



Penggunaan Bioakustik Untuk Mempelajari Keanekaragaman Spesies Burung Pantai Migran Di Teluk Pangpang Banyuwangi

Nova Tri Mulya Agustina¹, Triana Kartika Santi¹, Magdalena Putri Nugrahani¹

¹*Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Universitas 17 Agustus 1945 Banyuwangi*

Jalan Adi Sucipto 26 Banyuwangi, Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur, Indonesia

Email: magdalena.nugrahani@untag-banyuwangi.ac.id

**Penulis Korespondensi*

Abstract

Pangpang Bay, located in Banyuwangi Regency, is a wetland habitat for migratory shorebirds along the East Asian–Australasian Flyway Partnership (EAAFP). This study aims to assess the diversity of migratory shorebird species using the Passive Acoustic Monitoring (PAM) method, to quantify the number of acoustic detections per species, and to evaluate the confidence scores throughout the migration season. Data was collected from September 2024 to March 2025 using an AudioMoth 1.2.0 device. A total of 28,432 audio files, 473 hours and 52 minutes, were recorded over 112 days. The recordings were analyzed using the BirdNet GUI application to identify species based on vocalizations. A total of 28 species were identified, consisting of 8 from Charadriidae and 20 from Scolopacidae. Confidence scores ranged from 0.50 to 1.00, with some species showing consistent detections. According to the IUCN Red List, 2 species were classified as endangered, 3 species as vulnerable, 6 species as near threatened, and 17 species as least concern). This study passive acoustic monitoring method is an effective tool for long-term monitoring and supports conservation efforts for migratory shorebirds along the southern coast of Java Island.

Keywords: Bioacoustic, migratory shorebird, Pangpang Bay, Passive Acoustic Monitoring

Abstrak

Teluk Pangpang yang terletak di Kabupaten Banyuwangi merupakan habitat lahan basah bagi burung pantai migrasi yang melintasi jalur East Asian-Australasian Flyway Partnership (EAAFP). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari keanekaragaman jenis burung pantai migran dengan metode *Passive Acoustic Monitoring* (PAM), jumlah deteksi suara setiap spesies yang terekam, dan mempelajari nilai tingkat kepercayaan (*confidence score*) deteksi suara burung pantai migran selama musim migrasi. Pengambilan data dilakukan selama musim migrasi burung, yaitu September 2024 hingga Maret 2025, menggunakan perangkat AudioMoth 1.2.0. Selama 112 hari terkumpul 28.432 file rekaman dengan total durasi rekaman 473 jam 52 menit. Data dianalisis menggunakan *software* BirdNet GUI mode *BatchAnalyzer* untuk mengidentifikasi suara setiap spesies burung pantai migran. Hasilnya, teridentifikasi 28 spesies burung pantai migrasi dari dua famili: Charadriidae 8 spesies dan Scolopacidae 20 spesies, serta dengan status konservasi 2 spesies terancam, 3 spesies rentan, 6 spesies hampir terancam, dan 17 spesie risiko rendah. Nilai *confidence score* berkisar antara 0,50 hingga 1,00, dengan beberapa spesies menunjukkan deteksi yang konsisten. Penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan bioakustik metode *passive acoustic monitoring* efektif untuk pemantauan jangka panjang dan mendukung upaya konservasi burung pantai migran di pesisir selatan Pulau Jawa.

Kata kunci: Bioakustik, burung pantai migran, Teluk Pangpang, *Passive Acoustic Monitoring*

Disubmit: 24 Juli 2025; Direvisi: 5 Maret 2026; Diterima : 16 Maret 2026

Pendahuluan

Burung pantai dikenal dengan *shorebird* atau *waders* merupakan kelompok burung air yang habitatnya di pesisir seperti muara sungai, pantai berpasir, dan lahan basah.

Copyright© 2025. Nova Tri Mulya Agustina, Triana Kartika Santi, Magdalena Putri Nugrahani

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Burung pantai, termasuk dalam ordo *Charadriiformes*, sebagian besar termasuk famili *Scolopacidae* (sandpiper) dan *Charadriidae* (lapwings dan plovers) yang terdiri dari burung pantai residen dan burung pantai migran (Bamford et al., 2008, Howes et al., 2003). Beberapa spesies burung pantai

How to Cite : Agustina, N. T. M., Santi, T. K., & Nugrahani, M. P. (2026). Penggunaan Bioakustik Untuk Mempelajari Keanekaragaman Spesies Burung Pantai Migran Di Teluk Pangpang Banyuwangi. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 11(1), 118-131.

melakukan migrasi antar wilayah geografis dalam rentang waktu musiman (N. S. Martinez-Curci et al., 2021). Pada tahun 2024 tercatat sebanyak 113 spesies burung pantai di Indonesia, 84 spesies diantaranya merupakan burung pantai yang bermigrasi di kawasan lahan basah untuk mencari makan, dan 53 spesies burung pantai migran ditemukan di Pulau Jawa dan Bali (Burung Indonesia, 2024).

Migrasi burung pantai merupakan fenomena ekologis penting yang dipengaruhi oleh kebutuhan akan habitat yang sesuai, ketersediaan pakan, dan kondisi iklim (Haryoko, 2014). Selama proses migrasi, burung pantai berhenti di lokasi yang strategis untuk beristirahat dan mengisi kembali energi (Newton, 2008). Secara umum, daur migrasi burung berdasarkan waktu dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu: berbiak, pra-migrasi, migrasi datang, migrasi balik, dan pra-kawin (Putra, 2023). Mayoritas spesies burung pantai bermigrasi menuju belahan bumi selatan seperti kawasan Asia Tenggara dan Australia pada September-Maret untuk periode non-kawin dan kembali ke belahan bumi utara pada Maret-April untuk berbiak (Bamford et al., 2008).

Keberadaan burung pantai migran merupakan indikator ekosistem pesisir masih dalam kondisi baik, ditandai dengan adanya vegetasi mangrove, kualitas air yang bersih dan minim pencemaran, serta dapat dimanfaatkan sebagai kawasan untuk ekowisata (Putra, 2023). Beberapa tipe habitat lahan basah yang sering didatangi oleh burung pantai dapat mendukung penyediaan makanan dan tempat singgah diantaranya dataran berlumpur, rawa, dan tambak (Siddiq et al., 2024). Perbedaan karakteristik lahan basah dapat berpengaruh pada jumlah spesies burung pantai migrasi (Sari, 2023). Kawasan lahan basah di Jawa Timur seperti Pantai Talang Siring Pamekasan menjadi habitat persinggahan burung pantai migran, seperti *Charadrius leschenaultii*, *Tringa nebularia*, dan *Numenius phaeopus* (Firmansyah et al., 2023). Di Teluk Pangpang Banyuwangi sampai saat ini tercatat ditemukan burung pantai migran sebanyak 13 spesies pada bulan Oktober 2022 (Sari, 2023) dan 22 spesies pada bulan Oktober 2023 – Januari 2024 (Fahrani et al., 2024).

Pemantauan keanekaragaman spesies burung pantai umumnya menggunakan metode survei selama musim migrasi. Akan tetapi, pengamatan melalui metode survei memiliki keterbatasan karena bergantung pada cuaca,

visibilitas, dan kehadiran pengamat di lapangan (Howes et al., 2003). Oleh karena itu, pemantauan baru seperti bioakustik mulai diperkenalkan untuk meningkatkan efektivitas pemantauan, terutama di daerah yang sulit dijangkau (Penar et al., 2020). Pemantauan burung dengan bioakustik dapat menggunakan metode *Passive Acoustic Monitoring* (PAM) dan *Autonomous Acoustic Monitoring* (AAM) (Kvsn et al., 2020).

