CA dan TWA Kamojang namun beberapa tempat telah mengalami kerusakan karena adanya penebangan pohon, kebakaran dan perambahan kawasan.

Struktur vegetasi pada 72 unit sampel menunjukkan bahwa vegetasi yang ada di lokasi DL dan TL berjumlah 1289 individu yang terdiri dari 35 famili. Pada lokasi DL ditemukan 61 spesies (360 individu) dan pada lokasi TL ditemukan 73 spesies (929 individu). Famili yang paling banyak ditemukan adalah Fagaceae (15,21%), Lauraceae (9,15%), Araliaceae (7,45%), Urticaceae (7,37%), dan Juglandaceae (7,06%). Kedua lokasi mempunyai keanekaragaman

tumbuhan yang tinggi, lokasi DL mempunyai nilai indeks keanekaragaman Shannon Wiener sebesar 3,56 dan pada lokasi TL 3,55. Kesamaan jenis tumbuhan pada lokasi DL dan TL sangat tinggi dengan nilai indeks similaritas sebesar 70,68% (47 jenis). Tumbuhan yang ditemukan di kedua lokasi antara lain cerem (*Macropanax dispernum*), tebe (*Sloanea sigun*), ki hujan (*Engelhardia spicata*), beunying (*Ficus fistulosa*), nangsi (*Villebrunea rubescens*), hiur (*Castanopsis javanica*), huru batu (*Litsea fulva*), dan pasang bodas (*Lithocarpus elegans*).

Berdasarkan uji beda *independent sample T-test* terhadap rata-rata jumlah jenis tumbuhan diperoleh nilai signifikansi $p < 0,01$. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata jumlah jenis yang sangat nyata pada kedua lokasi, lokasi TL mempunyai rata-rata jumlah jenis yang lebih besar (10 jenis) daripada lokasi DL (6 jenis). Demikian juga hasil uji beda *independent sample T-test* terhadap jumlah individu tumbuhan nilai signifikansinya $p < 0,01$ yang menunjukkan terdapat perbedaan yang sangat nyata antara rata-rata jumlah individu tumbuhan pada lokasi TL (22 jenis) dan DL (12 jenis). Lokasi TL mempunyai rata-rata jumlah individu yang lebih besar dibanding dengan DL. Uji beda pada jumlah jenis tumbuhan pada tiap strata juga menunjukkan bahwa terdapat perbedaan jumlah jenis pohon ($p < 0,01$), tiang ($p = 0,009$) dan semai ($p < 0,01$), sedangkan untuk uji beda tingkat pancang tidak menunjukkan adanya perbedaan jumlah jenis antara dua lokasi ($p = 0,281$).

Seiring dengan jumlah individu dan jumlah jenis, uji beda terhadap indeks keanekaragaman Shannon Wiener pada lokasi DL dan TL menunjukkan perbedaan yang sangat nyata (*Mann-Whitney U test* $p < 0,01$). Berbeda dengan indeks Shannon Wiener, uji beda *Mann-Whitney U test* pada indeks kemerataan Evenness antar lokasi DL dan TL menunjukkan signifikansi ($p = 0,728$) atau tidak terdapat perbedaan yang nyata antara dua lokasi tersebut.

Variabel lingkungan abiotik

Lokasi penelitian berada pada ketinggian 1241 m sampai dengan 2012 m dpl. Lokasi DL berada pada ketinggian 1486 m sampai 1654 m dpl dan lokasi TL berada pada kisaran ketinggian 1241 m sampai dengan 2012 m dpl. Suhu rata-rata di lokasi DL dan TL tidak menunjukkan perbedaan yang nyata demikian juga dengan kelembaban udaranya, suhu rata-rata di lokasi DL 20,88°C dan lokasi TL 20,70°C, kelembaban udara rata-rata di lokasi DL 76,82% dan lokasi TL 78,12%. Dari pengukuran kebisingan yang dilakukan pada lokasi DL dan TL menunjukkan rata-rata kebisingan DL adalah 58,80 dB dan TL 52,91 dB.

Berdasarkan PerMen LH No 21 Tahun 2008 Tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pembangkit Tenaga Listrik Termal dan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor : Kep-13/Menlh/3/1995 Tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak, gas buang H₂S dan CO yang dihasilkan oleh PLTP PGE area Kamojang menunjukkan angka yang masih berada di bawah baku mutu lingkungan. Kadar H₂S udara emisi *cooling tower* pengukuran tahun 2012 sampai 2015 menunjukkan hasil yang bervariasi untuk tiap *cooling tower*, namun seluruhnya masih di bawah baku mutu yang ditetapkan yaitu 35 mg/m³. Rata-rata kadar H₂S pada semua *cooling tower* pada PLTP Unit IV adalah 0,32 mg/m³, sedangkan untuk PLTP Unit V sebesar 3,24 mg/m³. Berdasarkan hasil pemantauan udara ambien tahun 2013 - 2015 terlihat kecenderungan parameter CO mengalami fluktuasi setiap periode. Namun hasil pemantauan pada empat titik pantau menunjukkan bahwa kadar CO masih berada di bawah baku mutu (30.000 ug/Nm₃) (PGE Kamojang 2015).

Perbandingan komunitas burung

Famili dan spesies burung

Berdasarkan hasil pengamatan selama musim kemarau dan musim penghujan tercatat 124 jenis

burung yang masuk dalam 13 ordo dan 35 famili (Tabel 1). Jumlah tersebut merupakan burung yang dijumpai di seluruh kawasan CA dan TWA Kamojang pada titik hitung dan di luar titik hitung penelitian. Jumlah jenis burung yang diperoleh dalam penelitian ini lebih besar dari jumlah jenis yang pernah dilaporkan oleh BKSDA Jabar II dan IPB (2005) yaitu 76 jenis. Hasil monitoring rutin oleh PT. PGE Area Kamojang sejak tahun 2006-2013 sebanyak 95 jenis (Kementerian Lingkungan Hidup 2014) dan laporan BBKSDA Jawa Barat sebanyak 104 jenis.

Silviidae merupakan famili yang paling banyak dijumpai dengan jumlah spesies sebanyak 12 (9,7%) dari 124 jenis burung. Urutan terbanyak berikutnya adalah Muscicapidae dengan jumlah spesies 10 (8,1%) dan selanjutnya adalah famili Timaliidae dan Turdidae dengan jumlah masing-masing 9 spesies (7,3%). Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Partasmita (2009) di Panaruban Jawa Barat dan Sastranegara et al. (2015) di hutan Lambusango Pulau Buton Sulawesi Tenggara yang menemukan Silviidae sebagai komunitas burung yang kehadirannya paling banyak di lokasi penelitian. Anggota famili Silviidae hampir semuanya merupakan burung pemakan serangga (insektivora) seperti burung cinenen gunung (*Orthotomus cuculatus*), cinenen kelabu (*Orthotomus ruficeps*), cinenen jawa (*Orthotomus sepium*) dan ceret gunung (*Cettia vulcania*).

