

EKSPLORASI KERAGAMAN BURUNG DAN CAPUNG SEBAGAI BIO-INDIKATOR LINGKUNGAN PERTAMBANGAN

Exploration of Bird and Dragonfly Diversity as Bio-Indicators of Mining Environment

Dian Iswandaru^{1,6*}, Hendry Micky^{1,2}, Novita Sari¹, Aniessa Rinny Asnaning¹, Sepnina Like Lestari¹, Tugiyono³, Syamsurijal Rasimeng^{1,4}, Jujur Prasetyo⁵

¹Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Lampung

Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

²Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, Kementerian ESDM

Jl. Prof. DR. Soepomo No.10 Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12870

³Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Lampung

Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

⁴Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

⁵PT. Andesit Lumbang Sejahtera

Jl. Lintas Sumatera, Bandar Dalam, Kec. Sidomulyo, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung 35353

⁶Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

Corresponding Author: ndaruforest57@gmail.com

Diterima 2 Juni 2026,

direvisi 24 Juni 2026,

disetujui 29 Juni 2026

ABSTRACT

Birds and dragonflies are two taxonomic groups with high potential as environmental bioindicators, particularly in andesite mining areas. Both groups are highly responsive to changes in terrestrial and aquatic environments. This study aimed to explore the species diversity of birds and dragonflies in a mining environment as a database for environmental management and biodiversity conservation efforts. Bird data were collected using the point count method, while dragonfly data were obtained through an exploratory method with purposive sampling. The results recorded 10 bird species from 7 families, namely Alcedinidae, Estrildidae, Campephagidae, Columbidae, Cuculidae, Rallidae, and Pycnonotidae, as well as 6 dragonfly species from 1 family, Libellulidae. The bioecological index of birds and dragonflies is categorized as medium for diversity index (H'), low for richness index (R), high for evenness index (E), and low for dominance index (C). The bird feeding guilds are dominated by granivores, omnivores, insectivores (30% each), and frugivores (10%). All birds and dragonflies are of Least Concern (LC), Non-Appendix (NA) status and are not protected. The presence of birds and dragonflies indicates that the andesite mining exploration area still functions ecologically as a habitat for these taxa, despite experiencing moderate levels of environmental pressure. All recorded species belong to generalist groups that are relatively tolerant of disturbance and pressure from anthropogenic activities, particularly mining. Repeated population surveys (monitoring) of birds and dragonflies, along with a strong commitment to maintaining protected areas for these taxa within the mining scope, are necessary to support biodiversity conservation.

Keywords: *Birds, dragonflies, environmental bioindicators, mining environment*

ABSTRAK

Burung dan capung merupakan dua taksa organisme yang potensial digunakan sebagai bio-indikator lingkungan, khususnya pertambangan andesit. Keduanya sangat baik dalam merespon perubahan lingkungan daratan dan perairan. Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi keragaman spesies burung dan capung di lingkungan pertambangan sebagai database penataan lingkungan dan upaya konservasi keanekaragaman hayati. Metode point count digunakan untuk mengumpulkan data burung, sedangkan metode transek visual digunakan untuk mengumpulkan data capung dengan peletakan sampel secara purposive. Hasil penelitian mencatat 10 spesies burung dari 7 famili yaitu Alcedinidae,

Estrildidae, Campephagidae, Columbidae, Cuculidae, Rallidae dan Pycnonotidae serta 6 spesies capung dari 1 famili yaitu Libellulidae. Indeks bioekologi burung dan capung berada pada kategori sedang (H'), rendah (R), tinggi (E) dan rendah (C). Kelompok pakan burung didominasi oleh granivora, omnivora, insektivora masing-masing 30% dan frugivora 10%. Semua burung dan capung berstatus *Least Concern* (LC), *Non-Appendix* (NA) dan tidak dilindungi. Keberadaan burung dan capung mengindikasikan bahwa area eksplorasi pertambangan andesit masih berfungsi secara ekologis sebagai habitat burung dan capung meskipun mengalami tekanan level moderat. Keseluruhan spesies merupakan kelompok spesies generalis yang relatif toleran terhadap gangguan dan tekanan dari aktivitas antropogenik khususnya pertambangan. Diperlukan upaya pendataan berulang (monitoring) populasi burung dan capung serta komitmen serius dalam mempertahankan area perlindungan bagi burung dan capung pada scope area pertambangan dalam rangka mendukung konservasi keanekaragaman hayati.

Kata kunci: Burung, capung, bio-indikator, lingkungan, pertambangan.

I. PENDAHULUAN

Perubahan lingkungan akibat aktivitas manusia, khususnya kegiatan pertambangan dan industri ekstraktif, telah menjadi salah satu faktor utama yang memengaruhi stabilitas ekosistem darat dan perairan. Alih fungsi lahan, fragmentasi habitat, serta perubahan kualitas air dan vegetasi berimplikasi langsung terhadap keberadaan dan komposisi keanekaragaman hayati (MEA, 2005; Foley et al., 2011). Dalam konteks tersebut, pemantauan lingkungan berbasis organisme hidup (bio-indikator) menjadi pendekatan penting untuk menilai kondisi ekologis suatu wilayah secara efektif, relatif murah, dan berkelanjutan (Dale & Beyeler, 2001).

Burung (Aves) merupakan salah satu kelompok fauna yang paling banyak digunakan sebagai bio-indikator lingkungan karena memiliki sebaran luas, sensitivitas tinggi terhadap perubahan habitat, serta posisi penting dalam jejaring trofik ekosistem (Bibby et al., 2000; Gregory et al., 2005). Keanekaragaman dan struktur komunitas burung sering kali mencerminkan kualitas habitat, kompleksitas vegetasi, serta tingkat gangguan antropogenik (Sekercioglu, 2006). Selain itu, burung relatif mudah diamati dan diidentifikasi, sehingga sering dimanfaatkan dalam kajian ekologi terapan dan pengelolaan lingkungan industri.

Di sisi lain, capung (Ordo Odonata) juga diakui sebagai bio-indikator yang sangat baik, terutama dalam menilai kualitas ekosistem perairan dan kawasan riparian. Fase larva capung yang hidup di perairan menjadikannya

sangat sensitif terhadap perubahan fisik dan kimia air, seperti pencemaran, sedimentasi, dan perubahan aliran (Corbet, 1999; Dolný et al., 2012). Keberadaan dan komposisi spesies capung sering digunakan untuk mengindikasikan tingkat kesehatan lingkungan perairan serta integritas ekosistem di sekitarnya (Clausnitzer et al., 2012).

PT. Andesit Lumbung Sejahtera sebagai kawasan industri berbasis sumber daya alam memiliki dinamika lingkungan yang khas, di mana aktivitas operasional berpotensi memengaruhi struktur dan fungsi ekosistem lokal. Namun demikian, kawasan industri juga dapat berperan sebagai habitat sekunder bagi berbagai organisme apabila dikelola dengan prinsip keberlanjutan dan konservasi keanekaragaman hayati (Newbold et al., 2015). Oleh karena itu, eksplorasi keragaman burung dan capung di wilayah PT Andesit Lumbung Sejahtera menjadi penting untuk memperoleh gambaran kondisi ekologis aktual serta mengevaluasi peran kawasan tersebut dalam mendukung biodiversitas. Penelitian ini merupakan studi pertama yang mengintegrasikan dua taksa bio-indikator (burung dan capung) secara simultan dengan data kualitas air sungai pada kawasan pertambangan andesit di Provinsi Lampung, yang belum pernah dilaporkan pada studi bio-indikator tambang sebelumnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji keragaman burung dan capung sebagai bio-indikator lingkungan di kawasan PT Andesit Lumbung Sejahtera. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam pengelolaan lingkungan perusahaan, mendukung upaya konservasi keanekaragaman hayati, serta menjadi referensi

dalam pengembangan praktik industri yang berwawasan ekologis dan berkelanjutan.