Passive Acoustic Monitoring (PAM) merupakan metode pemantauan satwa liar dan lingkungan dalam jangka panjang dengan cara merekam suara, dan mengumpulkan data dengan sangat efektif dan signifikan, khususnya untuk memvalidasi hasil deteksi spesies. Metode PAM menggunakan perangkat perekam suara otomatis yang dipasang di habitat dan mampu merekam dalam waktu lama secara terus menerus, data suara kemudian dianalisis dengan perangkat lunak seperti Raven Pro 1.6 dari Cornell Lab University untuk mengidentifikasi spesies (Bell & Malerba, 2025; Blumstein et al., 2011; Browning et al., 2017). Perangkat yang digunakan dalam PAM salah satunya AudioMoth 1.2.0 yang dirilis tahun 2017 oleh tim *Open Acoustic Devices*. Audiomoth 1.2.0 merupakan perekam akustik spektrum penuh berbiaya rendah yang mampu merekam suara pada frekuensi audio hingga frekuensi ultrasonik, sehingga sangat mendukung penelitian bioakustik (Bateman et al., 2021; Rhinehart, 2024). Verifikasi vokalisasi dilakukan melalui *software* BirdNet GUI yang menyediakan nilai *confidence score* untuk menentukan tingkat kepercayaan terhadap identifikasi spesies berdasarkan suara yang terekam (Pérez-Granados, 2023).

Di Indonesia pernah dilakukan penelitian bioakustik dengan metode PAM menggunakan alat perekam *SwiftOne*, antara lain penelitian burung urban di areal Kampus IPB Dramaga pada Oktober hingga Desember 2023 dan mengidentifikasi 12 jenis burung (Mulyani et al., 2022). Penelitian burung dengan metode PAM lainnya dilakukan di Desa Purwosari, Kabupaten Kulonprogo, teridentifikasi 30 jenis burung dengan 83 tipe suara pada satu musim selama 1 Agustus sampai 29 November (Fathoni, 2024). Metode PAM selain digunakan mempelajari keanekaragaman burung urban, juga dapat digunakan untuk mempelajari burung migran. Metode PAM memudahkan studi keanekaragaman burung pantai migran serta

aktivitas vokal burung pantai yang bermigrasi pada malam hari (Sugai et al., 2019; Van Doren et al., 2023).

Teluk Pangpang merupakan salah satu habitat penting bagi burung pantai migran dengan jalur migrasi EAAF. *East Asian-Australasian Flyway* merupakan salah jalur migrasi utama burung, sekitar 210 spesies burung air dan lebih dari 50 juta burung air migran melintas dari Siberia sampai Australia setiap tahunnya (EAAFP, 2023). Kawasan Ekosistem Esensial (KEE) Teluk Pangpang merupakan habitat lahan basah dengan karakteristik lingkungan seperti kondisi habitat, intensitas cahaya, kelembapan udara, keberadaan hamparan lumpur intertidal, dan menyediakan sumber pakan bagi burung pantai migran, sehingga berpotensi sebagai jalur migrasi burung (Fahrani et al., 2024). Namun demikian, burung pantai migran menghadapi berbagai ancaman seperti alih fungsi, perburuan ilegal, kenaikan permukaan air laut akibat perubahan iklim, dan pencemaran lingkungan (Putra, 2023).

Berdasarkan penelitian (Sari, 2023) indeks keanekaragaman spesies burung pantai di Teluk Pangpang sebesar 1,18 termasuk kategori sedang, yang menunjukkan jumlah spesies cukup beragam namun distribusi kemelimpahannya tidak merata. Selain itu, (Fahrani et al., 2024) mencatat sebanyak 34 spesies burung air migran dan residen dengan total 7.468 individu, serta 22 spesies burung pantai migran yang tersebar di berbagai tipe habitat lahan basah di Teluk Pangpang. Temuan tersebut menunjukkan bahwa Teluk Pangpang merupakan habitat penting bagi burung pantai. Namun, penelitian sebelumnya masih menggunakan metode survei dan belum menerapkan pendekatan bioakustik. Oleh karena itu, penelitian ini diposisikan sebagai *enrichment* data sekaligus *updating* data, dengan memperbarui informasi keanekaragaman selama musim migrasi September 2024 – Maret 2025 menggunakan metode PAM. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keanekaragaman jenis burung pantai migran, jumlah deteksi suara tiap spesies menggunakan aplikasi BirdNet GUI, serta nilai *confidence score* hasil deteksi suara burung pantai migran selama musim migrasi di Teluk Pangpang Banyuwangi, sehingga dapat meningkatkan pengembangan penelitian bioakustik burung pantai migran di Banyuwangi.

Metode Penelitian

Tempat dan Waktu Penelitian

Teluk Pangpang terletak di wilayah selatan Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur, Indonesia (Gambar 1). Berdasarkan hasil survei lapangan dipilih lokasi *Passive Acoustic Monitoring* (PAM) burung pantai migran di wilayah konservasi KEE Teluk Pangpang yaitu Pantai Cemara, Desa Wringinputih, Kecamatan Muncar (8°27'25.2"S 114°21'28.1"E). Wilayah ini berupa hamparan lumpur dan mangrove yang dimanfaatkan masyarakat sebagai tempat memasang keramba dan mencari kerang saat air laut surut (Gambar 2). Penelitian ini dilaksanakan mulai September 2024 sampai Maret 2025.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan penelitian meliputi: Alat rekam perekam pasif AudioMoth 1.2.0 dilengkapi dengan *waterproof case* dan tali pengikat (*strap*), kartu memori 256GB, *hard disk*, laptop, serta baterai ukuran AA sebanyak 3 buah untuk sumber daya. Alat untuk memasang AudioMoth berupa bambu, tali tampar, pasak, papan kayu. Alat pengamatan burung pantai migran, yaitu *monokular*, *binokular*, buku identifikasi burung LIPI - Seri Panduan Lapangan (MacKinnon et al., 2010) dan buku Burungnesia (Taufiqurrahman et al., 2022).

Prosedur Penelitian

1. Penentuan Titik Pemasangan Alat PAM

Lokasi dan titik pemasangan alat PAM menggunakan metode *purposive sampling*. Berdasarkan hasil observasi, titik perjumpaan burung pantai migrasi berada di hamparan lumpur dan rata-rata ketinggian air laut saat pasang mencapai 2 sampai 3 meter. Oleh karena itu, titik lokasi pemasangan perangkat perekam AudioMoth 1.2.0 berada di hamparan lumpur Pantai Cemara dengan menggunakan bambu (Gambar 4).

Tinggi bambu berukuran 6 meter di atas permukaan *mudflat*, ditancapkan sedalam 1 meter, dan dilengkapi 9 anak tangga yang memiliki lebar 40 cm. Penempatan AudioMoth pada ketinggian 4 meter di atas permukaan *mudflat* yang dilengkapi tali karet sebagai penguat tali pengikat.

2. Pengumpulan Data

Pengambilan data menggunakan 1 buah perangkat AudioMoth 1.2.0 yang dilindungi dengan pelindung anti air (*waterproof case*), dilengkapi tali pengikat (*velcro*) yang dapat disesuaikan. Pengaturan (*setting*) menggunakan AudioMoth *Configuration App*, dengan pengaturan *sample rate* dan *gain* yang telah ditetapkan yakni *rate* 32kHz dan *gain* medium. Rekaman suara selama 24 jam dengan durasi rekam tiap 1 menit dan jeda waktu rekam setiap 4 menit, dalam 1 hari terekam 288 menit (Rhinehart, 2024). Perekaman suara dilakukan selama musim migrasi pada September 2024 hingga Maret 2025.