Pada musim kemarau (Agustus-Oktober 2015) berhasil ditemukan 78 jenis burung yang terdiri dari 25 famili dengan jumlah individu 671 (Tabel 1). Pada lokasi yang terdampak (DL) ditemukan 46 jenis burung dengan jumlah individu total 259 dan pada lokasi yang tidak terdampak (TL) ditemukan 60 jenis burung dengan total individu 412. Pada lokasi terdampak (DL), perling kumbang (*Aplonis panayensis*) merupakan burung yang mempunyai kelimpahan tertinggi yaitu 0,93 individu/ha, urutan kedua adalah cinenen kelabu (*Orthotomus ruficeps*), merbah cerukcuk (*Pycnonotus goiavier*), dan prenjak jawa (*Prinia familiaris*) dengan kelimpahan yang sama yaitu 0,76 individu/ha,

Tabel 1. Perbandingan kelimpahan burung di daerah terdampak dan tidak terdampak pada dua musim di lokasi penelitian

Table 1. Comparison of bird abundance in the affected and not affected area in two seasons at the study sites

No	Nama Imiah	Individu/ha						Total	Famili
		Kemarau		Penghujan		Setahun			
		DL	TL	DL	TL	DL	TL		
1	<i>Microhierax fringillarius*</i>		0,06				0,06	0,04	Falconidae
2	<i>Falco moluccensis*</i>	0,04				0,04		0,02	Falconidae
3	<i>Zoothera sibirica</i>			0,21		0,21		0,09	Turdidae
4	<i>Gallus varius</i>				0,03		0,03	0,02	Phasianidae
5	<i>Gallus gallus</i>		0,09				0,09	0,05	Phasianidae
6	<i>Lanius schach</i>	0,17	0,03	0,55	0,03	0,72	0,06	0,34	Laniidae
7	<i>Napothera crassa</i>		0,15		0,06		0,21	0,12	Timaliidae
8	<i>Phoebastria pusilla</i>	0,25	0,24	0,42	1,61	0,68	1,85	1,36	Timaliidae
9	<i>Cinclidium diana</i>		0,09				0,09	0,05	Turdidae
10	<i>Lonchura leucogastroides</i>			0,13		0,13		0,05	Ploceidae
11	<i>Ixos virescens</i>	0,21		0,17		0,38		0,16	Ploceidae
12	<i>Centropus bengalensis</i>	0,08				0,08		0,04	Pycnonotidae
13	<i>Centropus sinensis</i>	0,04				0,04		0,02	Cuculidae
14	<i>Nectarinia jugularis*</i>	0,04	0,15	0,17	0,09	0,21	0,24	0,23	Cuculidae
15	<i>Aethopyga eximia*</i>	0,13	0,09	0,13	0,21	0,25	0,30	0,28	Nectarinidae
16	<i>Dicaeum sanguinolentum</i>		0,36	0,59	0,67	0,59	1,03	0,85	Dicaeidae
17	<i>Dicaeum trochileum</i>		0,27		0,06		0,33	0,19	Dicaeidae
18	<i>Dicaeum concolor</i>	0,13	0,06		0,06	0,13	0,12	0,12	Dicaeidae
19	<i>Meiglyptes tristis</i>	0,04				0,04		0,02	Picidae
20	<i>Dendrocopos moluccensis</i>			0,08		0,08		0,04	Picidae
21	<i>Dendrocopos macei</i>			0,13		0,13		0,05	Picidae
22	<i>Halcyon cyanoventris*</i>	0,17	0,03	0,21	0,03	0,38	0,06	0,19	Alcedinidae
23	<i>Halcyon chloris*</i>	0,25	0,15	0,17	0,03	0,42	0,18	0,28	Alcedinidae
24	<i>Psaltira exilis*</i>		0,27	0,55	2,30	0,55	2,58	1,73	Aegithalidae
25	<i>Cettia vulcania</i>		0,03		0,06		0,09	0,05	Silviidae
26	<i>Megalurus palustris</i>	0,38		0,21		0,59		0,25	Silviidae
27	<i>Phylloscopus trivirgatus</i>	0,25	0,61	0,08	0,85	0,34	1,45	0,99	Silviidae
28	<i>Phylloscopus borealis</i>				0,06		0,06	0,04	Silviidae
29	<i>Seicercus grammiceps</i>		0,45	0,34	0,36	0,34	0,82	0,62	Silviidae
30	<i>Orthotomus cuculatus</i>		0,03	0,25	0,15	0,25	0,18	0,21	Silviidae
31	<i>Orthotomus sepium</i>	0,38	0,21	0,47	0,24	0,85	0,45	0,62	Silviidae
32	<i>Orthotomus ruficeps</i>	0,76	0,36	0,68	0,36	1,44	0,73	1,03	Silviidae
33	<i>Brachypteryx montana</i>				0,12		0,12	0,07	Turdidae
34	<i>Brachypteryx leucophrys</i>	0,47	1,27	0,55	1,52	1,02	2,79	2,05	Turdidae
35	<i>Pteruthius flaviscapis</i>		0,06		0,15		0,21	0,12	Timaliidae
36	<i>Pteruthius aenobarbus</i>	0,13	0,27	0,13	0,76	0,25	1,03	0,71	Timaliidae
37	<i>Cochoa azurea</i>		0,03		0,09		0,12	0,07	Turdidae
38	<i>Pycnonotus bimaculatus</i>		0,03	0,13		0,13	0,03	0,07	Pycnonotidae
39	<i>Pycnonotus aurigaster</i>	0,34	0,03	0,08	0,09	0,42	0,12	0,25	Pycnonotidae
40	<i>Chalcophaps indica</i>				0,03		0,03	0,02	Columbidae
41	<i>Spizaetus cirrhatus*</i>		0,03		0,09		0,12	0,07	Accipitridae
42	<i>Ictinaetus malayensis*</i>		0,09	0,04	0,15	0,04	0,24	0,16	Accipitridae
43	<i>Spizaetus bartelsi*</i>	0,04	0,09			0,04	0,09	0,07	Accipitridae
44	<i>Spilornis cheela*</i>		0,18		0,33		0,52	0,30	Accipitridae
45	<i>Parus major</i>		0,12		0,03		0,15	0,09	Paridae
46	<i>Hemipus Hirundinaceus</i>		0,39	0,34	0,55	0,34	0,94	0,69	Campephagidae
47	<i>Zosterops palpebrosus</i>	0,42	0,06			0,42	0,06	0,21	Zosteropidae
48	<i>Zosterops montanus</i>		0,73		0,09		0,82	0,48	Zosteropidae
49	<i>Phaenicophaeus curvirostris</i>	0,08		0,13		0,21		0,09	Cuculidae
50	<i>Cuculus saturatus</i>		0,24	0,04	0,06	0,04	0,30	0,19	Cuculidae
51	<i>Apus affinis</i>	0,13				0,13		0,05	Apodidae
52	<i>Surniculus lugubris</i>	0,08				0,08		0,04	Cuculidae
53	<i>Motacilla cinerea</i>	0,04				0,08		0,04	Motacillidae
54	<i>Rhipidura phoenicura*</i>	0,21	0,42	0,13	0,21	0,34	0,64	0,51	Muscicapidae
55	<i>Enicurus leschenaulti</i>	0,04				0,04		0,02	Turdidae
56	<i>Pycnonotus goiavier</i>	0,76		0,85	0,06	1,61	0,06	0,71	Pycnonotidae
57	<i>Sitta azurea</i>			0,38	0,58	0,38	0,58	0,49	Sittidae

