

**PELUANG PEMANFAATAN TEKNOLOGI BIOAKUSTIK DALAM  
KONSERVASI SATWA LIAR DI INDONESIA**

**Dones Rinaldi**

**Yeni A. Mulyani**



**DEPARTEMEN KONSERVASI SUMBERDAYA HUTAN DAN EKOWISATA  
FAKULTAS KEHUTANAN DAN LINGKUNGAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
MEI 2024**

# DAFTAR ISI

PRAKATA

HALAMAN PENGESAHAN

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

ABSTRACT

I PENDAHULUAN

II TEKNOLOGI BIOAKUSTIK

2.1 Pengertian Bioakustik

2.2 Perkembangan Teknologi Bioakustik

III PERMASALAHAN KONSERVASI SATWA LIAR DI INDONESIA

IV PEMANFAATAN TEKNOLOGI BIOAKUSTIK DALAM KONSERVASI SATWA

4.1 Pemantauan Populasi dan Sebaran Satwa

4.2 Penilaian Keanekaragaman Satwa

4.2 Deteksi dan Identifikasi Konflik

4.3 Tantangan dan Peluang Pemanfaatan Teknologi Bioakustik di Indonesia

PENUTUP

DAFTAR PUSTAKA

## PRAKATA

Segala puji bagi Allah SWT. yang telah memberikan nikmat serta hidayah-Nya terutama nikmat kesempatan dan kesehatan sehingga kami bisa menyelesaikan artikel “Peluang Pemanfaatan Teknologi Bioakustik dalam Konservasi Satwa Liar di Indonesia”. Penulisan artikel ini terinspirasi dari penelitian yang pernah kami laksanakan pada tahun 2022-2023 tentang penggunaan alat monitoring akustik pasif (*passive acoustic monitoring*) untuk penilaian komunitas burung di wilayah urban yang disponsori oleh K. Lisa Yang Center for Bioacoustics, Cornell University.

Bioakustik merupakan bidang penelitian antar-disiplin yang antara lain mengaitkan fisika, biologi, dan ekologi. Pemanfaatan teknologi bioakustik termasuk metode baru yang dikembangkan untuk penelitian dan pemantauan satwa liar. Saat ini pemanfaatan bioakustik untuk bidang konservasi sudah mulai berkembang secara luas, namun masih terbatas di Indonesia. Dengan demikian, sumber tulisan ini sebagian besar berasal dari kajian literatur luar negeri dengan beberapa laporan hasil penelitian yang pernah dilakukan di Indonesia.

Para penulis berterima kasih kepada K. Lisa Yang Center for Bioacoustics, Cornell University, U.S.A. atas hibah berupa alat *Passive Acoustic Monitoring (PAM)* serta pelatihan yang diberikan oleh para mentor tentang pemanfaatan PAM dan analisis Bioakustik. Penghargaan juga kami sampaikan kepada kolega kami: Dr Aida Fithri (Universitas Syiah Kuala), Prof. Dr. Ign Pramana Yudha (Universitas Atmajaya Yogyakarta), dan Riri W. Retnaningtyas, MSc (Birdpacker, Surabaya) atas kerja sama dalam penelitian dan diskusi-diskusi yang sangat berharga. Kami juga menghargai bantuan yang diberikan oleh dua mahasiswa kami, yakni Yaumud Raiyardhi, S.Hut dan Tika Indriyani, S.Hut yang telah melakukan penelitian menggunakan PAM di Kampus IPB Dramaga.

Kami menyadari bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan artikel ini maka itu kami mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari para pembaca demi kesempurnaan artikel ini.