3. Analisis Data

a) Keanekaragaman jenis burung pantai migrasi menggunakan metode PAM

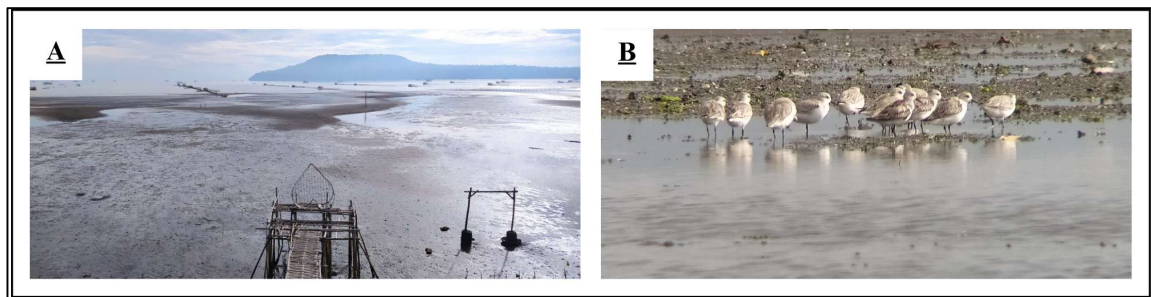
Data rekaman suara burung pantai migran yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan *software* BirdNet GUI dengan mode *BatchAnalyzer*. Analisis data rekaman yang mengacu pada basis data BirdNet GUI untuk mengidentifikasi vokalisasi secara otomatis melalui pencocokan pola spektrogram. Proses ini meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam pemantauan bioakustik (Bell & Malerba, 2025). Spesies burung yang teridentifikasi melalui analisis BirdNet GUI divalidasi dengan daftar spesies burung pantai migran di Teluk Pangpang, kemudian dikelompokkan berdasarkan famili dan status IUCN RedList.

b) Jumlah deteksi suara setiap spesies burung pantai migrasi yang terekam

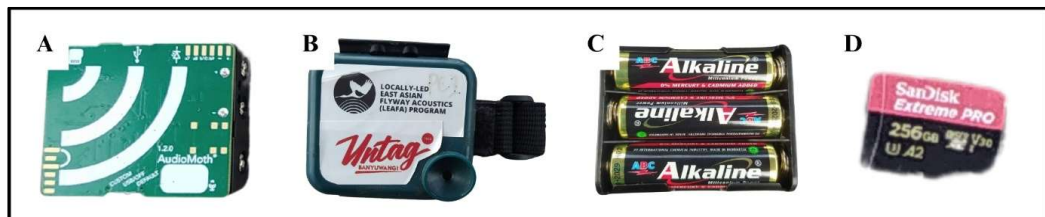
Jumlah deteksi suara diperoleh dari hasil analisis BirdNet GUI kemudian ditabulasikan ke dalam Excel. Jumlah deteksi suara burung dapat secara akurat menggambarkan fenologi migrasi burung pantai (Van Doren et al., 2023).

c) Nilai tingkat kepercayaan (*confidence score*) deteksi suara burung pantai migran selama musim migrasi

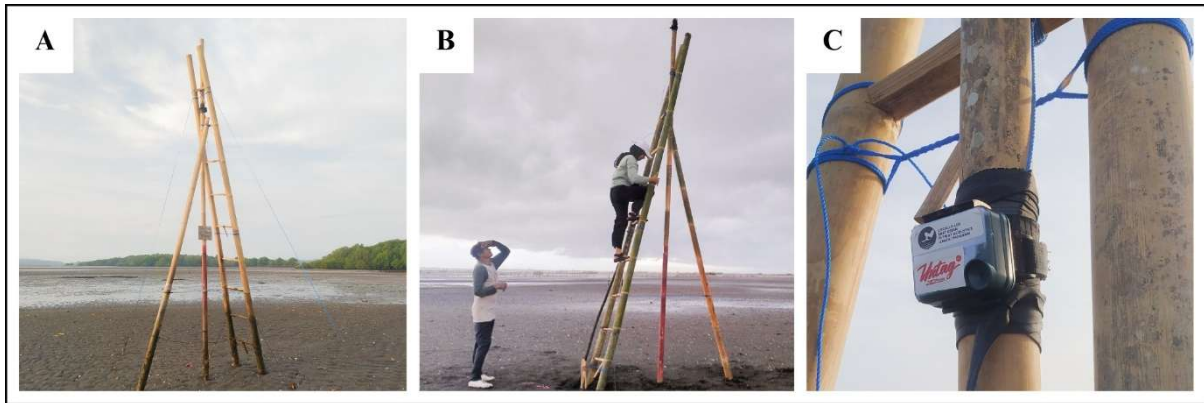
Nilai tingkat kepercayaan (*confidence score*) yang bervariasi antar spesies mencerminkan sejauh mana BirdNet GUI dalam mengklasifikasikan suara yang terekam sebagai spesies tertentu (Pérez-Granados, 2023). Nilai rentang *confidence score* dipengaruhi oleh frekuensi deteksi dan kualitas suara burung pantai migrasi yang terekam untuk mengetahui kebenaran prediksi dengan nilai minimum 0,50 dan nilai maksimum 1,00 (Pérez-granados et al., 2025). Hasil analisis melalui BirdNet GUI selanjutnya divalidasi dengan perangkat lunak Raven Pro 1.6 dari *Cornell Lab of Ornithology*, Cornell University untuk mendapatkan data pola spektrogram setiap spesies burung pantai migran. Pola spektrogram hasil analisis Raven Pro 1.6 kemudian dibandingkan dengan referensi pola spektrogram setiap spesies burung di website eBird (<https://ebird.org/explore>).



Gambar 2. (A) Hamparan lumpur di Pantai Cemara; (B) Burung pantai migran di Pantai Cemara



Gambar 1. Perangkat PAM. (A) AudioMoth 1.2.0; (B) *Waterproof case* dilengkapi tali pengikat; (C) Baterai ukuran AA ; dan (D) Kartu SD SanDisk Extreme PRO 256 GB



Gambar 3. (A) Desain bambu untuk memasang AudioMoth; (B) Pemasangan AudioMoth;

Hasil dan Pembahasan

Jenis Spesies Burung Pantai Migrasi dengan Metode *Passive Acoustic Monitoring* (PAM)

Penelitian burung pantai migran di Pantai Cemara Teluk Pangpang dengan metode PAM selama 112 hari dan dianalisis dengan *software* BirdNet GUI, diperoleh spesies burung pantai migran (Tabel 1).

Berdasarkan hasil analisis data, terdeteksi 28 spesies burung pantai migran yang tergolong ke dalam 2 famili, yaitu famili Charadriidae (8 spesies) dan famili Scolopacidae (20 spesies). Spesies dari famili Scolopacidae paling banyak terdeteksi di *software* BirdNet GUI dan jumlah spesiesnya lebih tinggi dari penelitian (Siddiq et al., 2024) yang mencatat 9 spesies anggota famili Scolopacidae di Teluk Pangpang dengan metode survei pengamatan burung. Famili Scolopacidae merupakan famili burung pantai dengan jumlah spesies yang tinggi dan umum ditemukan di habitat lahan basah, serta kelompok burung pantai yang bermigrasi jarak jauh dari belahan bumi utara seperti Eropa menuju belahan bumi selatan selama musim dingin (Abdillah et al., 2022; Siregar et al., 2018).

Penelitian burung pantai migran di kawasan Teluk Pangpang sebelumnya menggunakan metode survei dengan catatan 13 spesies (Sari, 2023), dan 22 spesies burung pantai migran dari total 34 spesies burung air (Fahrani et al., 2024). Dalam penelitian ini, metode PAM mendeteksi 28 spesies burung pantai migran selama periode September 2024-Maret 2025. Perbedaan jumlah spesies yang terdeteksi tidak secara langsung menunjukkan bahwa satu metode lebih efektif dari yang lain, karena dipengaruhi oleh perbedaan durasi,

intensitas pengambilan data, dan karakteristik deteksi masing-masing metode. Namun, metode PAM memungkinkan perekaman secara berkelanjutan sepanjang hari, termasuk pada malam hari dan saat kondisi air laut pasang, sehingga berpotensi melengkapi keterbatasan metode survei yang umumnya dilakukan pada siang hari dan saat air laut surut.