Tabel 1. Lanjutan
Table 1. Continued

No	Nama ilmiah	Individu/ha						Total	Famili
		Kemarau		Penghujan		Setahun			
		DL	TL	DL	TL	DL	TL		
58	<i>Lophozosterops javanicus</i> *	0,25	0,09		0,06	0,25	0,15	0,19	Zosteropidae
59	<i>Malacocincla septiarium</i>		0,24	0,04	0,09	0,04	0,33	0,21	Timaliidae
60	<i>Prinia familiaris</i>	0,76	0,30	0,42	0,21	1,19	0,52	0,80	Silviidae
61	<i>Aplonis panayensis</i>	0,93		0,30		1,23		0,51	Sturnidae
62	<i>Arachnothera robusta</i> *	0,04	0,12	0,04	0,12	0,08	0,24	0,18	Nectarinidae
63	<i>Arachnothera affinis</i> *		0,21		0,21		0,42	0,25	Nectarinidae
64	<i>Arachnothera longirostra</i> *	0,13		0,08	0,24	0,21	0,24	0,23	Nectarinidae
65	<i>Coturnix chinensis</i>	0,04		0,13		0,17		0,07	Phasianidae
66	<i>Arborophila javanica</i>	0,04	0,18		0,03	0,04	0,21	0,14	Phasianidae
67	<i>Eurylaimus javanicus</i>		0,06				0,06	0,04	Eurylaimidae

Keterangan: * = jenis dilindungi menurut UU No 5 Tahun 1990 dan PP 7 Tahun 1999. Nomor 91 s.d 124 adalah burung yang ditemukan di luartitik hitung

Remarks: * = protected species according to UU 5 1990 and PP 7 1999. Number 91 s.d 124 are birds found outside the point count

selanjutnya cingcoang coklat (*Brachypteryx leucophrys*) dan tepus pipi perak (*Stachyris melanothorax*) pada urutan ketiga dengan kelimpahan 0,47 individu/ha. Jenis burung yang paling banyak ditemukan di lokasi tidak terdampak (TL) adalah cingcoang coklat (*Brachypteryx leuco-phrys*), tepus pipi perak (*Stachyris melanothorax*), sikatan kepala abu (*Culicicapa ceylonensis*) dan kacamata gunung (*Zosterops montanus*).

Pada musim penghujan (Desember-Februari 2016) ditemukan 74 jenis burung yang terdiri dari 25 famili dengan jumlah individu 889. Pada lokasi yang terdampak (DL) ditemukan 49 jenis burung dengan jumlah individu total 266, sedangkan pada lokasi yang tidak terdampak (TL) ditemukan 61 jenis burung dengan total individu 623. Jenis burung yang mempunyai kelimpahan terbanyak di lokasi terdampak (DL) adalah merbah cerukcuk (*Pycnonotus goiavier*) (20 individu), cinenen kelabu (*Orthotomus ruficeps*) (16 individu) dan cabai gunung (*Dicaeum sanguinolentum*) (14 individu) (Tabel 1). Jenis burung yang paling banyak ditemukan di lokasi tidak terdampak (TL) adalah cerecet jawa (*Psaltria axilis*) (76 individu), berencet kerdil (*Pnoepyga pusilla*) (53 individu) dan cingcoang coklat (*Brachypteryx leucophrys*) (50 individu).

Rata-rata jumlah jenis dan jumlah individu burung yang ditemukan tiap titik contoh selama

setahun pada lokasi TL menunjukkan angka yang lebih besar. Jumlah jenis lokasi TL adalah 11 jenis sedangkan lokasi DL hanya mempunyai rata-rata jumlah jenis 9. Rata-rata jumlah individu pada tiap titik pada lokasi TL 24 ekor dan DL adalah 17 ekor.

Indeks keanekaragaman burung, indeks pemerataan evenness, dan indeks kesamaan (IS)

Kedua lokasi pengamatan (DL dan TL) mempunyai keanekaragaman jenis burung yang tinggi (Tabel 2). Lokasi DL mempunyai indeks Shannon-Wiener 3,48 dan lokasi TL mempunyai nilai indeks 3,61. Pada musim penghujan indeks keanekaragaman Shannon Wiener lokasi DL 3,56 dan lokasi TL 3,40. Indeks keanekaragaman selama setahun di lokasi DL adalah 3,76 dan lokasi TL 3,61.

Indeks pemerataan burung pada kedua lokasi termasuk tinggi. Indeks pemerataan musim kemarau di titik DL sebesar 0,908 dan di titik TL sebesar 0,882 sedangkan saat musim penghujan di lokasi DL adalah 0,916 dan di titik TL sebesar 0,828. Indeks pemerataan jenis burung selama setahun lokasi DL 0,90 dan lokasi TL 0,86. Nilai indeks pemerataan tinggi menunjukkan keberadaan setiap jenis satwa dalam kondisi yang merata (Fahrul 2012). Penyebaran burung di kedua lokasi dapat dikatakan stabil karena nilai indeks pemerataan jenis (E) burung yang nilainya mendekati 1 dan distribusi antar spesies relatif seragam.