Bogor, 30 Mei 2024

*Dones Rinaldi & Yeni A. Mulyani*

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Artikel : Peranan Teknologi Bioakustik dalam Konservasi Satwa Liar di Indonesia  
Penulis : 1. Dones Rinaldi  
2. Yeni Aryati Mulyani  
NIP : 1. 196105181988031000  
2. 196104111987032001

Mengetahui,  
Ketua Departemen Konservasi  
Sumberdaya Hutan dan Ekowisata



(Dr. Ir. Nyoto Santoso, MSi)

Bogor, 30 Mei 2024

a.n. Penulis



(Ir. Dones Rinaldi, MSc.F.Trop)

)

# PELUANG PEMANFAATAN TEKNOLOGI BIOAKUSTIK DALAM KONSERVASI SATWA LIAR DI INDONESIA

Dones Rinaldi dan Yeni A. Mulyani

Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata  
Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor  
Email:

## **ABSTRACT**

*Monitoring is an important aspect of conservation, and it is a tool for implementing adaptive management. Various animal observation techniques have been developed to make data collection easier. Rapid development in sound recording technology has opened up opportunities for monitoring animals through bioacoustics. Combined with scientific development in sound analysis bioacoustics technology has become widely implemented to collect wildlife data. The advantage of using passive acoustic monitoring compared to direct observation or field survey are lower cost and less human resources needed in the field, especially in areas with rugged terrain. Bioacoustics technology can also compile more data in shorter time. Use of bioacoustics include assessment of biodiversity, population monitoring, and identification of anthropogenic disturbances, especially poaching. There are challenges in using bioacoustics technology. Those include limitation of equipment, physical and mental condition of the implementer and the survey design. However, a combination of direct surveys and passive acoustic monitoring is promising because it is able to record animal sounds in scattered habitats.*

## **I PENDAHULUAN**

Indonesia merupakan negara yang kaya akan keanekaragaman hayati sehingga dikenal sebagai negara mega biodiversitas. Tingginya keanekaragaman hayati, khususnya satwa, di Indonesia didukung oleh letak Indonesia yang berada di wilayah tropis dan posisinya yang berada di dua wilayah zoogeografi, yakni wilayah Oriental dan Australia, serta adanya wilayah transisi antara kedua wilayah tersebut, yakni wilayah Wallacea. Namun, kondisi keanekaragaman hayati di Indonesia menghadapi banyak tantangan kepunahan sehingga isu konservasi menjadi isu yang penting.

Faktor utama yang menyebabkan kepunahan dan menurunnya keanekaragaman hayati di Indonesia adalah akibat kerusakan dan berkurangnya habitat, fragmentasi habitat, pemanenan yang berlebihan dan masih kurangnya pemantauan terhadap keanekaragaman hayati. Kondisi ini diperburuk oleh adanya perubahan iklim secara global, masuknya spesies asing, kebakaran hutan dan lahan serta kondisi kebijakan-kebijakan terhadap keanekaragaman hayati.

Monitoring atau pemantauan merupakan salah satu aspek penting dalam kegiatan konservasi dan merupakan salah satu alat untuk menerapkan manajemen adaptif. Konservasi spesies langka dan terancam punah memerlukan informasi dan data jangka panjang mengenai menyangkut sebaran dan populasi satwa, dinamika populasi, pergerakan dan kondisi habitatnya. Selain bermanfaat untuk memantau kondisi satwa langka, monitoring juga

diperlukan bagi spesies-spesies yang dipanen, agar dapat ditemukan cara untuk pemanfaatannya secara lestari.

Menurut Witmer (2005) pemantauan satwa liar dapat dilakukan untuk berbagai kepentingan, misalnya memantau satwa buru, memantau satwa yang telah langka atau terancam punah untuk menemukan cara meningkatkan populasinya, atau bahkan memantau speies-spesies yang dianggap menjadi hama atau membawa penyakit. Untuk memantau populasi satwa liar informasi mengenai satwa tersebut harus dikoleksi. Bagaimana caranya? Biasanya pengumpulan data dilakukan dengan melakukan pengamatan di lapangan, baik terhadap satwa atau terhadap tanda-tanda yang ditinggalkan seperti jejak. Berbagai teknik pengamatan satwa telah dikembangkan sehingga pengumpulan data menjadi lebih mudah. Penggunaan kamera thermal, kamera jebak, pemasangan transmitter dilakukan untuk mendapatkan data yang lebih lengkap dan jangka panjang.