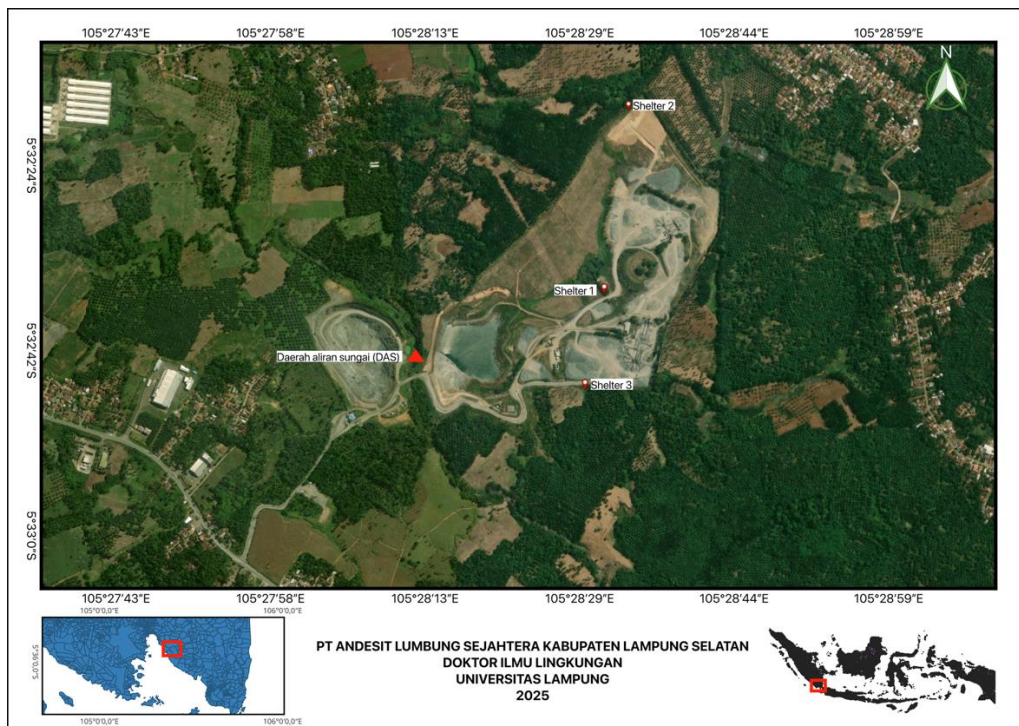
II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Kajian dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di kawasan operasional PT Andesit Lumbung Sejahtera (PT. ALS) yang berada di Kecamatan Sidomulyo, Kabupaten Lampung Selatan, yang mencakup area tambang aktif, sempadan perairan, serta vegetasi penyangga di sekitarnya. PT ALS merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batu

andesit dan produksi batu split. Secara geografis terletak pada $105^{\circ}27'57.619''$ – $105^{\circ}28' 51.336''$ BT dan $5^{\circ}32' 11.271''$ – $5^{\circ}32' 58.201''$ LS.

Pemilihan lokasi didasarkan pada variasi tipe habitat yang berpotensi memengaruhi keberadaan burung dan capung. Pengambilan data dilakukan pada bulan Oktober 2025, dengan mempertimbangkan kondisi cuaca yang relatif stabil untuk memaksimalkan deteksi satwa.



Gambar 1. Lokasi Kajian

B. Desain Penelitian dan Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan survei eksploratif-deskriptif untuk menginventarisasi jenis burung dan capung serta menganalisis keragaman dan struktur komunitasnya sebagai bio-indikator lingkungan. Setiap lokasi pengamatan diperlakukan sebagai unit sampling yang mewakili karakteristik habitat berbeda yaitu

area reklamasi dan badan air. Pengamatan burung dilakukan menggunakan metode point count (Bibby et al., 2000). Pada metode point count, pengamat berdiam diri dan mencatat seluruh perjumpaan individu burung yang terlihat dalam radius ± 50 m selama 10–15 menit di setiap titik pengamatan. Jumlah titik pengamatan sebanyak 2 dengan jarak antar titik sekitar 200 meter. Titik-titik pengamatan ditetapkan secara purposive berdasarkan

karakteristik habitat yang berbeda untuk menghindari penghitungan ganda.

Pengamatan dilakukan pada pagi hari (06.00–09.00 WIB) dan sore hari (15.30–18.00 WIB), saat aktivitas burung relatif tinggi (Mackinnon et al., 2010; Iswandaru et al., 2023). Identifikasi burung dilakukan berdasarkan ciri morfologi dan suara, mengacu pada MacKinnon et al., (2010); Taufiqurrahman et al., (2022). Data yang dicatat meliputi nama spesies, aktivitas, dan tipe habitat (area reklamasi dan badan air). Pengamatan capung dilakukan menggunakan metode transek visual aktif di sepanjang badan air, kolam, (Corbet, 1999) Pengumpulan data dilakukan dengan berjalan di sepanjang kolam dan sekitar sungai. Pengamatan dilakukan pukul 07.00-09.00 dan 15.00-17.30 WIB. Individu yang teramati diidentifikasi secara langsung atau didokumentasikan menggunakan kamera untuk identifikasi lanjutan. Identifikasi capung mengacu pada karakter morfologi seperti warna tubuh, bentuk sayap, dan pola toraks-abdomen berdasarkan Setyono et al., (2017). Data yang dicatat meliputi nama spesies, tipe habitat, dan kondisi perairan secara umum.

Pengelompokkan jenis burung dan capung dalam famili menggunakan studi literatur pada proses identifikasi berdasarkan buku panduan burung dan capung diatas. Termasuk pengelompokkan data spesies berdasarkan status keterancaman yang merujuk pada IUCN RedList (*International Union for Conservation of Nature*), status perdagangan merujuk pada dokumen CITES (*Convention on International in Trade of Endangered Species of Wild Fauna and Flora*) dan status perlindungan merujuk pada Permen LHK Nomor P.106/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2018.

C. Parameter Lingkungan Pendukung

Data parameter lingkungan yang dikumpulkan adalah kualitas air. Data ini diperoleh melalui data sekunder dari Laporan Pelaksanaan Dokumen Lingkungan (RKL-RPL AMDAL) tahun 2025.