Tabel 2. Perbandingan beberapa parameter burung di lokasi DL dan TL di CA dan TWA Kamojang
Table 2. Comparison of several bird parameters at DL and TL sites in CA and TWA Kamojang

Uraian	Kemarau		Penghujan		Setahun	
	DL	TL	DL	TL	DL	TL
Jumlah spesies	46	60	49	61	65	72
Jumlah individu	259	412	266	623	525	1035
Jumlah famili	22	23	21	21	25	25
Indeks Shannon Wiener	3,48	3,61	3,56	3,4	3,76	3,61
Indeks Kemerataan Evenness	0,91	0,88	0,92	0,83	0,90	0,86
Indeks kesamaan Sorensen	52,83%		62,27%		68,61	

Penyebaran burung yang cukup merata di kawasan ini disebabkan oleh kesamaan vegetasi penyusun habitat yang tinggi yang mendukung kelangsungan hidup berbagai jenis burung.

Kedua lokasi mempunyai kesamaan jenis burung yang tinggi dengan nilai indeks similaritas sebesar 52,83% pada musim kemarau dan 67,27% pada musim penghujan. Pada musim kemarau, dari 78 jenis burung yang ditemukan, spesies yang ditemukan di kedua lokasi berjumlah 28. Di musim penghujan, dari semua jenis yang ditemukan di lokasi DL dan lokasi TL (74 jenis), 37 jenis burung dapat ditemukan di kedua lokasi tersebut. Burung yang ditemukan pada kedua lokasi dan kedua musim antara lain cucak kutilang (*Pygnonotus aurigaster*), tekukur biasa (*Sptreptopelia chinensis*), cingcoang coklat (*Brachypteryx leucophris*), dan tepus pipi perak (*Stachyris melanothorax*). Indeks kesamaan Sorensen dari lokasi DL dan TL selama setahun sebesar 68,61%. Hasil tersebut menunjukkan kemiripan spesies burung yang menyusun komunitas burung di lokasi DL dan TL. Tingginya nilai kesamaan jenis burung pada kedua lokasi diduga sebagai respon dari karakteristik habitat yang cenderung sama (nilai kesamaan jenis vegetasi 70,68%).

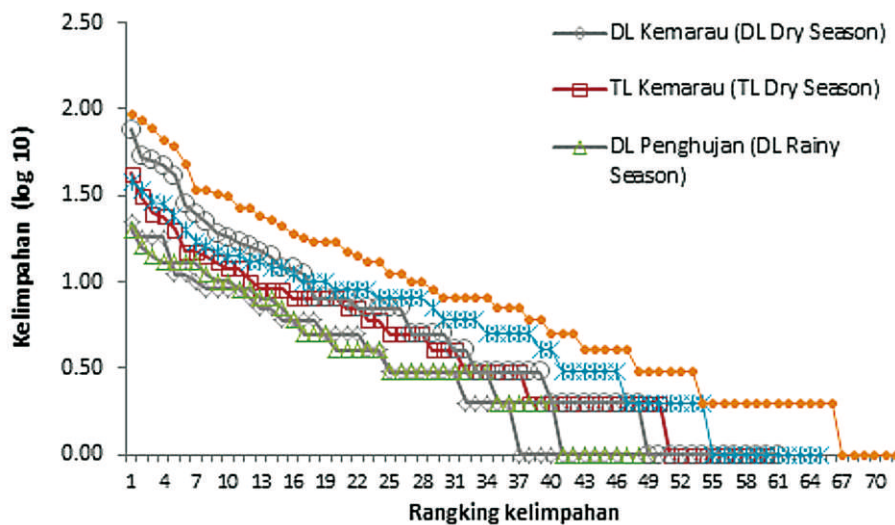
Berdasarkan uji beda *independent sample T-test* terhadap jumlah jenis diperoleh nilai signifikansi $p=0,0$. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata jumlah jenis pada masing-masing *point count* pada kedua lokasi dimana lokasi TL mempunyai rata-rata jumlah jenis yang lebih besar. Demikian juga hasil uji beda *independent sample T-test* terhadap jumlah individu burung, nilai signifikansi-

nya $p=0,01$. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara rata-rata jumlah individu pada lokasi TL dan DL. Lokasi TL mempunyai rata-rata jumlah individu yang lebih besar dibanding dengan DL. Seiring dengan jumlah individu dan jumlah jenis, uji beda terhadap indeks keanekaragaman Shannon Wiener pada lokasi DL dan TL menunjukkan perbedaan yang nyata (*Mann-Whitney U test* $p=0,027$) dan indeks kemerataan Evenness antar lokasi DL dan TL (*Mann-Whitney U test* $p=0,0158$). Nilai kesamaan Sorensen antara kedua lokasi termasuk kategori tinggi (68,61%).

Kurva kemelimpahan species

Kurva kelimpahan spesies di lokasi DL dan TL pada musim kemarau maupun penghujan menunjukkan bentuk *log series* (Gambar 2). Hill et al. (1995) menyatakan bahwa model kurva kelimpahan spesies dapat digunakan untuk melihat apakah suatu daerah terganggu atau tidak. Dari penelitiannya di Pulau Buru, kupu-kupu di hutan yang tidak ditebang (tidak terganggu) menunjukkan distribusi *log-normal*, sementara area hutan yang ditebang tidak demikian. Penelitian terhadap kupu-kupu di Sumba dan Maluku juga menunjukkan bahwa daerah yang terganggu kurvanya biasanya berbentuk *log-series* sedangkan daerah yang tidak terganggu berbentuk *log-normal*. Bentuk kurva *log series* mencerminkan bahwa lokasi DL dan TL merupakan daerah yang sudah mengalami gangguan.

Gangguan terhadap komunitas burung di kawasan CA dan TWA Kamojang salah satunya karena sudah berkurangnya vegetasi hutan alami yang



Gambar 2. *Species abundance* burung pada lokasi terdampak (DL) dan tidak terdampak (TL) pada musim kemarau dan penghujan

Figure 2. Bird species abundance in the affected (DL) and not affected (TL) sites during the dry and rainy seasons

menjadi habitat burung karena terjadinya penebangan pohon, kebakaran hutan, dan perambahan. Selain faktor habitat, gangguan terhadap keberadaan burung di dalam kawasan terjadi karena perburuan liar burung baik menggunakan jerat, getah, dan senapan angin.