Perkembangan teknologi telah membantu dalam banyak aspek penelitian dan pemantauan sampai kepada pengelola hidupan liar di berbagai tempat di dunia untuk mengatasi berbagai permasalahan yang dihadapi dalam pelestarian satwa liar. Salah satu teknologi monitoring yang sudah diterapkan dalam pengelolaan satwa liar adalah penggunaan PAM (*Passive Acoustic Monitoring*)

Setiap satwa memproduksi suara yang khas yang stereotipe jenisnya. Perilaku bersuara satwa juga dipengaruhi oleh kondisi individu dan habitatnya. Menyadari pengumpulan data keanekaragaman hayati atau hidupan liar yang dilakukan secara konvensional sangat membutuhkan effort atau usaha yang besar, maka penggunaan PAM akan sangat membantu untuk mengumpulkan informasi/data untuk jangka panjang yang bersifat non invasif serta untuk lokasi-lokasi yang sulit dijangkau dengan mudah. Analisis yang dilakukan terhadap rekaman suara diharapkan dapat memberikan petunjuk mengenai kondisi satwa dan habitatnya. Hal ini karena suara yang dihasilkan oleh satwa dapat menunjukkan perilaku serta kondisi kesejahteraan satwa, misalnya apakah satwa tengah melakukan berkembangbiakan dan lain sebagainya (Teixeira 2019). Selain itu rekaman pasif yang diletakkan di dalam kawasan konservasi dapat bermanfaat dalam mendeteksi adanya perburuan liar (Perez-Granados dan Schuchmann 2023).

## **II PERMASALAHAN KONSERVASI SATWA LIAR DI INDONESIA**

Indonesia yang dikenal sebagai negara yang kaya akan keanekaragaman satwa juga dikenal sebagai negara yang memiliki jumlah jenis satwaluar terancam punah yang tinggi. Setidaknya 166 jenis burung dari total 1836 jenis yang terdaftar di Indoensia termasuk ke dlaam kategori terancam punah (Burung Indonesia 2023). Tidak kurang dari 166 jenis mamalia telah mendapat status perlindungan (KLHK dan LIPI 2019).

Tingginya tingkat keterancaman satwa liar di Indonesia dipengaruhi oleh banyaknya perubahan tutupan lahan hutan akibat pembalakan dan alih fungsi lahan. Konversi hutan menjadi lahan pertanian, perkebunan dan permukiman serta penggunaan lainnya telah berdampak kepada penurunan kualitas habitat. Ancaman utama kepunahan satwa liar di Indonesia adalah berkurang atau rusaknya habitat (termasuk fragmentasi habitat) serta perburuan dan perdagangan liar. Setiawan (2022) melaporkan bahwa meskipun telah ada moratorium terhadap penebangan hutan, pengurangan habitat berhutan tetap terjadi. Salah satu

penyebab berkurangnya habitat berhutan adalah terjadinya kebakaran hutan. Disamping itu, masih banyak informasi/data keanekaragaman hayati yang belum digali sebagai dasar dalam pengambilan keputusan dalam aspek pengelolaan dan pelestarian keanekaragaman hayati.

Menurut Budiman (2014) ada beberapa faktor yang menyebabkan penegakan aturan tentang perlindungan satwa tidak berjalan dengan baik, antara lain kurangnya pemahaman dan peran serta masyarakat, terbatasnya koordinasi dan sistem kerja sama antar sektor, kurangnya jelasnya regulasi yang mengakibatkan perbedaan interpretasi, kurangnya tenaga ahli. Upaya konservasi satwa liar memerlukan data yang akurat baik berupa data biologi (populasi, sebaran, perilaku, reproduksi, habitat) maupun data mengenai gangguan terhadap satwa dan habitatnya.