D. Analisis Data

Komposisi spesies Analisis bioekologi lingkungan menggunakan pendekatan kuantitatif seperti indeks Shannon-Wiener, Indeks Kekayaan Margalef, Indeks Kemerataan Pielou dan famili burung dihitung berdasarkan Indeks Dominansi Simpson. Secara matematis, fomulasi keempat indeks tersebut sebagai berikut:

1. Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener (H')

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

2. Indeks Kekayaan Jenis Margalef (R)

$$R = \frac{S - 1}{\ln N}$$

3. Indeks Kemerataan Pielou (E)

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

4. Indeks Dominansi Simpson (C)

$$C = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Keterangan:

Pi = n_i/N dimana n_i adalah jumlah perjumpaan (frekuensi) pada individu jenis ke- i dan N adalah jumlah total individu seluruh titik pengamatan, kemudian ditabulasi. jenis
S = Jumlah jenis
Ln = Logaritma Natural

Kategorisasi merujuk pada Magurran (1988); Odum (1993); Fachrul (2007):

$H' < 1$ (rendah); $1 \leq H' \leq 3$ (sedang); $H' > 3$ (tinggi)
 $R < 2,5$ (rendah); $2,5 \leq R \leq 4$ (sedang); $R > 4$ (tinggi)
 $E < 0,4$ (rendah); $0,4 \leq E \leq 0,6$ (sedang); $E > 0,6$ (tinggi)
 $C < 0,5$ (rendah); $0,5 \leq C \leq 0,75$ (sedang); $C > 0,75$ (tinggi)

Interpretasi peran burung dan capung sebagai bio-indikator dilakukan secara deskriptif-komparatif dengan mengacu pada karakter ekologi spesies, seperti afiliasi habitat, toleransi terhadap gangguan, ketergantungan terhadap kualitas perairan dan vegetasi (Sekercioglu, 2006; Clausnitzer et al., 2012).

Keberadaan spesies sensitif digunakan sebagai indikator kondisi lingkungan yang relatif baik, sedangkan dominasi spesies toleran mengindikasikan adanya tekanan lingkungan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Komposisi Spesies Burung

Tabel 1. Daftar Spesies Burung

No	Famili	Nama lokal	Nama ilmiah	IUCN	CITES	P.LHK/106/2018
1	Alcedinidae	Cekakak sungai	<i>Todyramphus chloris</i>	LC	NA	TD
2	Campephagidae	Kapasan kemiri	<i>Lalage nigra</i>	LC	NA	TD
3	Columbidae	Tekukur biasa	<i>Spilopelia chinensis</i>	LC	NA	TD
4	Columbidae	Perkutut jawa	<i>Geopelia striata</i>	LC	NA	TD
5	Cuculidae	Wiwik kelabu	<i>Cacomantis merulinus</i>	LC	NA	TD
6	Cuculidae	Bubut alang-alang	<i>Centropus bengalensis</i>	LC	NA	TD
7	Estrildidae	Bondol peking	<i>Lonchura punctulata</i>	LC	NA	TD
8	Pycnonotidae	Cucak kutilang	<i>Pycnonotus aurigaster</i>	LC	NA	TD
9	Pycnonotidae	Merbah cerukcuk	<i>Pycnonotus goiavier</i>	LC	NA	TD
10	Rallidae	Kareo padi	<i>Amaurornis phoenicurus</i>	LC	NA	TD

Keterangan: LC (Least Concern); NA (Non-Appendix); TD (Tidak Dilindungi)

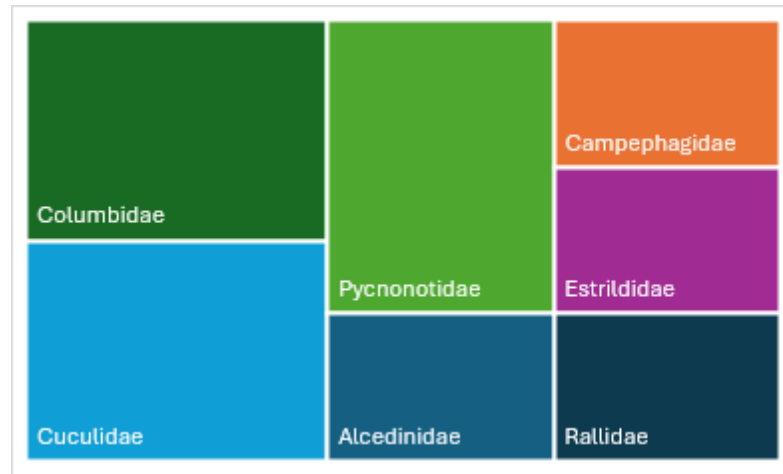
Kesepuluh spesies burung yang tercatat semuanya berstatus Least Concern (LC) menurut IUCN Red List, menunjukkan bahwa secara global populasi mereka belum tergolong terancam punah saat ini. Status LC umumnya menunjukkan bahwa populasi masih cukup besar dan tersebar luas, serta tidak menunjukkan tren penurunan drastis yang saat ini signifikan secara global. IUCN LC juga berarti spesies ini belum termasuk dalam daftar nyaris terancam (*Near Threatened*) atau lebih tinggi (*Vulnerable*, *Endangered*, *Critically Endangered*) menurut standar global saat ini (IUCN, 2024). Sementara itu CITES pada semua spesies tercatat NA (tidak tercantum), yang berarti tidak ada batasan perdagangan internasional yang signifikan untuk spesies ini di tingkat global. Ini konsisten dengan status LC mereka. Berdasarkan Permen LHK No. P.106/2018, semua jenis dikategorikan TD

Berdasarkan pengamatan, tercatat 10 spesies burung dari 7 famili (Tabel 1). Kesepuluh spesies burung memiliki status keterancaman IUCN, status perdagangan CITES dan status Perlindungan Permen LHK Nomor : P.106/MENLHK/SETJEN/ KUM.1/12/2018

(tidak dilindungi). Ini menandakan bahwa menurut regulasi konservasi Indonesia saat ini, burung-burung ini belum termasuk daftar yang mendapat perlindungan hukum langsung, berbeda dengan spesies yang dikategorikan ‘D’ (Dilindungi). Ketidakterlindungan ini biasanya dikarenakan fakta bahwa spesies-spesies tersebut memiliki populasi yang relatif stabil, mudah menjalar di berbagai tipe habitat, dan belum menunjukkan penurunan akut di wilayah Indonesia.

B. Komposisi Famili Burung

Komposisi famili burung yang tercatat terdiri dari 7 famili dengan jumlah spesies berbeda (Gambar 1). Jumlah spesies terbanyak diantaranya famili Columbidae, Cuculidae dan Pycnonotidae masing-masing 2 spesies, sedangkan sisanya masing-masing hanya 1 spesies.



Gambar 1. Pebandingan famili burung dan spesies
Figure 1. Comparison of Bird Families and Species

1. Famili Alcedinidae (Cekakak Sungai – *Todiramphus chloris*)

Kehadiran Alcedinidae menunjukkan ketersediaan habitat perairan atau area semi-terbuka yang masih fungsional. Cekakak sungai merupakan pemangsa serangga dan vertebrata kecil yang sangat bergantung pada kejernihan perairan dan ketersediaan mangsa. Dalam konteks bio-indikator, famili ini sering diasosiasikan dengan kondisi riparian yang relatif stabil, meskipun masih mampu bertahan pada habitat yang telah terfragmentasi (Martin et al., 2021). Keberadaan Alcedinidae pada kawasan studi mengindikasikan bahwa sistem perairan di sekitar lokasi masih mendukung rantai trofik tingkat menengah.

2. Famili Campephagidae (Kapas Kemiri – *Lalage nigra*)

Campephagidae merupakan kelompok insektivora arboreal yang bergantung pada struktur tajuk vegetasi. Kehadiran kapas kemiri mencerminkan adanya vegetasi berlapis dan kanopi pohon yang cukup, meskipun tidak selalu dalam kondisi hutan primer. Studi terkini menunjukkan bahwa famili ini sering menjadi indikator transisi antara habitat alami dan habitat yang telah dimodifikasi (Mansor & Sah, 2020). Dengan demikian, keberadaan Campephagidae mengindikasikan bahwa

kawasan studi belum sepenuhnya kehilangan kompleksitas vegetasi.