Endemisitas dan status konservasi

Berdasarkan endemisitasnya burung di kawasan CA dan TWA Kamojang mempunyai endemisitas yang tinggi, 16 jenis merupakan endemik Jawa atau 80% dari seluruh burung endemik Jawa. Burung endemik Jawa yang terdapat di Kamojang di antaranya adalah: cekakak jawa (*Halcyon cyanoventris*), burung madu gunung (*Aethopyga eximia*), elang jawa (*Spizaetus bartelsi*), cerecet jawa (*Psaltria exilis*), wergan jawa (*Alcippe pyrrhoptera*), tesia jawa (*Tesia superciliaris*) dan kipasan ekor merah (*Rhipidura phoenicura*). Jumlah burung endemik pada lokasi DL (11 jenis) lebih sedikit dibanding jumlah burung endemik yang ditemukan di lokasi TL (14 jenis).

Dari status konservasinya, tercatat 23 jenis burung dilindungi undang-undang, 9 jenis masuk dalam daftar appendiks CITES dan 4 jenis tercatat dalam *Red List of Threatened Species IUCN Tahun 2016*. Jenis-

jenis yang dilindungi undang-undang diantaranya adalah : elang jawa (*Spizaetus bartelsi*), elang brontok (*Spizaetus cirrhatus*), elang hitam (*Ictinaetus malayensis*), elang ular bido (*Spilornis cheela*), burung madu gunung (*Aethopyga eximia*), opior jawa (*Lophozosterops javanicus*), cerecet jawa (*Psaltria exilis*), dan kipasan ekor merah (*Rhipidura phoenicura*). Lokasi TL mempunyai jumlah jenis dilindungi yang lebih banyak dibandingkan lokasi DL baik pada musim kemarau maupun musim penghujan (Tabel 1). Burung yang tercatat dalam *Red List of Threatened Species IUCN* adalah : cabak gunung *Caprimulgus pulchellus* (NT), ciung mungkal jawa *Cochoa azurea* (VU), takur tulung tumpuk *Megalaima javensis* (NT), Elang Jawa *Spizaetus bartelsi* (EN) dan caladi batu *Meiglyptes tristis* (EN).

Endemisitas burung di kawasan CA dan TWA Kamojang yang tinggi dan banyaknya burung yang dilindungi undang-undang mencerminkan bahwa CA dan TWA Kamojang mempunyai nilai konservasi yang tinggi. Hal ini terbukti dengan ditunjuknya Kamojang sebagai salah satu Daerah Penting Burung (DPB) yaitu DPB Gunung Papandayan-Kamojang. DPB adalah lokasi atau daerah yang secara global penting bagi

keanekaragaman hayati dunia karena mempunyai jenis-jenis burung yang terancam punah dan mempunyai burung-burung sebaran terbatas/endemik (Burung Indonesia 2017).

Dari analisis terhadap beberapa parameter yang diambil dalam penelitian menunjukkan adanya perbedaan respon antara lokasi DL dan lokasi TL. Respon burung menunjukkan bahwa jumlah individu, jumlah jenis dan keanekaragaman hayati di lokasi TL lebih tinggi daripada lokasi DL. Dari analisis beberapa pengukuran keanekaragaman komunitas burung pada lokasi terdampak (DL) dan tidak terdampak (TL) menunjukkan perbedaan yang nyata dari indeks keanekaragaman Shannon-Wiener dan indeks kemerataan Evenness. Perbedaan jumlah jenis dan jumlah individu masing-masing jenis burung pada lokasi DL dan TL diduga karena adanya variasi tegakan vegetasi sebagai ketersediaan pakan, tempat bersarang, perlindungan dari pemangsa dan juga faktor iklim mikro (Welty & Baptista 1988; Sulistiyadi 2010). Perbedaan keanekaragaman dan kekayaan habitat dipengaruhi perbedaan struktur vegetasi masing-masing lokasi penelitian. Hubungan erat komunitas burung dengan struktur vegetasinya tergantung pada kompleksitas keragaman pohon, tiang, pancang dan semak (Chettri 2005; Susanto 2016). Terbukanya hutan dapat menimbulkan tanggapan yang berbeda pada berbagai jenis burung, misalnya komposisi burung secara vertikal (Putri & Allo 2009). Keanekaragaman dan kelimpahan jenis burung lebih tinggi pada habitat yang produktivitasnya tinggi, keragaman flora yang tinggi, gangguan keamanan yang kecil, dan iklim yang stabil (Hulbert & Haskell 2003). Terganggunya habitat akan mengganggu aliran energi dan makanan burung yang mendiami habitat tersebut. Heterogenitas habitat mempengaruhi secara signifikan struktur makanan dan luas relung (*niche*) burung-burung serta keragaman dan kelimpahan spesies burung (Adamik et al. 2003).

Keanekaragaman burung pada suatu tempat berkorelasi dengan kondisi tempat yang menjadi

habitatnya. Struktur vegetasi sebagai salah satu komponen habitat merupakan salah satu faktor kunci yang mempengaruhi kekayaan jenis burung pada tingkat lokal (Wiens 1989). Jenis dan struktur vegetasi berfungsi dalam menyediakan lokasi sarang, lokasi bertengger serta tempat berlindung dari predator. Vegetasi juga menyediakan sumber pakan bagi berbagai jenis burung (Sutherland et al. 2004). Distribusi vertikal vegetasi juga membatasi kesempatan dalam mencari pakan sehingga berbagai jenis burung menempati habitat yang berbeda pada setiap strata vertikal vegetasi (Gill 2007). Keterbatasan sumber daya dapat mengakibatkan adanya persaingan antara spesies di suatu kawasan (Ferrer et al. 2014). Apabila vegetasi di suatu kawasan terus berkurang maka berdampak pada berkurangnya spesies burung karena persediaan sumber daya yang terbatas bahkan lebih jauh berakibat hilangnya suatu spesies. Kemampuan jenis burung untuk bertahan hidup pada areal yang terganggu bergantung pada beberapa faktor seperti tempat bersarang, sumber pakan, kompetisi, dan predator (Simons et al. 2011).