Meskipun demikian, analisis menggunakan BirdNet GUI menunjukkan adanya potensi bias atau *missidentification* dalam hasil deteksi otomatis. Oleh karena itu, hasil identifikasi suara selanjutnya divalidasi melalui peninjauan manual untuk meningkatkan akurasi data. Pendekatan kombinasi antara deteksi otomatis dan verifikasi manual penting untuk meminimalkan kesalahan identifikasi. Dari 28 spesies burung pantai migran yang terdeteksi BirdNet GUI terdapat 7 spesies yang meragukan dan memerlukan justifikasi lebih lanjut, yaitu *Charadrius hiaticula* (*Common ringed plover*) sangat jarang catatan dari Pulau Jawa hanya 1 kali tercatat di Pantai Trisik oleh Wibowo pada tahun 2013; *Numenius arquata* (*Little curlew*) tercatat 1 kali di Teluk Pangpang sebanyak 1 individu; *Numenius americanus* (*Long-billed curlew*) tidak ada catatan di Sunda Besar; *Calidris alpina* (Dunlin) tidak ada catatan di Pulau Jawa dan tercatat 1 kali di Sumatra dan Kalimantan; *Tringa flavipes* (*Lesser yellowlegs*) tercatat 1 kali di Sumatra dan Flores; *Tringa erythropus* (*Spotted redshank*) belum ada catatan di Jawa dan 1 kali dijumpai di Sumatra; dan *Tringa melanoleuca* (*Greater yellowlegs*) belum ada catatan di Indonesia (Panji Gusti Akbar dan Asman Adi Purwanto, personal communication, 17 Juli 2025). Adanya bias atau *missidentification* pada *software* BirdNet GUI karena data model pada mode BatchAnalyzer menggunakan data spesies-spesies burung di

Amerika-Eropa. Oleh karena itu, setelah melakukan analisis suara dengan BirdNet GUI mode BatchAnalyzer perlu analisis dan validasi lebih lanjut seperti review suara burung secara manual untuk meningkatkan keakuratan data.

Untuk mengurangi bias atau *missidentification* analisis suara burung pada *software* BirdNet GUI, maka pengembang *software* perlu menggunakan data model suara burung di kawasan Asia Tenggara terutama Indonesia.

Tabel 1. Spesies Burung Pantai Migran Di Teluk Pangpang Dengan Metode PAM

No	Famili	Nama Spesies	Nama Umum	Nama Lokal	Status IUCN
1.	Charadriidae	<i>Anarhynchus alexandrinus</i>	Kentish Plover	Cerek tilil	LC
2.	Charadriidae	<i>Anarhynchus peronii</i>	Malaysian Plover	Cerek melayu	NT
3.	Charadriidae	<i>Charadrius hiaticula</i>	Common Ringed Plover	Cerek kalung-besar	LC
4.	Charadriidae	<i>Charadrius leschenaultii</i>	Greater Sand Plover	Cerek-pasir besar	LC
5.	Charadriidae	<i>Charadrius mongolus</i>	Lesser Sandplover	Cerek-pasir mongolia	LC
6.	Charadriidae	<i>Pluvialis fulva</i>	Pacific Golden Plover	Cerek kernyut	LC
7.	Charadriidae	<i>Pluvialis squatarola</i>	Grey Plover	Cerek besar	VU
8.	Charadriidae	<i>Thinornis dubius</i>	Little Ringed Plover	Cerek-kalung kecil	LC
9.	Scolopacidae	<i>Actitis hypoleucos</i>	Common Sandpiper	Trinil pantai	LC
10.	Scolopacidae	<i>Arenaria interpres</i>	Ruddy Turnstone	Trinil pembalik-batu	NT
11.	Scolopacidae	<i>Calidris alba</i>	Sanderling	Kedidi putih	LC
12.	Scolopacidae	<i>Calidris alpina</i>	Dunlin	Keididi belang	NT
13.	Scolopacidae	<i>Calidris ferruginea</i>	Curlew Sandpiper	Kedidi golgol	VU
14.	Scolopacidae	<i>Limnodromus scolopaceus</i>	Long-billed Dowitcher	Trinil-lumpur paruh-panjang	NT
15.	Scolopacidae	<i>Numenius americanus</i>	Long-billed Curlew	Gajahan paruh panjang	LC
16.	Scolopacidae	<i>Numenius arquata</i>	Eurasian Curlew	Gajahan erasia	NT
17.	Scolopacidae	<i>Numenius madagascariensis</i>	Far Eastern Curlew	Gajahan timur	EN
18.	Scolopacidae	<i>Numenius minutus</i>	Little Curlew	Gajahan kecil	LC
19.	Scolopacidae	<i>Numenius phaeopus</i>	Whimbrel	Gajahan penggala	LC
20.	Scolopacidae	<i>Tringa brevipes</i>	Grey-tailed Tattler	Trinil ekor-kelabu	LC
21.	Scolopacidae	<i>Tringa erythropus</i>	Spotted Redshank	Trinil tutul	LC
22.	Scolopacidae	<i>Tringa flavipes</i>	Lesser Yellowlegs	Trinil kaki-kuning	VU
23.	Scolopacidae	<i>Tringa glareola</i>	Wood Sandpiper	Trinil semak	LC
24.	Scolopacidae	<i>Tringa melanoleuca</i>	Greater Yellowlegs	Trinil-kaki kuning besar	NT
25.	Scolopacidae	<i>Tringa nebularia</i>	Common Greenshank	Trinil kaki-hijau	LC
26.	Scolopacidae	<i>Tringa totanus</i>	Common Redshank	Trinil kaki-merah	LC
27.	Scolopacidae	<i>Tringia stagnatilis</i>	Marsh Sandpiper	Trinil rawa	LC
28.	Scolopacidae	<i>Xenus cinereus</i>	Terek Sandpiper	Trinil bedaran	LC

Keterangan: LC : *Least concern*, NT : *Near threatened*, VU : *Vulnerable*, EN : *Endangered*, *: spesies burung meragukan

Status konservasi spesies burung pantai migran dengan metode PAM di Teluk Pangpang dapat diklasifikasikan ke dalam empat kategori IUCN Red list (Tabel 1). Terdapat dua spesies burung pantai migran yang berstatus terancam punah (*Endangered*) yaitu *Charadrius mongolus* dan *Numenius madagascariensis*. Tiga spesies berstatus rentan (*Vulnerable*), yaitu *Pluvialis squatarola*, *Calidris ferruginea*, dan *Tringa flavipes*. Enam spesies berstatus hampir terancam (*Near Threatened*), yaitu *Anarhynchus peronii*, *Numenius arquata*, *Calidris alpina*, *Arenaria interpres*, *Tringa melanoleuca*, dan *Limnodromus scolopaceus*. Sementara itu, sebanyak 17 spesies burung pantai migrasi yang berstatus risiko rendah (*Least Concern*).