3. Famili Columbidae (Tekukur Biasa dan Perkutut Jawa)

Columbidae merupakan famili granivora yang sangat toleran terhadap gangguan manusia. Dominasi dua spesies Columbidae dalam komunitas burung menunjukkan tingginya proporsi habitat terbuka atau semi-terbuka, seperti area tambang, lahan reklamasi, atau sempadan vegetasi sekunder. Secara ekologis, peningkatan proporsi Columbidae sering dikaitkan dengan penyederhanaan struktur habitat, meskipun masih menyediakan sumber pakan berupa biji-bijian (Callaghan et al., 2021).

4. Famili Cuculidae (Wiwik Kelabu dan Bubut Alang-alang)

Cuculidae memiliki strategi hidup yang unik, termasuk parasitisme sarang dan ketergantungan terhadap komunitas serangga. Kehadiran dua spesies Cuculidae mencerminkan ketersediaan sumber pakan serangga yang relatif stabil serta keberadaan habitat semak dan tepi vegetasi. Famili ini sering ditemukan pada lanskap mosaik yang terdiri dari vegetasi alami dan area terganggu (Santos et al., 2023). Oleh karena itu, Cuculidae dapat dianggap sebagai indikator bahwa habitat

masih mampu menopang interaksi ekologis yang cukup kompleks.

5. Famili Estrildidae (Bondol Peking – *Lonchura punctulata*)

Estrildidae merupakan burung kecil granivora yang sangat adaptif dan sering diasosiasikan dengan lingkungan terfragmentasi dan agro-industri. Kehadirannya dalam jumlah signifikan sering digunakan sebagai indikator habitat terbuka dengan tekanan antropogenik sedang hingga tinggi (Kumar et al., 2020). Dalam konteks kawasan PT Andesit Lumbung Sejahtera, Estrildidae mengindikasikan bahwa sebagian area telah mengalami perubahan fungsi lahan, namun masih menyediakan sumber pakan yang mencukupi.

6. Famili Pycnonotidae (Cucak Kutilang dan Merbah Cerukcuk)

Pycnonotidae adalah famili omnivora-frugivora yang sangat fleksibel secara ekologis. Dominasi famili ini sering diasosiasikan dengan habitat sekunder, semak belukar, dan tepi hutan. Studi terbaru menunjukkan bahwa Pycnonotidae sering meningkat kelimpahannya pada lanskap yang mengalami gangguan sedang, sekaligus berperan penting dalam dispersi biji dan regenerasi vegetasi (Zhang et al., 2022). Hal ini mengindikasikan bahwa

kawasan studi masih memiliki fungsi ekologis dalam siklus regenerasi tumbuhan.

7. Famili Rallidae (Kareo Padi – *Amaurornis phoenicurus*)

Rallidae merupakan kelompok burung yang erat kaitannya dengan habitat basah dan vegetasi riparian. Kehadiran kareo padi menunjukkan bahwa area lembap, rawa kecil, atau sempadan perairan di kawasan studi masih tersedia dan relatif berfungsi. Famili ini sering digunakan sebagai indikator kondisi mikrohabitat basah dalam lanskap industri (Li et al., 2021).

C. Komposisi Spesies Capung

Data menunjukkan keberadaan enam spesies capung yang seluruhnya berasal dari famili Libellulidae (Tabel 2). Famili ini dikenal sebagai kelompok capung sejati (skimmers) yang memiliki sebaran luas, daya adaptasi tinggi, dan sering mendominasi komunitas capung di habitat perairan terbuka maupun semi-terganggu. Seluruh spesies berstatus Least Concern (LC) menurut IUCN, tidak terdaftar dalam CITES (NA), serta termasuk Tidak Dilindungi (TD) berdasarkan P. LHK No. 106 Tahun 2018. Komposisi ini mengindikasikan bahwa komunitas capung yang teramati didominasi oleh spesies umum dengan toleransi ekologis yang luas.

Tabel 2. Daftar Spesies Capung

No	Famili	Nama lokal	Nama ilmiah	IUCN	CITES	P.LHK/106/2018
1	Libellulidae	Capung-sayap oranye	<i>Brachythemis contaminata</i>	LC	NA	TD
2	Libellulidae	Capung-tengger biru	<i>Diplacodes trivialis</i>	LC	NA	TD
3	Libellulidae	Capung-sambar hijau	<i>Orthetrum sabina</i>	LC	NA	TD
4	Libellulidae	Capung-lorenz tombak	<i>Igtnogomphus decoratus</i>	LC	NA	TD
5	Libellulidae	Capung-sambar dada karat	<i>Brachydiplax chalybea</i>	LC	NA	TD
6	Libellulidae	Capung-jala lurus	<i>Neurothemis terminata</i>	LC	NA	TD

Keterangan: LC (Least Concern); NA (Non-Appendix); TD (Tidak Dilindungi)

Dominasi Libellulidae mencerminkan kondisi habitat yang kemungkinan berupa perairan dangkal, seperti kolam, saluran irigasi, sawah, atau sungai berarus lambat dengan paparan cahaya matahari tinggi. Spesies seperti *Brachythemis contaminata*, *Diplacodes trivialis*, dan *Orthetrum sabina* dikenal sebagai indikator perairan terbuka dan habitat yang mengalami tekanan antropogenik ringan hingga sedang, karena mampu berkembang pada kualitas air yang fluktuatif. Kehadiran *Neurothemis terminata* dan *Brachydiplax chalybea* menunjukkan adanya mikrohabitat dengan vegetasi tepi perairan yang cukup, karena spesies ini memerlukan struktur vegetasi untuk bertengger dan beraktivitas reproduktif. Sementara itu, keberadaan *Igtnogompus decoratus* (meskipun masih tercatat LC) relatif menarik karena genus ini umumnya memiliki preferensi habitat yang sedikit lebih spesifik dibanding Libellulidae tipikal, sehingga dapat mencerminkan heterogenitas habitat dalam lokasi pengamatan.

D. Keanekaragaman Jenis Burung dan Capung

Pemantauan kondisi ekologis di area operasional dilakukan melalui pengukuran empat indeks bioekologi pada dua kelompok fauna yang berfungsi sebagai bioindikator, yaitu burung dan capung (Odonata). Keempat indeks yang dianalisis meliputi Indeks Keanekaragaman Jenis (H'), Indeks Kekayaan Jenis (R), Indeks Kemerataan Jenis (E), dan Indeks Dominansi Jenis (C), yang secara bersama-sama menggambarkan struktur dan kestabilan komunitas pada kedua kelompok takson tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keempat indeks bioekologi menunjukkan hasil yang berbeda (Tabel 3).

Tabel 3. Indeks Bioekologi Burung dan Capung

Indeks Bioekologi	Burung	Capung	Kategori
H'	1,73	1,69	Sedang
R	2,34	1,70	Rendah
E	0,75	0,95	Tinggi
C	0,16	0,20	Rendah

Nilai H' burung sebesar 1,73 termasuk dalam kategori sedang, yang berarti komunitas burung memiliki variasi jenis yang cukup baik namun berada dalam kondisi tertekan secara moderat, sebuah pola yang umum dijumpai pada kawasan dengan gangguan aktivitas manusia seperti area pertambangan, di mana sebagian habitat alami telah terfragmentasi (Gunarto et al., 2021).