Walaupun panas bumi dianggap sebagai sumber energi yang ramah lingkungan namun pemanfaatan panas bumi untuk PLTP ternyata menimbulkan dampak terhadap vegetasi dan burung yang ada di sekitarnya. Pemanfaatan PLTP merupakan keniscayaan sehingga perlu dilakukan upaya untuk meminimalkan kerusakan habitat yang akan berakibat hilangnya keanekaragaman hayati pada area pengembangan panas bumi. Pengelolaan lingkungan secara hati-hati selama perencanaan, konstruksi, dan pengoperasian peralatan pembangkit listrik tenaga panas bumi dapat meminimalisir dampak negatif yang ditimbulkan (Moeljanto 2004). Upaya itu meliputi studi tentang: 1) menggunakan burung sebagai salah satu indikator dalam penilaian dampak lingkungan sebelum pelaksanaan proyek dan pemantauan dampaknya di samping aspek keanekaragaman hayati yang lain, 2) menghindari spesies yang langka atau terancam, 3) meminimalisir pembukaan lahan, 4) pengeboran

terarah yang memungkinkan area kerja yang kompak dalam pengembangan panas bumi dan meminimalkan dampak terhadap habitat.

Penelitian ini diharapkan dapat melengkapi penelitian-penelitian sebelumnya yang banyak mengkaji dampak panas bumi secara fisik, kimiawi dan sosial tapi belum banyak penelitian dampak panas bumi terhadap keanekaragaman hayati terutama komunitas burung. Penelitian ini dapat membuktikan bahwa pemanfaatan PLTP Kamojang memberikan dampak negatif terhadap komunitas burung namun masih terdapat beberapa kekurangan dari penelitian ini. Kami belum bisa memastikan bahwa dampak pemanfaatan panas bumi terhadap komunitas burung merupakan dampak yang langsung (mekanis, fisik, kimiawi) dari pengoperasian PLTP atau dampak tidak langsung akibat berkurangnya vegetasi karena pembangunan instalasi PLTP yang tidak dapat menghindarkan dari penebangan pohon dan pembersihan lahan pada beberapa tapak. Penelitian ini hanya meneliti sebaran burung secara horisontal dan belum mengkaji distribusi burung secara vertikal dan perilaku burung. Struktur vertikal vegetasi suatu habitat dapat mempengaruhi penyebaran spesies burung dan kajian perilaku sangat penting sebagai dasar pengelolaan burung ke depan sehingga dibutuhkan penelitian dampak pemanfaatan PLTP terhadap distribusi burung secara vertikal dan perilaku burung.

Kesimpulan

Terdapat perbedaan respon antara komunitas burung di lokasi terdampak (DL) dan tidak terdampak (TL) yang ditunjukkan dengan perbedaan rata-rata jumlah jenis, jumlah individu, indeks keanekaragaman Shannon Wiener. Rata-rata rata jumlah jenis, jumlah individu, indeks keanekaragaman Shannon Wiener pada lokasi TL terbukti mempunyai nilai yang lebih tinggi dibandingkan lokasi DL. Demikian juga pada respon vegetasi penyusun habitat pada kedua lokasi, jumlah jenis, jumlah individu vegetasi, dan indeks

keanekaragaman Shannon Wiener di lokasi TL mempunyai nilai rata-rata lebih tinggi dibandingkan lokasi DL. Hal ini membuktikan bahwa meskipun panas bumi dianggap sebagai energi yang ramah lingkungan tapi dalam pemanfaatannya masih menimbulkan dampak terhadap keanekaragaman hayati di sekitarnya terutama untuk jenis burung. Penelitian ini dapat menjadi pelengkap penelitian sebelumnya yang hanya mengkaji dampak panas bumi secara fisik, mekanis dan sosial, namun masih perlu dilakukan kajian lanjut terhadap distribusi vertikal dan perilaku burung. Pihak pengelola sebaiknya menggunakan data burung untuk memantau dampak pembangunan PLTP. Kajian ornitologi dapat dipakai untuk *assesment* lebih lanjut dari suatu proyek pengembangan panas bumi disamping kajian flora fauna secara umum.

Perlu dilakukan penelitian respon komunitas burung secara vertikal dan perilaku burung di CA dan TWA Kamojang. Perlu dilakukan penelitian respon pemanfaatan panas bumi terhadap satwa lain yang ada di CA dan TWA Kamojang terutama untuk satwa langka seperti surili (*Presbitis commata*) dan lutung (*Trachypithecus auratus*). Masing-masing lokasi panas bumi mempunyai karakteristik dan dampak yang berbeda-beda, oleh karena itu perlu dilakukan kajian serupa di lokasi pemanfaatan panas bumi yang lain. Perlu dilakukan pembinaan habitat pada lokasi yang terbuka yang terdapat di sekitar infrastruktur PLTP.

Ucapan Terima Kasih

Kami ucapkan terima kasih kepada Pusdiklat-SDM Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Kepala Balai Konservasi Sumber Daya Alam Jawa Tengah atas ijinnya, Balai Besar Konservasi Sumber Daya Alam Jawa Barat dan Pertamina Geothermal Energy area Kamojang atas data-datanya, personel lapangan: Syahrar Fathin Aminuddin, Sulaiman, Caca Cahyadi, Asep Hendrik, Ari Rusmana atas bantuannya selama pengambilan data di Kamojang dan Enggar

Suwandi untuk bantuan petanya serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Daftar Pustaka