### III TEKNOLOGI BIOAKUSTIK

#### 3.1 Pengertian Bioakustik

Secara sederhana bioakustik didefinisikan sebagai suara-suara yang dihasilkan oleh makhluk hidup di alam. Suara adalah fenomena fisik yang dihasilkan oleh getaran benda atau getaran suatu benda yang berupa sinyal analog yang berubah sejalan dengan waktu. Berbagai jenis hewan, mulai dari krustasea, labah-labah, serangga, ikan, amfibi, reptil, burung dan mamalia menghasilkan sinyal-sinyal suara yang khas setiap jenisnya selama beraktivitas.

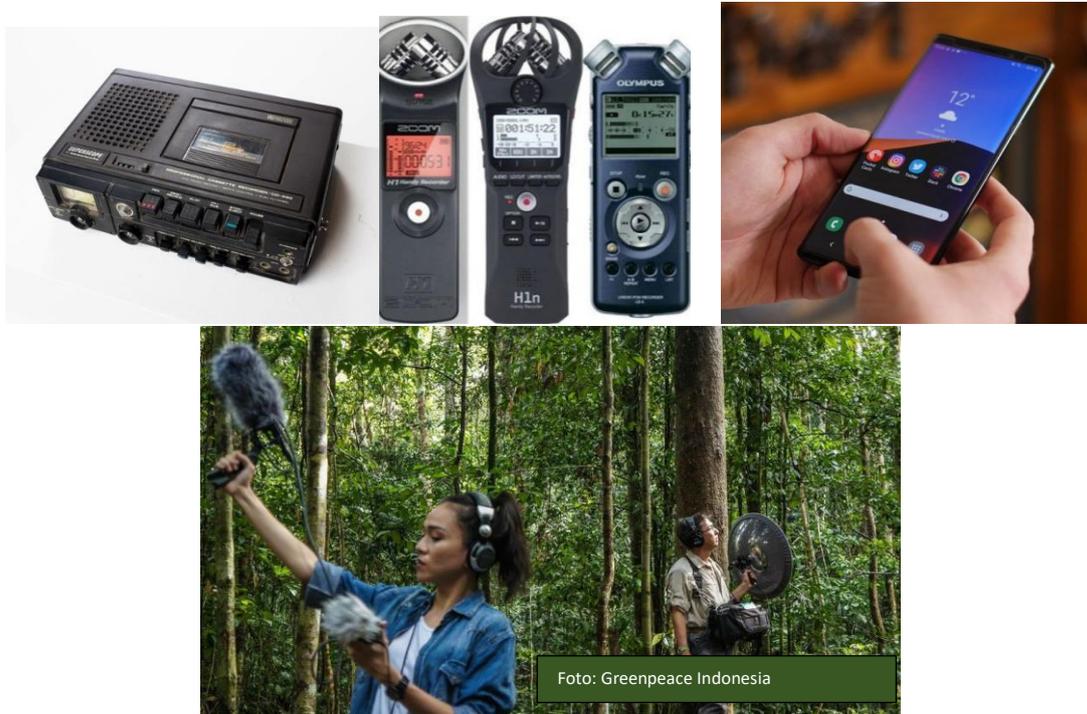
Satwa berkomunikasi melalui berbagai cara: visual, akustik, kimiawi, elektrik dan sentuhan (*tactile*) (Penar et al 2020). Sinyal akustik memiliki fungsi komunikasi dan umumnya berisi informasi yang khas untuk setiap jenis atau individu suatu organisme. Dibandingkan dengan cara komunikasi yang lainnya, komunikasi suara menggunakan sinyal akustik dapat digunakan pada berbagai jarak tanpa harus terlihat oleh penerima, termasuk peneliti atau pengamat. Karakteristik sinyal suara tersebut memungkinkan pengembangan penggunaan bioakustik dalam inventarisasi satwa di suatu lokasi (Obris et al 2010).