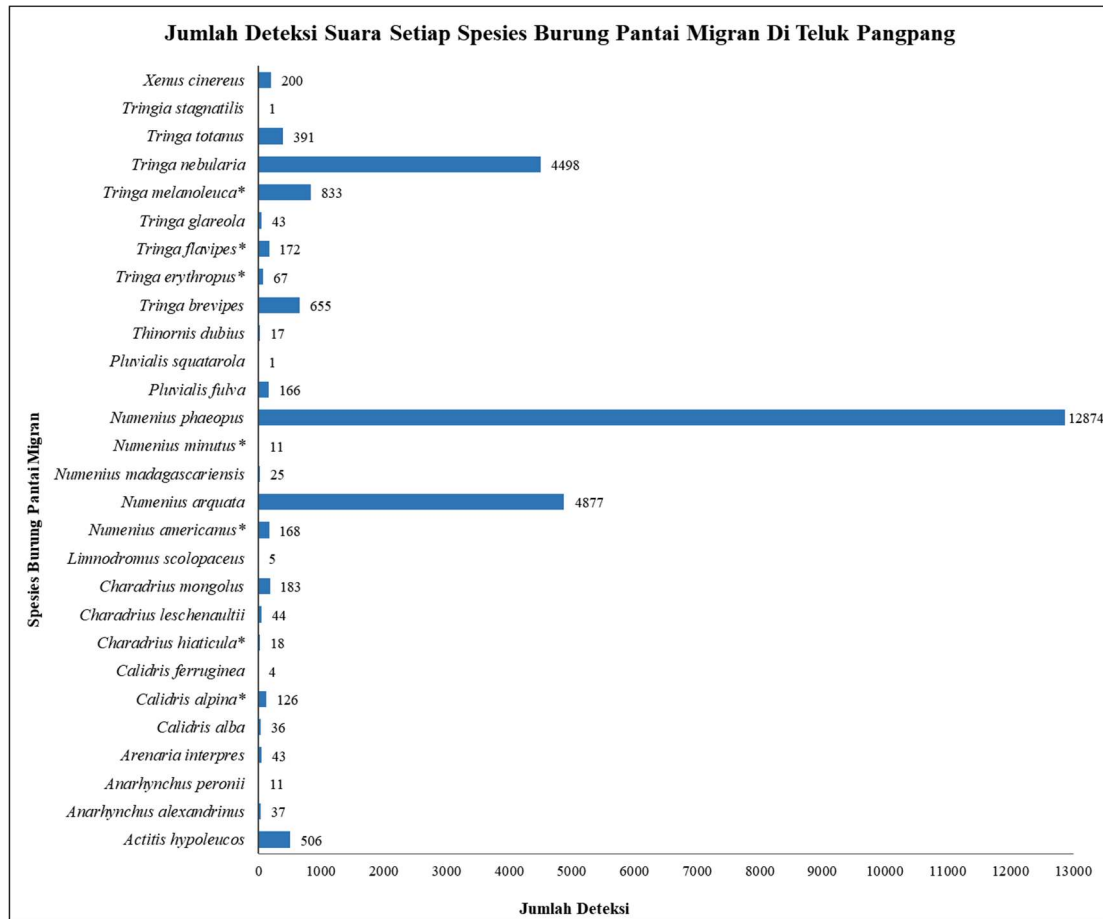
Terdeteksinya spesies burung pantai migran dengan status konservasi terancam menunjukkan bahwa kawasan Teluk Pangpang merupakan lokasi penting pada jalur burung pantai migran *East Asian-Australia Flyway* (EAAF). Teluk Pangpang menjadi tempat persinggahan burung pantai migran karena adanya berbagai tipe habitat lahan basah dan tersedianya sumber makanan seperti bivalvia, molluska lainnya, krustacea kecil, cacing laut, dan serangga. Berdasarkan penelitian (Putri et al., 2022) terdapat 10 jenis bivalvia di Teluk Pangpang Desa Wringinputih dan (Zahro et al., 2024) menemukan 8 jenis bivalvia di Teluk Pangpang Blok Jati Papak Taman Nasional Alas Purwo Banyuwangi.

Berdasarkan data Burung Indonesia (2024), tercatat 53 spesies burung pantai migran di Pulau Jawa dan Bali, dengan tiga spesies di antaranya berstatus *Endangered*, yaitu *Charadrius mongolus*, *Numenius madagascariensis* dan *Calidris tenuirostris*. Ancaman terhadap burung pantai migran secara umum meliputi reklamasi pesisir, pembangunan kawasan pesisir, perburuan liar, serta perubahan dinamika sedimen akibat badai (BirdLife Internasional, 2025). Di Teluk Pangpang, tekanan terhadap habitat pesisir berpotensi memengaruhi ketersediaan makanan dan tempat istirahat. Berkurangnya luasan

hamparan lumpur akibat penanaman mangrove tanpa perencanaan dan evaluasi distribusi vegetasi berbasis pemetaan yang memadai, potensi cemaran bahan bakar perahu nelayan, serta aktivitas pengambilan bivalvia oleh masyarakat dapat menurunkan ketersediaan sumber pakan burung pantai. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan degradasi habitat, keterbatasan sumber makanan, dan penurunan populasi burung pantai migran (Howes et al., 2003; Putra, 2023). Oleh karena itu, kesesuaian habitat dan faktor lingkungan sangat penting dalam mendukung keberlanjutan populasi burung pantai migran di Teluk Pangpang (Fahrani et al., 2024).

Jumlah Deteksi Suara Setiap Spesies Burung Pantai Migrasi di Teluk Pangpang

Berdasarkan hasil pemantauan burung pantai migran di Teluk Pangpang dengan metode *Passive Acoustic Monitoring* (PAM) selama 112 hari terdeteksi jumlah rekaman suara setiap spesies burung pantai migrasi dengan analisis *software* BirdNet GUI (Gambar 5). Selama periode tersebut, PAM menghasilkan total rekaman berdurasi 473 jam 52 menit dengan jumlah rekaman 28.432. Spesies dengan jumlah rekaman tertinggi adalah *Numenius phaeopus* sebanyak 12.874 deteksi, *Numenius arquata* sebanyak 4.877 deteksi, dan *Tringa nebularia* sebanyak 4.498 deteksi. Temuan ini diperkuat dengan pengamatan lapangan di kawasan Teluk Pangpang selama musim migrasi yang dilakukan oleh (Siddiq et al., 2024), ditemukan 426 individu *Numenius phaeopus*, 45 individu *Numenius arquata* dan 3 individu *Tringa nebularia*. Jumlah rekaman suara yang tinggi dapat menunjukkan bahwa spesies tersebut memiliki kelimpahan individu yang tinggi dan aktivitas suara yang sering.



Gambar 4. Jumlah Deteksi Suara Setiap Spesies Burung Pantai Migran di Teluk Pangpang

Gambar 5 menunjukkan jumlah deteksi suara yang sedikit pada 7 spesies yang meragukan, yaitu *Calidris alpina*, *Charadrius hiaticula*, *Numenius americanus*, *Numenius minutus*, *Tringa erythropus*, *Tringa flavipes*, dan *Tringa melanoleuca*. Hal tersebut dimungkinkan merupakan hasil adanya bias pada analisis data model *software* BirdNet GUI mode *BatchAnalyzer*. Sementara itu, jumlah rekaman paling rendah (hanya terekam satu kali) pada spesies *Pluvialis squatarola* dan *Tringa stagnatilis* dimungkinkan karena spesies tersebut jarang melakukan aktivitas suara, posisi burung yang jauh dari dengan alat rekam, dan sedikitnya jumlah individu. Pengamatan lapangan di kawasan Teluk Pangpang oleh (Fahrani et al., 2024), mencatat jumlah individu *Pluvialis squatarola* sebesar 8 ekor dan *Tringa stagnatilis* sebesar 6 ekor. Deteksi suara burung pantai migran dengan metode PAM dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain jarak deteksi yang efektif (10 hingga 100 meter), keberadaan spesies di sekitar alat perekam, serta tingkat kebisingan lingkungan (Pérez-Granados, 2023; Rhinehart, 2024). Aktivitas manusia juga menjadi faktor penting yang mempengaruhi

keberadaan burung di suatu lokasi (Sonia et al., 2023). Sumber kebisingan di Teluk Pangpang yang terekam berasal dari aktivitas masyarakat saat mencari kerang dan ikan, suara mesin perahu, serta suara dari tempat ibadah.

Tingkat Kepercayaan (*Confidence Score*) dan Pola Spektrogram

Hasil analisis *BatchAnalyzer* dari *software* BirdNet GUI menghasilkan *confidence score* (tingkat kepercayaan) yang digunakan untuk mengidentifikasi vokalisasi burung pantai migran secara otomatis (Tabel. 2).