Nilai R sebesar 2,34 berada pada batas bawah kategori rendah-sedang, mengindikasikan bahwa jumlah jenis burung yang ditemukan relatif terbatas dibandingkan jumlah individu yang tercatat. Hal ini selaras dengan karakteristik kawasan tambang yang umumnya memiliki struktur vegetasi lebih sederhana dibandingkan hutan alami, sehingga ketersediaan relung ekologis (niche) bagi berbagai jenis burung menjadi lebih terbatas (Fuadi et al., 2024).

Nilai E sebesar 0,75 dan nilai C sebesar 0,16 menunjukkan pola yang konsisten: pemerataan tinggi dan dominansi rendah. Artinya, meskipun jumlah jenis burung yang ditemukan tidak terlalu banyak, individu-individu yang ada tersebar relatif merata di antara jenis-jenis tersebut tanpa adanya satu jenis yang secara mencolok mendominasi komunitas. Kondisi ini mencerminkan komunitas yang relatif stabil meski berada pada tingkat keanekaragaman sedang.

Nilai H' capung sebesar 1,69 juga berada pada kategori sedang, hampir setara dengan komunitas burung. Capung dikenal luas sebagai bioindikator kualitas perairan karena fase nimfanya yang akuatik sangat sensitif terhadap perubahan kualitas air, termasuk perubahan pH, kekeruhan, dan kandungan sedimen yang dapat dipengaruhi oleh aktivitas pertambangan di sekitar badan air (Husnia, et al., 2019).

Nilai R capung sebesar 1,70 termasuk kategori rendah, menunjukkan kekayaan jenis capung yang lebih terbatas dibandingkan burung. Kondisi ini umum terjadi pada badan air yang telah mengalami gangguan, karena famili-famili capung tertentu, misalnya *Chlorocyphidae*, *Calopterygidae*, dan

Gomphidae hanya dapat bertahan pada perairan dengan kualitas baik, sehingga rendahnya kekayaan jenis dapat menjadi sinyal awal adanya tekanan terhadap ekosistem perairan (Alista et al., 2024).

Nilai E sebesar 0,95, yang merupakan nilai tertinggi di antara seluruh indeks pada Tabel 3 menunjukkan pemerataan individu antarjenis capung yang sangat tinggi, sementara nilai C sebesar 0,20 menunjukkan dominansi yang rendah. Kombinasi ini berarti bahwa walaupun jenis capung yang ditemukan tidak banyak, kelimpahan individu antarjenis sangat seimbang, tanpa adanya jenis yang dominan secara ekstrem.

Burung dan capung merupakan dua kelompok bioindikator yang merepresentasikan kompartemen ekosistem yang berbeda namun saling melengkapi: burung lebih banyak merespons kondisi vegetasi dan struktur habitat darat, sementara capung merespons kualitas dan ketersediaan habitat perairan (Husnia et al., 2019; Alita et al., 2024). Ditemukannya nilai keanekaragaman sedang pada kedua kelompok ini di area PT Andesit Lumbung Sejahtera menunjukkan bahwa, meskipun terdapat tekanan akibat aktivitas pertambangan, kondisi habitat di kawasan tersebut belum mengalami degradasi yang parah, karena keanekaragaman jenis yang rendah secara ekstrem ($H' < 1$) tidak teramati pada kedua takson.

E. Peran Bio-Indikator dan Interpretasi Lingkungan

Komposisi burung yang tercatat di kawasan pertambangan andesit menunjukkan keberadaan berbagai famili yang mewakili beberapa guild ekologis utama (Gambar 4),

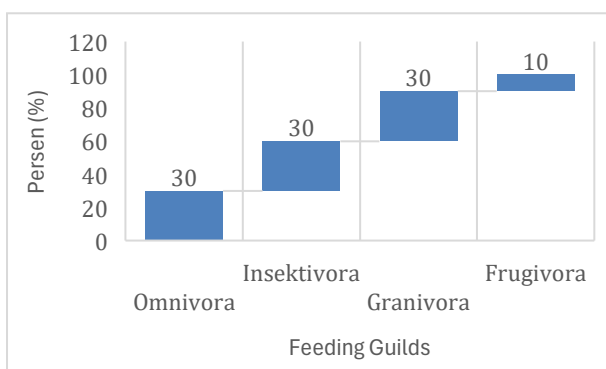
seperti insektivora, granivora, omnivora, dan spesies yang berasosiasi dengan habitat basah. Kehadiran famili Alcedinidae dan Rallidae, yang masing-masing diwakili oleh *Todiramphus chloris* dan *Amaurornis phoenicurus*, mengindikasikan bahwa elemen habitat perairan dan riparian di sekitar area tambang masih berfungsi secara ekologis. Burung-burung ini dikenal sensitif terhadap perubahan kualitas air, sedimentasi, dan gangguan fisik habitat basah, sehingga keberadaannya mencerminkan kondisi perairan yang relatif stabil meskipun berada dalam lanskap industri ekstraktif (Li et al., 2021; Şekercioglu et al., 2022).

Di sisi lain, dominasi famili Columbidae, Pycnonotidae, dan Estrildidae masing-masing 30% mencerminkan karakteristik umum komunitas burung pada lanskap yang telah mengalami modifikasi antropogenik. Spesies seperti *Spilopelia chinensis*, *Geopelia striata*, *Pycnonotus aurigaster*, dan *Lonchura punctulata* dikenal memiliki toleransi tinggi terhadap perubahan habitat, terutama pada area terbuka, vegetasi sekunder, dan lahan reklamasi (Gambar 2). Kehadiran kelompok ini dalam komunitas burung pertambangan andesit menunjukkan bahwa habitat di lokasi penelitian cenderung berada pada kondisi gangguan moderat, di mana struktur vegetasi sederhana masih mampu menyediakan sumber pakan dan ruang hidup bagi spesies generalis (Callaghan et al., 2021; Santana et al., 2020).



Gambar 2. Kiri: Cucak kutilang (*Pycnonotus aurigaster*) sedang bertengger pada tanaman restorasi, Kanan: Tekukur biasa (*Spelopelia chinensis*) sedang mencari makan di permukaan tanah.

Burung kelompok insektivora seperti Campephagidae dan Cuculidae memberikan indikasi tambahan terkait kualitas struktur vegetasi dan ketersediaan sumber pakan serangga. Kehadiran *Lalage nigra*, *Cacomantis merulinus*, dan *Centropus bengalensis* menunjukkan bahwa kawasan pertambangan tidak sepenuhnya homogen atau terdegradasi, melainkan masih memiliki mosaik habitat berupa semak, pepohonan, dan area transisi yang mendukung rantai trofik serangga. Studi terkini menunjukkan bahwa burung insektivora arboreal dan semak merupakan indikator penting bagi kompleksitas vegetasi dan proses suksesi habitat pascatambang (Mansor & Sah, 2020; Santos et al., 2023).



Gambar 3. Persentase feeding guilds burung

Komposisi feeding guild yang relatif seimbang antara insektivora, granivora, dan omnivora (masing-masing 30%), diiringi proporsi frugivora yang rendah,

menggambarkan pola umum komunitas burung pada kawasan dengan tutupan vegetasi yang belum sepenuhnya pulih atau pada habitat sekunder yang mengalami modifikasi, sebagaimana lazim dijumpai di sekitar area operasional pertambangan. Pola ini konsisten dengan prinsip bahwa struktur guild burung dapat mencerminkan kondisi keseimbangan habitat suatu ekosistem (Soegiharto, 2020), karena dominasi guild generalis (omnivora, insektivora, granivora) dibandingkan guild spesialis (frugivora) umumnya berasosiasi dengan tingkat gangguan habitat yang lebih tinggi.