#### 3.2 Perkembangan Teknologi Bioakustik

Suara satwa telah dipelajari sejak lama. Para peneliti di alam (*naturalis*), terutama para pengamat burung di hutan tropis bergantung kepada suara burung untuk mengidentifikasi burung. Alat perekam merupakan salah satu alat utama yang dibawa oleh para peneliti burung untuk membantu mereka mengidentifikasi jenis burung yang tidak dapat terlihat tetapi sering terdengar. Berbagai tipe *tape recorder* dan microphone dikembangkan untuk membantu perekaman suara yang jernih. Perkembangan telepon seluler juga telah memudahkan para peneliti di alam untuk merekam suara satwa (terutama burung) untuk membantu identifikasi.

Pesatnya kemajuan teknologi perekaman suara telah membuka peluang pemantauan satwa melalui bioakustik (*bioacoustics monitoring*). Hal tersebut juga didukung oleh berkembangnya keilmuan dalam analisis suara. Berbagai perangkat lunak untuk program analisis suara juga dikembangkan, misalnya Raven (Cornell University), Audacity (Carnegie Mellon University), Kaleidoskop (Wildlife Acoustic), serta banyaknya perkembangan software dalam platform open sources antara lain PRAAT, Soundecology dan sebagainya telah mempermudah analisis suara satwa, baik untuk identifikasi jenis maupun identifikasi karakteristik suara lainnya (misalnya perilaku satwa) serta kondisi habitat.

Pemantauan bioakustik melalui perekaman secara otonom (*autonomous recording*) semakin berkembang dan populer di antar para peneliti. Penggunaan autonomous recording unit (ARU) dinilai sangat memudahkan, terutama untuk merekam suara satwa yang memiliki persebaran luas. Peneliti atau pengelola kawasan cukup meletakkan ARU di lokasi-lokasi yang diperkirakan sebagai habitat satwa target, sehingga peneliti tidak perlu mengikuti pergerakan satwa dan mengganggu aktivitas normalnya.



Gambar 1 Berbagai alat perekam aktif serta mikrofon yang digunakan



Gambar 2 Alat perekam suara pasif a) SwiftOne, 2) audiomoth

## IV PEMANFAATAN TEKNOLOGI BIOAKUSTIK

### 4.1 Pemantauan Populasi dan Sebaran Satwa

Salah satu manfaat teknologi bioakustik dengan menggunakan *passive acoustic monitoring (PAM)* yang dilaporkan oleh William et al (2018) adalah untuk memantau spesies kriptik burung Australian Bittern (bambangan Australia *Botaurus poiciloptilus*). Bambangan Australia merupakan jenis yang mengalami penurunan populasi sehingga diperlukan

manajemen untuk mencegah kepunahannya. Jenis ini sulit teramati secara visual karena warna bulunya yang menyerupai lingkungannya serta habitatnya berada di perairan yang sulit dijangkau. Burung jantan mengeluarkan suatu seri suara yang unik, yang disebut sekuens. Penghitungan suara bambang jantan dianggap sebagai cara pemantauan populasi yang paling mungkin dilakukan. Pemanfaatan PAM menunjukkan bahwa jumlah suara jenis bambang Australia (Australian Bittern *Botaurus poiciloptilus*) berkorelasi positif dengan jumlah suara yang terdeteksi oleh pengamat di lapangan.

Kallan et al (2015) menggunakan PAM untuk menduga populasi tiga spesies primata di Cote d' Ivoire, Afrika, yakni simpanse (*Pan troglolytes verus*), diana monkey (*Cercopithecus diana*) dan king colobus (*Colobus polykomos*). Hasil pengolahan data dengan model okupansi menunjukkan bahwa secara umum data rekaman memberikan hasil setara dengan data dari survei langsung. Penelitian mereka juga mendapatkan bahwa penggunaan PAM lebih efisien daripada melakukan survei langsung. Walaupun demikian, berdasarkan hasil penelitian tersebut disarankan penggunaan PAM sebagai pelengkap dari survei langsung.