Secara keseluruhan, nilai tingkat kepercayaan (*confidence score*) dari hasil identifikasi setiap suara burung pantai migran di Teluk Pangpang berada pada kisaran 0,50 – 1,00. Nilai minimum sebesar 0,50 ditemukan pada Sebagian besar burung pantai migran. Secara umum hal tersebut dipengaruhi oleh faktor seperti jarak burung dan alat rekam lebih dari 100 meter, atau kondisi lingkungan yang tidak mendukung (Pérez-Granados, 2023). Sementara itu, nilai maksimum sebesar 1,00 pada beberapa spesies seperti *Numenius*

phaeopus, *Numenius arquata*, *Xenus cinereus*, *Tringa brevipes*, dan *Tringa nebularia* menunjukkan bahwa analisis suara spesies-spesies tersebut memiliki keakuratan yang tinggi. Nilai *confidence score* yang tinggi menunjukkan tingkat kepercayaan sistem dalam

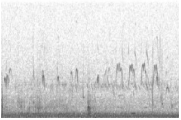

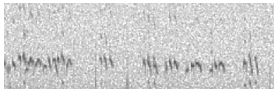
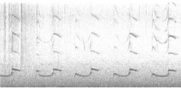

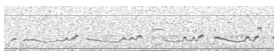
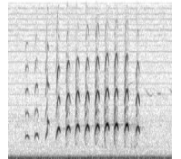


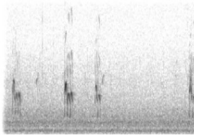
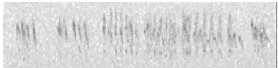

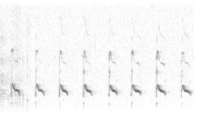


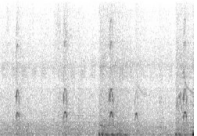

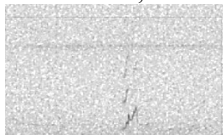
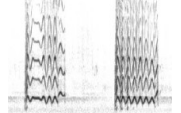
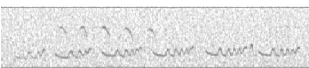
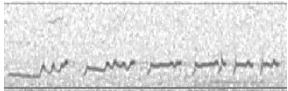
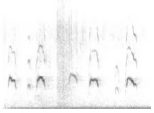

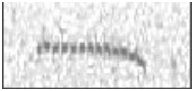
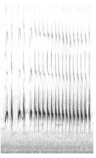

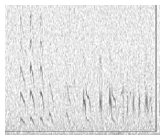
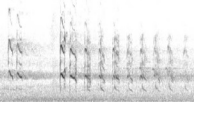

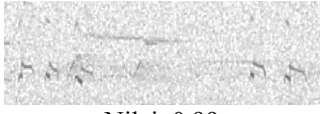
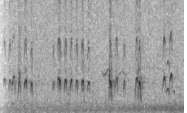

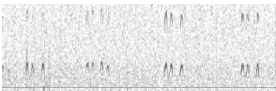
identifikasi, namun demikian bahwa nilai ini bukan probabilitas mutlak, sehingga analisis manual melalui pembacaan pola spektrogram tetap diperlukan untuk memastikan kebenaran identifikasi suara (Wood & Kahl, 2024).

Tabel 2. Jumlah Deteksi Suara dan Nilai Tingkat Kepercayaan Suara Setiap Spesies Burung Migran di Teluk Pangpang

No	Nama Spesies	Nama Umum	Nama Lokal	Jumlah Deteksi	Confidence Score	
					Min	Max
1.	<i>Pluvialis squatarola</i>	Grey Plover	Cerek besar	1	**	0,98
2.	<i>Charadrius hiaticula</i> *	Common Ringed Plover*	Cerek kalung-besar*	18	0,50	0,92
3.	<i>Pluvialis fulva</i>	Pacific Golden Plover	Cerek kernyut	166	0,50	0,99
4.	<i>Anarhynchus peronii</i>	Malaysian Plover	Cerek melayu	11	0,51	0,83
5.	<i>Anarhynchus alexandrinus</i>	Kentish Plover	Cerek tilil	37	0,51	0,99
6.	<i>Thinornis dubius</i>	Little Ringed Plover	Cerek-kalung kecil	17	0,51	0,90
7.	<i>Charadrius leschenaultii</i>	Greater Sand Plover	Cerek-pasir besar	44	0,50	0,88
8.	<i>Charadrius mongolus</i>	Lesser Sandplover	Cerek-pasir mongolia	183	0,50	0,99
9.	<i>Numenius arquata</i>	Eurasian Curlew	Gajahan erasia	4.877	0,50	0,99
10.	<i>Numenius minutus</i> *	Little Curlew*	Gajahan kecil*	11	0,51	0,84
11.	<i>Numenius americanus</i> *	Long-billed Curlew*	Gajahan paruh panjang*	168	0,50	0,95
12.	<i>Numenius phaeopus</i>	Whimbrel	Gajahan penggala	12.874	0,50	1,00
13.	<i>Numenius madagascariensis</i>	Far Eastern Curlew	Gajahan timur	25	0,51	0,89
14.	<i>Calidris ferruginea</i>	Curlew Sandpiper	Kedidi golgol	4	0,50	0,76
15.	<i>Calidris alba</i>	Sanderling	Kedidi putih	36	0,50	0,92
16.	<i>Calidris alpina</i> *	Dunlin*	Kedidi belang*	126	0,50	0,97
17.	<i>Xenus cinereus</i>	Terek Sandpiper	Trinil bedaran	200	0,50	1,00
18.	<i>Tringa brevipes</i>	Grey-tailed Tattler	Trinil ekor-kelabu	655	0,50	1,00
19.	<i>Tringa nebularia</i>	Common Greenshank	Trinil kaki-hijau	4498	0,50	1,00
20.	<i>Tringa flavipes</i> *	Lesser Yellowlegs*	Trinil kaki-kuning*	172	0,50	0,95
21.	<i>Tringa totanus</i>	Common Redshank	Trinil kaki-merah	391	0,50	0,99
22.	<i>Actitis hypoleucos</i>	Common Sandpiper	Trinil pantai	506	0,50	1,00
23.	<i>Arenaria interpres</i>	Ruddy Turnstone	Trinil pembalik-batu	43	0,51	0,98
24.	<i>Tringia stagnatilis</i>	Marsh Sandpiper	Trinil rawa	1	0,56	**
25.	<i>Tringa glareola</i>	Wood Sandpiper	Trinil semak	43	0,50	0,98
26.	<i>Tringa erythropus</i> *	Spotted Redshank*	Trinil tutul*	67	0,50	0,99
27.	<i>Tringa melanoleuca</i> *	Greater Yellowlegs*	Trinil-kaki kuning besar*	833	0,50	0,99
28.	<i>Limnodromus scolopaceus</i>	Long-billed Dowitcher	Trinil-lumpur paruh-panjang	5	0,51	0,85

Keterangan: Tingkat kepercayaan (*confidence score*) Min : *Confodence score* minimum (0,50), Max: *Confidence score* maksimum (1,00) (Pérez-granados et al., 2025), * : spesies yang meragukan, ** : Terdeteksi satu kali.