- Adamik P, Kornan M, Vojtek J. 2003. The effect of habitat structure on guild patterns and the foraging strategies of insectivorous birds in forests. *Biologia* **58**:275-286.
- Agani M, Rozaq K, Bachrun ZI. 2010. Construction and operation of Kamojang Unit 4, the first commercial geothermal power plant built, owned and operated by PT Pertamina Geothermal Energy. Proceeding of World Geothermal Congress 2010, 25-29 April 2010. Bali, Indonesia,
- Albertsson A, Blondal A, Barkarson BH, Jonsdottir S, Thors SG. 2010. Environment impact assesment of geothermal projects in Iceland. Proceedings World Geothermal Congress 2010, 25-29 April 2010. Bali, Indonesia.
- Armannsson H, Fridriksson T, Kristjansson BR. 2005. CO₂ emissions from geothermal power plants and natural geothermal activity in Iceland. *Geothermics* **34**(3):286-296
- Atmadiputra AR. 2013. Analisis dampak penggunaan kawasan hutan untuk geothermal terhadap keadaan sosial, eonomi dan lingkungan sekitar hutan (Studi kasus Kecamatan Ibum Kabupaten Garut dan Kecamatan Samarang, Kabupaten Bandung). Skripsi (Tidak dipublikasikan). Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- BAPPENAS. 2008. Pengembangan panas bumi untuk menambah pasokan tenaga listrik dan menyehatkan konsumsi energi nasional. Laporan Akhir Kajian (Swakelola) Direktorat Energi, Telekomunikasi & Informatika. Bappenas, Jakarta.
- BBKSDA Jawa Barat. 2014. Laporan pelaksanaan kegiatan: Kajian biodiversitas dan habitat CA/TWA Kamojang, Garut, Jawa Barat. Baseline data lokasi target dan prioritas pengelolaan program Pusat Konservasi Elang Kamojang. BBKSDA Jawa Barat, Bandung.
- Bibby CJ, Burgess ND, Hill DA, Mustoe SH. 2000. Bird census techniques. 2nd Edition. Academic Press, London.
- BirdLife International, 2004. Birds in Europe: Population Estimates, trends and conservation status. Cambridge.
- Burung Indonesia. 2014. Pentingnya daerah penting bagi burung. <https://burung.org/2014/06/05/pentingnya-daerah-penting-bagi-burung/>. 5 Juni 2014 (diakses Januari 2017).
- Both C, Bouwhuis Lessells CM, Visse ME. 2006. Climate change and population declines in along distance migratory bird. *Nature* **441**:81-96.
- Bobok E, Toth A. 2013. Geothermal energy production and its environmental impact in Hungary. International Geothermal Conference, Reykjavik, Sept. 2003. www.jardhitafelag.is/media/PDF/S12Paper057.pdf. (diakses 4 Desember 2013).
- Chappuis C. 2000. Oiseaux d'Afrique. SEOF (Societe d'Etudes Ornithologiques de France) ECOFAC, Gap Cedex. France, and British Library, London, UK.
- Chettri N, Deb DC, Sharma E, Jackson R. 2005. The relationship beetween bird communities and habitat. A study along trekking corridor in the Sikkim Himalaya. *Mountain Research and Development* **25**(3):235-243.
- Dauda TO, Baksh MH, Shahrul AMS. 2017. Birds' species diversity measurement of Uchali Wetland (Ramsar site) Pakistan. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity* **10**:167-174.
- Departemen ESDM. 2005. Diversifikasi energi. Energi kelautan sebagai alternatif baru. Seminar Pembangunan Ekonomi Kemaritiman, 15 Maret 2005. DESDM, Jakarta.
- Departemen ESDM. 2009. Paradigma baru pengembangan energi baru terbarukan dan pemanfaatan energi. Dalam Darmono D, editor. Mineral dan energi kekayaan bangsa. Sejarah pertambangan dan energi Indonesia. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Jakarta.
- Fahrul M. 2012. Metode sampling bioekologi. PT Bumi Aksara, Jakarta.
- Ferger SW, Schleuning M, Hemp A, Howell KM, Gaese. 2014. Food resources and vegetation structure mediate climatic effect on specoes richness of bird. *Global Ecol. Biogeo* **23**:541-549.
- Fowler J, Cohen L, Jarvis P. 1998. Practical statistics for field biology. Wiley, England.
- Fronza AD, Marasigan MC, Lazaro VS. 2015. Geothermal development in the Philippines: The country update. Proceedings of World Geothermal Congress 2015, 19-25 April 2015. Melbourne, Australia,
- Gill FB. 2007. Ornithology. 3rd Edition. WH Freeman and Company, New York.

- Gorelick R. 2006. Combining richness and abundance into a single diversity index using matrix analogues of Shannon's and Simpson's indices. *Ecography* **29**: 525-530.
- Hill JK, Halmer KC, Lacey LA, Banham WMT. 1995. Effect of selecting logging on tropical forest butterflies. *Journal of Applied Ecology* **32**:754-760.
- Hostetler ME, Martin BM. 2001. Florida monitoring program: Point count method to survey birds. <http://edis.ifas.ufl.edu/UW140> [Diakses Mei 2016].
- Hulbert AH, Haskell JP. 2004. The effect of energy and seasonality on avian species richness and community composition. *The American Naturalist* **161**(1):83-97.
- Inger R, Gregory R, Duffy JP, Stott I, Vorisek P, Gaston KJ. 2015. Common European birds are declining rapidly while less abundant species numbers are rising. *Ecology Letters* **18**:28-36.
- Jesus CD, 2016. Environmental benefits and challenges associated with geothermal power generation. *Geothermal power generation*, Hlm. 477-498
- Jie SZ, Wu BJ. 2010. Environmental impact of geothermal utilization in Tianjin, China *Proceedings of World Geothermal Congress 2010*, 25-29 April 2010. Bali, Indonesia.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2014. Pencapaian pengelolaan lingkungan hidup, pemanfaatan sumber daya, dan pemberdayaan masyarakat PT Pertamina Geothermal Energy Area Kamojang <http://proper.menlh.go.id> [diakses Mei 2015].
- Kementerian ESDM. 2017. Buku pintar: Pengembangan panas bumi Indonesia. Ditjen EBTKE Kementerian ESDM, Jakarta
- Kinnaird FM. 1997. Sulawesi Utara : Sebuah panduan sejarah alam. Yayasan Pengembangan Wallacea Indonesia.
- Komurcu MI, Akpınar A. 2009. Importance of geothermal energy and its environmental effect in Turkey. *Renewable Energy* **34**:1611-1615.
- Krismannottir H, Armannsson H. 2003. Environmental aspects of geothermal energy utilization. *Geothermics* **32**:451-461.
- Kustiawati Y. 2005. Studi keanekaragaman jenis burung pada kawasan hutan primer dan bekas tebangan di areal HPHTI PT. Sari Bumi Kesuma, Kalimantan Tengah. Tesis (Tidak dipublikasikan). Universitas Gadjah Mada.
- Lawton JH, Bignell DE, Bolton B, Bloemers GF, Eggleton P, Hammond PM, Hodda M, Holt RD, Larsen TB, Mawdsley NA, Stork NE, Srivastana DS, Watt AD. 1998. Biodiversity inventories, indicator taxa and effect on habitat modification in tropical forest. *Nature* **391**:72-76.
- Mac Kinnon J, Phillips K, Balen BV. 2000. Burung-burung di Sumatera, Jawa, Bali dan Kalimantan. Puslitbang Biologi LIPI, Bogor.
- Magurran AE. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey.
- Marani M, Tole MP, Ogallo LJ. 1995. Concentration of H₂S in the air around the Olkaria Geothermal Field, Kenya. *Discovery and Innovation* **5**: 67-76.
- Moeljanto. 2004. Evaluation of the environmental impact at the Kamojang Geothermal Field in Indonesia applying the EMS of ISO 140001. Geothermal training programme. Orkustofnun, Grensasvegur 9. IS-108 Reykjavik, Iceland.
- Morrison ML, Block WM, Strickland WD, Kendall WL. 2001. Wildlife study design. Springer-Verlag New York. Inc., USA.
- Mulyanto, Nani A, Zuhro AA, Ahmad Y. 2000. Surface thermal manifestation monitoring of geothermal field. *Proceedings of World Geothermal Congress 2010*, 25-29 April 2010. Bali, Indonesia.
- Mutia TM. 2010. Biodiversity conservation and geothermal development. Short course V on exploration for geothermal resources. UNU-GTP, GDC and KenGen, Lake Bogoria and Lake Naivasha, Kenya, Oct 29-Nov 19. 2010. Geothermal Development Company Ltd. Kenya.
- Nurvianto S. 2009. Pengaruh tipe penggunaan lahan terhadap komunitas burung di Kabupaten Gunung Kidul Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Tesis (Tidak dipublikasikan). Universitas Gadjah Mada.
- Partasmita R. 2009. Komunitas burung pemakan buah di Panaruban, Subang : Ekologi makan dan penyebaran biji tumbuhan semak. Institut Pertanian Bogor.
- PGE Kamojang. 2015. Laporan hasil pelaksanaan pengelolaan dan pemantauan lingkungan periode triwulan II tahun 2015. Bandung
- Putri IASLP, Allo MK. 2009. Degradasi keanekaragaman hayati Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* **6**(2):169-194.
- Radja VT, Sulasdi D. 1995. Environmental auditing of the Kamojang Geothermal Power Plant – Indonesia. Annual Meeting of Geothermal Resources Council, Portland. USA.