Tetap ditemukannya proporsi insektivora yang signifikan menjadi indikasi positif, karena guild ini berperan penting sebagai pengendali alami populasi serangga di kawasan tersebut, sekaligus menunjukkan bahwa ketersediaan sumber daya serangga di area operasional masih dapat mendukung kebutuhan pakan kelompok burung ini (Pardede et al., 2025). Namun, rendahnya proporsi frugivora perlu menjadi perhatian dalam pengelolaan lingkungan, karena keberadaan burung pemakan buah berkaitan erat dengan fungsi penyebaran biji (*seed dispersal*) yang mendukung regenerasi vegetasi alami di kawasan revegetasi tambang. Oleh sebab itu, upaya penanaman pohon penghasil buah pada program reklamasi dan revegetasi area tambang dapat menjadi strategi yang efektif untuk meningkatkan proporsi guild frugivora, yang

pada akhirnya akan mendukung proses regenerasi vegetasi secara alami dan meningkatkan keanekaragaman fungsional komunitas burung secara keseluruhan.

Komposisi capung yang seluruhnya berasal dari famili Libellulidae menunjukkan karakter khas komunitas Odonata pada lanskap yang telah mengalami modifikasi antropogenik, termasuk kawasan pertambangan andesit. Famili Libellulidae dikenal sebagai kelompok capung yang relatif toleran terhadap perubahan habitat, terutama pada perairan terbuka, kolam buatan, saluran air, dan habitat lentik sementara yang umum terbentuk akibat aktivitas penambangan (Clausnitzer et al., 2017; Dolný et al., 2020).

Kehadiran *Brachythemis contaminata* dan *Diplacodes trivialis* sering diasosiasikan dengan perairan terbuka yang terpapar cahaya matahari tinggi, substrat berlumpur, dan tingkat sedimentasi relatif besar. Kondisi tersebut lazim dijumpai pada kolam bekas galian, saluran drainase tambang, atau genangan air di area produksi andesit. Berbagai studi menunjukkan bahwa dominasi spesies-spesies ini mencerminkan lingkungan perairan yang telah terdisturbansi, namun masih mampu mendukung siklus hidup Odonata, khususnya fase larva yang sensitif terhadap perubahan hidromorfologi (Kalkman et al., 2018; Harabiš & Dolný, 2019).



Gambar 4. Kiri: Capung sayap oranye (*Brachythemis contaminata*) sedang bertengger di ranting kering tepi perairan; Kanan: Capung sambar dada karat (*Brachydiplax chalybea*) sedang terbang berburu kemudian bertengger.

Kehadiran *Orthetrum sabina* dan *Brachydiplax chalybea* memberikan indikasi tambahan terkait fleksibilitas ekologis komunitas capung di kawasan pertambangan. Kedua spesies ini dikenal sebagai predator serangga yang adaptif dan mampu bertahan pada perairan dengan kualitas sedang, termasuk area dengan vegetasi air terbatas dan tekanan aktivitas manusia. Dalam konteks bioindikator, keberadaan spesies ini menunjukkan bahwa meskipun terjadi perubahan lingkungan akibat penambangan andesit, sistem perairan masih mempertahankan fungsi ekologis dasar seperti

ketersediaan mangsa dan stabilitas mikrohabitat (Samways & Steytler, 2020).

Sementara itu, keberadaan *Neurothemis terminata* dan *Igtingomphus decoratus* mengindikasikan adanya heterogenitas habitat perairan di kawasan studi. *Neurothemis terminata* umumnya ditemukan pada perairan tenang dengan vegetasi tepi yang cukup, sedangkan kelompok Gomphidae (seperti *Igtingomphus*) umumnya lebih selektif terhadap kondisi substrat dan aliran air. Kehadiran spesies ini menunjukkan bahwa tidak seluruh elemen perairan di kawasan pertambangan berada dalam kondisi

terdegradasi berat, melainkan masih terdapat mikrohabitat yang relatif lebih stabil dan mendukung spesies dengan kebutuhan ekologis yang lebih spesifik (Clausnitzer et al., 2017; Dolný et al., 2020).

Lokasi pertambangan batu andesit PT. ALS, mengalir Sungai Way Napal. Pengujian nilai kualitas air sungai pada daerah pertambangan andesit PT. ALS dilakukan dengan mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang baku mutu air.

Standar baku mutu air yang digunakan adalah air kategori 3 yang merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut (PP No 22, 2021). Hasil pengujian kualitas air Sungai Way Napal pada daerah hulu dan hilirnya dapat dilihat dalam Tabel 3 di bawah ini:

Tabel 3. Nilai Kualitas Air Sungai Way Napal PT. ALS

No	Parameter	Hasil Uji pada Lokasi Sungai		Baku Mutu	Satuan	Keterangan	
		Hulu	Hilir			Hulu	Hilir
1.	Suhu	28	27	Dev3	°C	memenuhi	memenuhi
2.	TSS	6	7	100	mg/L	memenuhi	memenuhi
3.	pH	7	7	6-9	-	memenuhi	memenuhi
4.	BOD	5	5	6	mg/L	memenuhi	memenuhi
5.	COD	39	34	40	mg/L	memenuhi	memenuhi
6.	NH ₃	0,2	0,2	0,5	mg/L	memenuhi	memenuhi
7.	MBAS	<0,019	<0,019	0,2	mg/L	memenuhi	memenuhi
8.	Minyak dan Lemak	<0,03	<0,03	1	mg/L	memenuhi	memenuhi
9.	<i>Fecal Coliform</i>	840	1.025	2000	Jml/100mL	memenuhi	memenuhi

Berdasarkan hasil uji kualitas air sungai pada lokasi hulu dan hilir menunjukkan bahwa seluruh parameter fisik, kimia, dan mikrobiologi masih berada dalam batas baku mutu yang ditetapkan. Nilai suhu, TSS, dan pH pada kedua lokasi relatif stabil, mencerminkan kondisi fisik perairan yang masih mendukung keberlangsungan ekosistem akuatik. Konsentrasi TSS yang rendah mengindikasikan minimnya gangguan sedimen tersuspensi, yang sering menjadi salah satu dampak utama aktivitas penambangan batuan. Kondisi ini menunjukkan bahwa kontribusi limpasan material tambang terhadap kekeruhan air sungai masih terbatas.

Parameter pencemar organik, yang direpresentasikan oleh nilai BOD dan COD, juga menunjukkan tingkat yang relatif rendah dan masih memenuhi baku mutu. Hal ini mengindikasikan bahwa beban bahan organik di perairan sungai belum menimbulkan tekanan signifikan terhadap ketersediaan oksigen

terlarut. Konsentrasi amonia, MBAS, serta minyak dan lemak yang sangat rendah memperkuat indikasi bahwa masukan limbah domestik maupun industri ke badan sungai masih dalam tingkat yang terkendali.

Dari aspek mikrobiologi, jumlah Fecal Coliform pada lokasi hilir menunjukkan peningkatan dibandingkan hulu, namun masih berada di bawah ambang batas baku mutu. Pola ini mengindikasikan adanya aktivitas antropogenik di sepanjang aliran sungai, meskipun belum mencapai tingkat pencemaran yang mengkhawatirkan. Perbedaan nilai antara hulu dan hilir menjadi indikator awal adanya tekanan lingkungan yang perlu dimonitor secara berkelanjutan.