Tabel 3. Pola spektrogram suara burung pantai migran berdasarkan *confidence score* (BirdNet)

No	Nama Spesies dan Status Konservasi	Pola Spektrogram (eBird)	<i>Confidence Score</i> (BirdNet)	
			Minimum (BirdNet) Pola Spektrogram (Raven)	Maksimum (BirdNet) Pola Spektrogram (Raven)
1	<i>C.mongolus</i> (EN)		 Nilai: 0,50	 Nilai: 0,99
2	<i>N.madagascar iensis</i> (EN)		 Nilai: 0,51	 Nilai: 0,89
3	<i>N.phaeopus</i> (VU)		 Nilai: 0,50	 Nilai: 1,00
4	<i>C.ferruginea</i> (VU)		 Nilai: 0,50	 Nilai: 0,76
5	<i>T.flavipes</i> (VU)		 Nilai: 0,50	 Nilai: 0,95
6	<i>A.peronii</i> (NT)		 Nilai: 0,51	 Nilai: 0,83
7	<i>N.arquata</i> (NT)		 Nilai: 0,50	 Nilai: 0,99
8	<i>C.alpina</i> (NT)		 Nilai: 0,50	 Nilai: 0,97
9	<i>A.interpres</i> (NT)		 Nilai: 0,51	 Nilai: 0,98
10	<i>T.melanoleuca</i> (NT)		 Nilai: 0,50	 Nilai: 0,99
11	<i>L.scolopaceus</i> (NT)		 Nilai: 0,51	 Nilai: 0,85

Setiap spesies burung pantai migran di Teluk Pangpang memiliki *confidence score* minimum dan maksimum. Akan tetapi, analisis tingkat kepercayaan pada *Pluvialis squatarola* hanya menunjukkan nilai maksimum sebesar 0,98 dan *Tringa stagnatilis* hanya nilai minimum sebesar 0,56. Hal tersebut dikarenakan suara kedua spesies hanya terdeteksi satu kali selama pemantauan. Deteksi tunggal ini tidak dapat menyatakan kestabilan data rekaman secara keseluruhan. Oleh karena itu, validasi manual sangat diperlukan untuk memastikan ketepatan hasil identifikasi. Dalam penelitian ini, validasi dilakukan menggunakan *software* Raven Pro 1.6 untuk menghasilkan spektrogram dari setiap rekaman spesies burung pantai migran. Pola spektrogram (Tabel 3) yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan referensi spektrogram pada basis data eBird.

Secara keseluruhan, pola spektrogram suara setiap spesies burung pantai migran di Teluk Pangpang dengan *confidence score* maksimum memiliki kemiripan yang tinggi dengan pola spektrogram pada basis data eBird. Pola spektrogram suara burung pantai migran dengan *confidence score* minimum sekitar 0,50 menunjukkan kemiripan yang tidak tinggi dengan pola spektrogram pada data eBird. Hal tersebut dikarenakan spektrogram suara burung dengan *confidence score* minimum memiliki pola yang tipis atau kurang jelas sehingga dilakukan validasi manual untuk memastikan ketepatan identifikasi suara burung.

Secara keseluruhan, pemantauan burung pantai migran pada September 2024 hingga Maret 2025 memperlihatkan pola migrasi burung pantai migrasi di Teluk Pangpang yang dapat diidentifikasi secara efektif melalui bioakustik dengan metode *passive acoustic monitoring* (PAM). Penerapan metode PAM untuk pemantauan satwa dalam jangka panjang merupakan metode yang efektif, berbiaya rendah, mampu memberikan gambaran mengenai aktivitas satwa, adanya tekanan antropogenik, serta mendukung upaya konservasi habitat dan satwa (Browning et al., 2017). Untuk memaksimalkan efektifitas pemantauan keanekaragaman burung dapat dilakukan dengan mengkombinasikan metode pemantauan dengan bioakustik khususnya metode PAM dan pengamatan langsung (*visual encounter survey*) agar mendapatkan hasil yang lebih komprehensif (Fathoni, 2024; Leach et al., 2016).

Kesimpulan

Teluk Pangpang Banyuwangi merupakan lokasi penting untuk tempat singgah dan mencari makan burung pantai migran dengan jalur migrasi *East Asian-Australasia Flyway*. Habitat ini menghadapi berbagai tekanan ekologis, seperti alih fungsi lahan, pembangunan pesisir, dan perubahan iklim, sehingga diperlukan metode pemantauan yang efektif untuk mendukung konservasi spesies burung pantai migran. Penelitian ini menggunakan metode *Passive Acoustic Monitoring* (PAM) selama September 2024 hingga Maret 2025 dengan bantuan alat perekam AudioMoth dan *software* BirdNet GUI untuk mengidentifikasi suara spesies burung pantai migran. Hasil deteksi suara burung pantai migran sebanyak 28 spesies dengan nilai *confidence score* antara 0,50 hingga 1,00. Spesies *Numenius phaeopus* menunjukkan jumlah deteksi suara tertinggi. Dua spesies burung pantai migran dengan status konservasi *endangered* (EN), yaitu *Charadrius mongolus* dan *Numenius madagascariensis* berhasil terdeteksi selama periode penelitian. Temuan ini menunjukkan bahwa metode PAM efektif untuk pemantauan burung pantai migran dalam jangka panjang dan mendukung upaya konservasi habitat pesisir di wilayah selatan Pulau Jawa. Hasil penelitian ini juga menemukan adanya hasil bias atau *missidentification* tujuh spesies burung pantai migran berdasarkan analisis *software* BirdNet GUI mode *BatchAnalyzer*, sehingga perlu dilakukan pengembangan data model suara burung pantai migran dari kawaasan Asia khususnya Indonesia.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada *Locally-Led East Asian Flyway Acoustic Program* (LEAFA Program), Cornell Lab of Ornithology- Cornell University, BISA Indonesia, dan pengelola Kawasan Konservasi Mangrove Pantai Cemara Desa Wringinputih, Teluk Pangpang, Kabupaten Banyuwangi.

Daftar Pustaka

- Abdillah, H., Amrul, H. M. Z. N., Susilo, F., & Utama, A. (2022). Diversity of waterbirds and their status in Batubara District. *IMC-SciMath*, 529–533. <https://doi.org/10.5220/0010612400002775>
- Bamford, M., Watkins, D., Bancroft, W., Tischler, G., & Wahl, J. (2008). *Migratory Shorebirds of the East Asian - Australasian Flyway: Important Sites*. Wetlands International - Oceania. Retrieved from <https://www.wetlands.org/publication/migratory-shorebirds-of-the-east-asian-australasian-flyway-population-estimates-and-internationally-important-sites/>
- Bateman, H. L., Riddle, S. B., & Cubley, E. S. (2021). Using bioacoustics to examine vocal phenology of neotropical migratory birds on a wild and scenic river in arizona. *Birds*, 2(3), 261–274. <https://doi.org/10.3390/birds2030019>
- Bell, K., & Malerba, M. E. (2025). Biodiversity monitoring for biocredits: a case study comparing acoustic, eDNA, and traditional methods. *Biodiversity and Conservation*, 34, 2531–2528. <https://doi.org/10.1007/s10531-025-03083-0>
- BirdLife Internasional. (2025). *Daftar merah IUCN untuk burung*. DataZone. <https://datazone.birdlife.org/>
- Blumstein, D. T., Mennill, D. J., Clemins, P., Girod, L., Yao, K., Patricelli, G., Deppe, J. L., Krakauer, A. H., Clark, C., Cortopassi, K. A., Hanser, S. F., Mccowan, B., Ali, A. M., & Kirschel, A. N. G. (2011). Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays: Applications, technological considerations and prospectus. *Journal of Applied Ecology*, 48(3), 758–767. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.01993.x>
- Browning, E., Gibb, R., Glover-Kapfer, P., Jones, K. E., Billington, G., Burivalova, Z., Clink, D., De Ridder, J., Halls, J., Hastings, T., Jacoby, D., Kalan, A., Kershenbaum, A., Linke, S., Lucas, S., Machado, R., Owens, P., Sutter, C., Trethowan, P., ... Wrege, P. (2017). Passive Acoustic Monitoring In Ecology and Conservation. In *WWF Conservation Technology Series*. WWF-UK.
- Burung Indonesia. (2024). *Status Burung di Indonesia*. <https://burung.org/informasi-burung/peta-interaktif-status-burung-di-indonesia-2024/>
- EAAFP. (2023). East Asian – Australasian Flyway Partnership (EAAFP). In *EAAFP*. https://www.env.go.jp/nature/eaafp/pdf/EAAFP_brochure_2023_EN.pdf
- Fahrani, E., Susintowati, Nugrahani, M. P., Sungkono, & Prasetyo, Y. E. (2024). Diversity of waterbird in the wetland of pangpang bay essential ecosystem area, Banyuwangi, Indonesia. *Bioeksperimen*, 10(2), 113–122.
- Fathoni, A. S. (2024). *Perbandingan Visual Encounter Survey Dengan Pasif Acoustic Monitoring Pada Objek Burung Di Desa Purwosari, Girimulyo, Kulonprogo* (Master's thesis). Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Firmansyah, M. E., Effendi, A. A., Rosanti, N. P., Herdiawan, B., & Afnan, M. Z. (2023). Identifikasi burung pantai di Pantai Talang Siring Kabupaten Pamekasan. *Sains Dan Matematika*, 7(2), 77–82. <https://doi.org/10.26740/sainsmat.v7n2.p77-82>
- Gunadi, P. (2024). *Mengenal Burung Migrasi Yang Datang Ke Indonesia*. Animalwelfare. Retrieved from <https://animalwelfare.id/mengenal-burung-migrasi-yang-datang-ke-indonesia/>
- Haryoko, T. (2014). Persebaran dan habitat persinggahan burung migran di Kabupaten Natuna Provinsi Kepulauan Riau. *Berita Biologi*, 13(2), 221–230.
- Howes, J., Bakewell, D., & Noor, Y. R. (2003). *Panduan Studi Burung Pantai*. Retrieved from <https://indonesia.wetlands.org/id/publikasi/panduan-studi-burung-pantai/>
- Kvsn, R. R., Montgomery, J., Garg, S., & Charleston, M. (2020). Bioacoustics data analysis-a taxonomy, survey and open challenges. *IEEE Access*, 8, 57684–57708. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2978547>
- Leach, E. C., Burwell, C. J., Ashton, L. A., Jones, D. N., & Kitching, R. L. (2016). Comparison of point counts and automated acoustic monitoring: detecting birds in a rainforest biodiversity survey. *Emu*, 116(3), 305–309. <https://doi.org/10.1071/MU15097>
- MacKinnon, J., Phillipp, K., & Balen, B. van. (2010). *Burung-burung di Sumatera, Jawa,*