- Rocchini D, Neteler M. 2012. Spectral rank-abundance for measuring landscape diversity. *International Journal of Remote Sensing* January: 37-41.
- Rybach L, Mongillo M. 2006. Geothermal sustainability—a review with identified research needs. *Geothermal Resources Council Transactions* 30:1083-1090.
- Sastranegara H, Mardiasuti A, Mulyani YA. 2015. Analisis guild burung di beberapa tipe habitat di hutan Lambusango, Pulau Buton, Sulawesi Tenggara. *Prosiding Konferensi Nasional Peneliti dan Pemerhati Burung di Indonesia*, 13-14 Februari 2015. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Sequeira HG. 2010. Environmental management in geothermal development: Case history for Costa Rica. *Proceedings World Geothermal Congress 2010*, 25-29 April 2010. Bali, Indonesia,
- Simons TR, Shriner SA, Fansworth GL. 2006. Comparison of breeding bird and vegetation communities in primary and secondary forest of Great Smokey Mountains National Park. *Biological Conservation* 126:302-311.
- Sudarman S, Boedihardi M, Pudyastuti K, Bardan. 1995. Kamojang geothermal field: 10 year operation experience. Hlm. 1773-177. *Proceedings of the world geothermal congress (Florence) Vol. 2.*
- Sujatnika PJ, Soehartono TR, Crosby MJ, Mardiasuti A. 1995. Melestarikan keanekaragaman hayati Indonesia: Pendekatan daerah burung endemik (Conserving Indonesian biodiversity: The endemic area approach). *PHPA & BirdLife International-Indonesia Programme*, Jakarta.
- Sulistiyadi E. 2000. Kemampuan kawasan nir-konservasi dalam kelestarian burung endemik dataran rendah Pulau Jawa - Studi kasus di Kabupaten Kebumen. *Bidang Zoologi LIPI. Jurnal Biologi Indonesia* 6(2):237-253.
- Susanto E, Mulyani YA, Suryobroto B. 2016. Bird communities in Seblat Nature Recreation Park (SNRP) North Bengkulu, Bengkulu. *Biosaintifika* 8(1):25-32.
- Sutherland WJ, Newton I, Green RE. 2004. *Bird ecology and conservation. A handbook of techniques.* Oxford University Press, New York.
- Suyanto. 2009. Cadangan panas bumi di Indonesia dapat menghasilkan 27.000 megawatt. <http://www.bppt.go.id/index.php/teknologi-informasi-energi-dan-material/279-cadangan-panas-bumi-di-indonesia-dapat-menghasilkan-27000-megawatt> (diakses Februari 2013).
- Thiollay JM. 1992. Influence of selective logging on bird species diversity in a Guianan rain forest. *Conservation Biology* 6(1):47-63.
- Tole MP. 1996. Geothermal energy research in Kenya : A review. *Journal of African Earth Science* 23(4):565-575.
- Utami P, Browne PRL. 1999. Subsurface hydrothermal alteration in the Kamojang geothermal field, West Java, Indonesia. Hlm. 25-27. *Proceedings, Twenty-Fourth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering Stanford University, January 1999. Stanford, California.*
- Waltert M, Bobo KS, Sainge NM, Fermon H. 2005. From forest to farmland: Habitat effects on afro-tropical forest bird diversity. *Ecological Application* 15(4):1351-1366.
- Welty JC, Baptista. 1988. *The life of bird.* 4th Ed. Saunders College Publishing, New York.
- Wicaksono PE. 2013. Menteri ESDM dijadwalkan resmikan PLTP Kamojang Unit 5. Sabtu, 12 Januari 2013. <http://economy.okezone.com/read/2013/01/12/19/745142/menteri-esdm-dijadwalkan-resmikan-pltp-kamojang-unit-5> (diakses Februari 2013).
- Wiens JE. 1989. *The ecology of bird communities.* Cambridge University Press, Australia.
- Yousefi H, Ehara S, Yousefi A, Seiedi F. 2009. Environmental impact assessment of Sabalan Geothermal Power Plant, NW Iran.
- Yuniarto, Soesilo TEB, Heviati E. 2015. Geothermal power plant emission in Indonesia. *Proceeding of World Geothermal Congress 2015*, 19-25 April 2016. Melbourne, Australia.
- Yurchenko SG. 2005. Environmental impact of geothermal development in the Goryachy Plyazh area, Kunashir Island, Russia. *Geothermal Training Programme. Orkustofnun, Grensásvegur 9, IS-108 Reykjavik, Iceland. Reports 2005. Number 24. The United Nations University.* www.os.is/gogn/unu-gtp.../UNU-GTP-2005-24. (diakses Juni 2014).
- Yusri S. 2012. *Valuasi ekonomi sumber daya alam kawasan panas bumi Kamojang Jawa Barat.* Tesis (Tidak dipublikasikan). Institut Pertanian Bogor.
- Zen MT. 1994. *Pemanfaatan sumberdaya panas bumi di indonesia dilihat dari konteks perubahan dan dampak terhadap lingkungan secara praktis.* Seminar Panas Bumi HMTG FT UGM-API, 4 Juni 1994, Yogyakarta.