Hasil analisis kualitas air sungai secara menyeluruh di lokasi hulu dan hilir menunjukkan bahwa seluruh parameter fisika, kimia, dan mikrobiologi memenuhi baku mutu lingkungan pada baku mutu air kategori tiga untuk pembudidayaan ikan air tawar,

peternakan, air untuk mengairi tanaman. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kualitas air sungai masih relatif baik dan belum terdampak berat oleh aktivitas di sekitarnya, termasuk aktivitas pertambangan andesit. Namun demikian, pemantauan berkala tetap diperlukan untuk mendeteksi potensi perubahan kualitas air secara dini dan menjaga keberlanjutan fungsi ekosistem sungai.

Kondisi kualitas air yang masih berada dalam batas baku mutu tidak hanya menunjukkan fungsi ekologis perairan yang masih berjalan, tetapi juga memiliki relevansi terhadap keberlanjutan sosial ekonomi masyarakat di sekitar kawasan pertambangan. Masyarakat yang bermukim pada radius <1000–10.000 m masih memanfaatkan sumber daya lingkungan untuk kebutuhan domestik, pertanian, dan aktivitas pendukung lainnya. Dalam konteks ini, keberadaan burung dan capung sebagai bioindikator memberikan gambaran bahwa tekanan ekologis akibat aktivitas pertambangan belum melampaui batas toleransi lingkungan secara signifikan. Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa pengelolaan lingkungan yang dilakukan perusahaan berpotensi berkontribusi terhadap stabilitas fungsi ekologis sekaligus menjaga keberlanjutan dan daya dukung lingkungan bagi masyarakat sekitar.

Kondisi ini sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa penerapan pengendalian debu, getaran, dan kebisingan, telah melakukan penyesuaian teknis operasional tambang secara bertahap dan berkelanjutan. Pengendalian tersebut berkontribusi signifikan terhadap penurunan persepsi negatif masyarakat terhadap gangguan fisik lingkungan (Lestari et al., 2025; Pratama & Yanuwadi, 2023). Meskipun demikian, aspek kompensasi ekonomi dan evaluasi umum pengelolaan lingkungan masih menunjukkan ruang perbaikan. Temuan ini konsisten dengan hasil studi sosial lingkungan pada kawasan pertambangan yang menegaskan bahwa penerimaan masyarakat tidak hanya dipengaruhi oleh keberhasilan pengelolaan

dampak fisik, tetapi juga oleh keadilan distribusi manfaat dan efektivitas komunikasi perusahaan dengan masyarakat terdampak (Rahman et al., 2022; Sari et al., 2024).

Secara keseluruhan, dominasi famili Columbidae, Pycnonotidae, Cuculidae dari burung dan Libellulidae dari capung menunjukkan bahwa kombinasi spesies toleran dan semi-sensitif mencerminkan kondisi lingkungan pertambangan andesit yang berada pada tingkat gangguan moderat, di mana perubahan fisik habitat vegetasi dan perairan telah terjadi, namun masih fungsional dan belum sepenuhnya menghilangkan fungsi ekologisnya meskipun telah mengalami tekanan aktivitas pertambangan. Kondisi perairan yang relatif masih baik menjadi representasi indikator lingkungan yang relevan dengan kehadiran burung dan capung. Pola ini sejalan dengan konsep bioindikator, di mana dominasi spesies generalis menunjukkan adanya gangguan, sementara keberadaan spesies riparian, insektivora dan capung menunjukkan bahwa batas toleransi ekologis belum terlampaui (Şekercioğlu et al., 2022). Dalam kerangka bioindikator, komunitas burung dan capung ini dapat digunakan untuk menilai kualitas lingkungan dan perairan pascatambang, efektivitas pengelolaan area vegetasi, drainase dan kolam tambang, serta potensi pemulihan ekosistem perairan melalui revegetasi dan pengendalian sedimentasi. Dengan demikian, burung dan capung berperan penting sebagai indikator biologis yang sensitif dan relevan dalam pemantauan lingkungan pertambangan andesit.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Ditemukan sebanyak 10 spesies burung dari 7 famili yaitu Alcedinidae, Estrildidae, Campephagidae, Columbidae, Cuculidae, Rallidae dan Pycnonotidae serta 6 spesies capung dari 1 famili yaitu Libellulidae. Famili burung yang dominan adalah Columbidae, Cuculidae dan Pycnonotidae masing-masing 2 spesies. Keseluruhan spesies burung dan capung memiliki status keterancaman IUCN

resiko rendah (LC), status perdagangan CITES non-appendix (NA) dan status perlindungan Permen LHK 106/2018 yaitu tidak dilindungi. Indeks bioekologi burung dan capung menunjukkan kategori sedang (H'), rendah (R), tinggi (E) dan rendah (C). Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi habitat tidak terdegradasi signifikan meski mengalami tekanan akibat aktivitas pertambangan. Keberadaan spesies burung dan capung mengindikasikan bahwa area pertambangan andesit masih fungsional secara ekologis sebagai habitat burung meskipun mengalami tekanan moderat. Hal ini dikuatkan juga dengan hasil analisis kualitas air pada daerah hulu dan hilir sungai yang memenuhi syarat baku mutu air kategori tiga untuk memenuhi kebutuhan sumber air bagi burung dan capung serta pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman.

UCAPAN TERIMA KASIH (ACKNOWLEDGEMENT)

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Lampung, khususnya Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan, atas dukungan akademik dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada PT Andesit Lumbung Sejahtera yang telah memberikan akses data dan informasi pendukung, khususnya dokumen dan laporan pemantauan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alita A, Nurtjahya E, Sutrisno H. (2024). Capung (Ordo: Odonata) di Kawasan Reklamasi Bekas Tambang Timah, Belinyu, Bangka. *BIO-EDU: JURNAL PENDIDIKAN BIOLOGI* 9(1):31-42. <https://doi.org/10.32938/jbe.v9i1.6568>
- Bibby CJ, Burgess ND, Hill DA and Mustoe S. 2000. Bird census techniques. 2nd ed. Academic Press.
- Callaghan CT, Major RE, Lyons MB and Cornwell WK. 2021. The effects of habitat modification on bird functional diversity. *Journal of Applied Ecology* 58(5):946–957. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13827>
- Clausnitzer V, Kalkman VJ, Ram M, Collen B, Baillie JEM, Bedjanić M *et al.* 2012. Odonata enter the biodiversity crisis debate: The first global assessment of an insect group. *Biological Conservation* 152:12–22. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.03.028>
- Corbet PS. 1999. Dragonflies: Behaviour and ecology of Odonata. Harley Books.
- Dale VH and Beyeler SC. 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators* 1(1):3–10. [https://doi.org/10.1016/S1470-160X\(01\)00003-6](https://doi.org/10.1016/S1470-160X(01)00003-6)
- Devictor V, Julliard R, Couvet D and Jiguet F. 2008. Birds as ecological indicators of habitat modification. *Ecological Indicators* 8(6):933–942.
- Direktorat Jenderal KSDAE. 2025. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.106/2018 tentang jenis tumbuhan dan satwa dilindungi. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.
- Dolný A, Harabiš F and Mižičová H. 2012. Home range, movement, and migration of dragonflies. *Insect Conservation and Diversity* 5(4):255–265. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2012.00179.x>
- Dolný A, Harabiš F, Bárta D, Lhota S and Drozd P. 2020. Aquatic insects indicate terrestrial habitat degradation: Dragonflies as sentinels of landscape change. *Ecological Indicators* 109:105779. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105779>
- Fachrul MF. (2007). Metode Sampling Bioekologi. Bumi Aksara. Jakarta.
- Fleishman E, Thomson JR, Mac Nally R, Murphy DD and Fay JP. 2005. Using indicator species to predict species richness of multiple taxonomic groups. *Conservation Biology* 19(4):1125–1137.
- Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, Cassidy ES, Gerber JS, Johnston M *et al.* 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478(7369):337–342. <https://doi.org/10.1038/nature10452>
- Fuadi AN, Oktafitri D, Satriyo R, Asyidiqi MH, Suseno T. (2024). Kekayaan Jenis dan Guild Pakan Komunitas Burung di Area Greenbelt Penambangan PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban. *Biology Natural Resource Journal* 3(1):6-14.
- Gregory RD, van Strien A, Vorisek P, Gmelig Meyling AW, Noble DG, Foppen RPB and Gibbons DW. 2005. Developing indicators for European birds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 360(1454):269–288. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1602>
- Gunarto T, Mulyani AY, Rushayati SB, Kartono AP. (2021). Bird Diversity on Reclaimed Nickel Mine-Land in Kolaka District Southeast Sulawesi. *Media Konservasi* 26(3):183-192. DOI:10.29244/medkon.26.3.183-192.
- Harabiš F and Dolný A. 2019. Odonates need natural disturbances: How human-induced habitat changes affect