- Bali dan Kalimantan. In *LIPI-SERI PANDUAN LAPANGAN* (pp. 125–131). Burung Indonesia.
- Mulyani, Y. A., Rinaldi, D., & Raiyardhi, Y. (2022). *Penggunaan Alat Passive Acoustic monitoring (PAM) dalam Penelitian Komunitas Burung Di Kampus IPB Bogor Desember 2022 (Bachelor's thesis)*. IPB University
- N. S. Martinez-Curci, German O. Garcia, Leonardo, M., Pia, S., & Zalba, S. M. (2021). The bahía blanca estuary: ecology and biodiversity. In *Shorebirds and Seabirds' Ecology and Conservation*. Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-66486-2>
- Newton, I. (2008). *The Migration Ecology of Birds*. Elsevier's Science & Technology Rights. Elsevier. https://api.pageplace.de/preview/DT0400.9780080554839_A23528322/preview-9780080554839_A23528322.pdf
- Penar, W., Magiera, A., & Klocek, C. (2020). Applications of bioacoustics in animal ecology. *Ecological Complexity*, 43, 100847. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2020.100847>
- Pérez-Granados, C. (2023). A first assessment of birdnet performance at varying distances: a playback experiment. *Ardeola*, 70(2), 257–269. <https://doi.org/10.13157/arla.70.2.2023.sc1>
- Pérez-granados, C., Funosas, D., Morant, J., Mendoza, I., Mohedano-muñoz, M. A., Snata-cruz, M., Fernández-tizón, M., Mateos, H. S., Navine, A. K., Muñoz, A. F. M., Catalano, A. L., Brown, N., González-garcía, F., & González-romero, A. (2025). Optimisation of passive acoustic bird surveys : a global assessment of BirdNET settings. *Research Square*, 1-17. <https://doi.org/https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-6633549/v1>
- Putra, A. D. (2023). *Burung Burung Migran Maluku Utara*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Putri, Y. E., Setyaningrum, E. W., & Yuniartik, M. (2022). Identifikasi dan keanekaragaman bivalvia di Teluk Pangpang Desa Wringinputih Kecamatan Muncar Kabupaten Banyuwangi. *Journal of Sustainable Agriculture and Fisheries (JoSAF)*, 91–101. <https://jurnal.untag-banyuwangi.ac.id/index.php/josaf/article/view/157/125>
- Rhinehart, T. (2024). *AudioMoth operation manual*. Retrieved from www.openacousticdevices.info/support
- Roza, P., Julian, M. M., Yuniartik, M., & Fajar, E. (2024). Bekal Teluk Pangpang hadapi krisis iklim dan perekonomian. Retrieved from https://pengabdian.drpm.itb.ac.id/informasi/bekal_teluk_pangpang_hadapi_krisis_iklim_dan_perekonomian
- Sari, A. D. (2023). *Keanekaragaman Spesies Burung Pantai Di Biosite Teluk Pangpang Ijen Geopark (Bachelor's thesis)*. Universitas Jember.
- Siddiq, A. M., Wimbaningrum, R., Sulistiyowati, H., Setiawan, R., Sari, A. D., Siregar, N. H., & As-Singkily, M. (2024). Shorebird records from Pangpang Bay, East Java, Indonesia. *BIO Web of Conferences*, 101(188), 1–8. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410103002>
- Siregar, N. H., Perwitasari-Farajallah, D., & Mulyani, Y. A. (2018). Pengaruh kehadiran burung pantai migran terhadap keberadaan burung pantai penetap di Kawasan Tambak Wonorejo, Surabaya. *Jurnal Education and Development*, 6(2), 37–40. <https://journal.ipts.ac.id/index.php/ED/article/view/696/243>
- Sonia, A., Jeniver, J., Ade, S., Milah, N., Irwanto, R., Wisata, T., & Jering, A. (2023). *Identifikasi keanekaragaman dan sebaran jenis burung untuk pengembangan ekowisata birdwatching di TWA Jering Menduyung*. 8(3), 239–248. <https://doi.org/10.24002/biota.v8i3.6651>
- Sugai, L. S. M., Silva, T. S. F., Ribeiro, J. W., & Llusia, D. (2019). Terrestrial passive acoustic monitoring: review and perspectives. *BioScience*, 69(1), 5–11. <https://doi.org/10.1093/biosci/biy147>
- Taufiqurrahman, I., Akbar, P. G., Purwanto, A. A., Untung, M., Assiddiqi, Zulqarnain, Wibowo, W. K., Iqbal, Muhammad, Tirtaningtyas, F. N., & Triana, D. A. (2022). *Burungnesia Seri Panduan Lapangan*. Interlude Yogyakarta.
- Van Doren, B. M., Lostonlen, V., Cramer, A., Salamon, J., Dokter, A., Kelling, S., Bello, J. P., & Farnsworth, A. (2023). Automated acoustic monitoring captures timing and intensity of bird migration. *Journal of Applied Ecology*, 60(3), 433–444. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14342>

Wood, C. M., & Kahl, S. (2024). Guidelines for appropriate use of BirdNET scores and other detector outputs. *Journal of Ornithology*, *165*(3), 777–782. <https://doi.org/10.1007/s10336-024-02144-5>

Zahro, L., As'ari, H., Ardyansyah, F., Dagsy, I. R.

D., & Firmansyah, M. (2024). Keanekaragaman dan pola distribusi bivalvia di Teluk Pangpang Blok Jati Papak Taman Nasional Alas Purwo Banyuwangi. *Jurnal Biosense*, *7*(1), 128–138. <https://doi.org/10.36526/biosense.v7i01.3850>