- dragonfly diversity. *Biological Conservation* 236:443–452. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.06.004>
- Husnia F, Hidayat S, Setyowati SM. (2019). Biodiversitas Capung Subordo Zygoptera Sebagai Bioindikator Kualitas Air Di Aliran Sungai Kawasan Muria Desa Colo Kabupaten Kudus Jawa Tengah. *Journal of Biology Education* 2(2):128-135.
- IUCN. 2024. The IUCN Red List of Threatened Species. International Union for Conservation of Nature.
- Iswandaru D, Hariyono H, Rohman F. 2023. Birding and Avitourism: Potential Analysis of Birds in the Buffer Villages Around Conservation Area. *Jurnal Sylva Lestari* 11(2): 247-269. <https://doi.org/10.23960/jsl.v11i2.681>
- Kalkman VJ, Boudot JP, Bernard R, Conze KJ, De Knijf G, Dyatlova E *et al.* 2018. Diversity and conservation of European dragonflies and damselflies (Odonata). *Hydrobiologia* 811:269–282. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3495-6>
- Kumar A, Gupta S and Kanaujia A. 2020. Avifaunal response to habitat alteration in industrial landscapes. *Environmental Monitoring and Assessment* 192:1–14. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08529-3>
- Lestari N, Widodo P dan Handayani R. 2025. Persepsi masyarakat terhadap pengelolaan kualitas udara pada kegiatan pertambangan batuan andesit. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan* 9(1):45–56.
- Li X, Zhang Y and Chen J. 2021. Wetland birds as indicators of habitat quality in modified landscapes. *Ecological Indicators* 125:107508. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107508>
- MacKinnon J, Phillips K, van Bales SB. 2010. *urung-Burung di Sumatera, Jawa, Bali dan Kalimantan (Termasuk Sabah, Serawak dan Brunei Darussalam). Burung Indonesia*. Bogor.
- Magurran, AE. (1988). *Ecological Diversity and Its Measurements*. Princeton University Press. Princeton, NJ. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0>
- Mansor MS and Sah SAM. 2020. Bird community responses to forest structure in disturbed tropical habitats. *Global Ecology and Conservation* 23:e01191. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01191>
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). 2005. *Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis*. World Resources Institute.
- Newbold T, Hudson LN, Hill SLL, Contu S, Lysenko I, Senior RA *et al.* 2015. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature* 520(7545):45–50. <https://doi.org/10.1038/nature14324>
- Nugroho S, Santosa MA dan Riyanto B. 2021. Pengelolaan lingkungan berbasis partisipasi masyarakat dalam kegiatan pertambangan mineral. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan* 11(4):624–635. <https://doi.org/10.29244/jpsl.11.4.624-635>
- Odum EP. (1993). *Dasar-dasar Ekologi*. Terjemahan Tjahjono Samingan. Edisi. Ketiga. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Pardede L, Iswandaru D, Fitriana YR, Darmawan A, Kaskoyo H, Wulandari C, Safe'i R, Herwanti S, Novriyanti N, Febryano IG. (2025). Insectivorous Birds Dominate Across LandUse Gradient Revealing Unexpected Ecological Resilience in Tropical ForestCoffee Landscapes. *Jurnal Wasian* 12(1):22-34. <https://doi.org/10.62142/5vf89h84>
- Pratama AR dan Yanuwiadi B. 2023. Evaluasi penerimaan sosial masyarakat terhadap dampak fisik pertambangan berbasis UKL-UPL. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 21(3):512–523. <https://doi.org/10.14710/jil.21.3.512-523>
- [PP No 22, 2021] Pemerintah Republik Indonesia. 2021. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Rachmaputra A, Yanuwiadi B and Leksono AS. 2025. Species diversity of birds as bioindicators in mangrove ecosystems. *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology*.
- Rahman F, Kurniawan A dan Setiawan Y. 2022. Keadilan kompensasi dan penerimaan sosial masyarakat di sekitar kawasan pertambangan. *Jurnal Sosial Ekonomi Lingkungan* 6(2):89–101.
- Samways MJ and Steytler NS. 2020. Dragonfly (Odonata) assemblages respond to urbanization and habitat quality. *Journal of Insect Conservation* 24(2):215–226. <https://doi.org/10.1007/s10841-020-00229-6>
- Santana J, Reino L, Stoate C, Borralho R, Carvalho CR, Schindler S and Moreira F. 2020. Mixed farming systems and bird diversity in human-modified landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 295:106889. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106889>
- Santos RM, Silva DP and Loyola R. 2023. Insectivorous birds as indicators of habitat heterogeneity in disturbed landscapes. *Biological Conservation* 277:109860. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109860>
- Sari DP, Putri DA dan Nugraha H. 2024. Peran komunikasi perusahaan dalam meningkatkan penerimaan masyarakat pada kegiatan pertambangan. *Jurnal Kebijakan Lingkungan* 15(1):27–38.
- Sekercioglu CH. 2006. Increasing awareness of avian ecological function. *Trends in Ecology & Evolution* 21(8):464–471. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.05.007>
- Sekercioglu CH, Wenny DG and Whelan CJ. 2022. Why birds matter: Avian ecological function in

changing environments. Trends in Ecology & Evolution 37(4):303–315.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.12.006>

Setiyono J, Diniarsih S, Oscilata ENR, Budi NS. (2017). Dragonflies of Yogyakarta. Jenis Capung Daerah Istimewa Yogyakarta. Indonesian Dragonfly Society. Yogyakarta.

Soegiharto, S. (2020). Feeding Guilds Relationship Between Habitat Type and Diversity of Bird Species In Reclamation and Revegetation Sites on Post-Coal Mining Area. JURNAL Penelitian Ekosistem Dipterokarpa 6(2):95-106.
<http://doi.org/10.20886/jped.2020.6.2.95-106>

Taufiqurrahman I, Akbar PG, Purwanto AA, Iqbal M, Wibowo WK, Tirtaningsih FN, Triana DA. 2022. Panduan Lapangan Burung-Burung di Indonesia: Sunda Besar. Birdpecker Indonesia. Batu.

Zhang J, Kissling WD and Böhning-Gaese K. 2022. Functional roles of frugivorous birds in human-modified landscapes. Biological Conservation 268:109488.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109488>