Pemanfaatan PAM di Indonesia untuk memastikan sebaran spesies celepek jawa (*Otus angelinae*) telah dilakukan di Taman Nasional Gunung Merbabu, Jawa Tengah. Spesies yang sulit terdeteksi karena ukurannya kecil dan bersifat nokturnal ini sebelumnya dilaporkan hanya ada di wilayah Jawa Barat, tetapi penelitian yang dilakukan oleh Asman Purwanto dan tim pada tahun 2023 menunjukkan bahwa celepek jawa dapat dijumpai di Taman Nasional Gunung Merbabu. (<https://www.mongabay.co.id/2024/05/30/bioakustik-melestarikan-keanekaragaman-hayati-melalui-suara-satwa/>)

#### **4.2 Penilaian Keanekaragaman Satwa**

Penggunaan teknologi bioakustik banyak digunakan untuk menilai keanekaragaman spesies, terutama serangga dan burung. Taksa burung banyak menggunakan komunikasi suara baik berupa kicauan mauan panggilan, sehingga pada habita-habitat yang rapat pemantauan secara akustik akan sangat bermanfaat. Penelitian yang dilakukan di habitat urban menunjukkan bahwa penggunaan pemantauan bioakustik pasif dikombinasikan dengan pengamatan langsung menghasilkan jumlah jenis burung yang lebih banyak dibandingkan pengamatan secara langsung saja (Mulyani et al 2023). Pemantauan burung menggunakan teknologi bioakustik di New Zealand menunjukkan bahwa rekaman yang didapat juga mampu mendeteksi suara kepekan burung dan bahwa spesies yang berbeda memiliki frekuensi suara kepekan yang berbeda pula yang bermanfaat dalam identifikasi spesies (Steer 2010).

Penelitian tentang dampak restorasi terhadap keanekaragaman fauna telah diteliti oleh Ramesh et al (2023) yang menunjukkan bahwa penggunaan PAM memungkinkan pendekatan berbagai taksa dalam penilaian dampak restorasi suatu habitat. Data yang dikumpulkan selama penelitian dapat dianalisis kembali untuk memilih taksa yang diinginkan, baik itu serangga, amfibi, burung atau mamalia.

#### **4.3 Deteksi dan Identifikasi Konflik**

Perburuan liar, pembalakan liar serta konversi lahan hutan demi pembangunan merupakan ancaman utama hilangnya keanekaragaman hayati, termasuk satwa liar. Semakin banyak jenis satwa yang masuk ke dalam kategori terancam punah. Sebagai contoh, sampai tahun 2016 jenis burung rangkong gading (*Rhinoplax vigil*) dikategorikan oleh IUCN sebagai mendekati terancam punah. Tetapi, penilaian yang dilakukan pada tahun 2016 menunjukkan penurunan tajam populasi jenis ini serta besarnya ancaman akibat perburuan, sehingga jenis ini masuk ke dalam kategori kritis (BirdLife Internatinal 2020).

Kondisi habitat yang semakin memburuk akibat fragmentasi memberi dampak negatif terhadap satwa mamalia besar seperti gajah. Bjorck et al (2019) melaporkan penggunaan PAM untuk memantau gajah hutan afrika (*Loxodonta cyclotis*) yang populasinya terancam oleh perburuan. Jenis gajah yang hidup di hutan tersebut adalah yang terkecil dibandingkan jenis gajah afrika lainnya. Gajah memiliki sebaran yang luas dan pada habitat-habitat yang cukup sulit diakses manusia. Penggunaan PAM untuk memonitor satwa ini didukung oleh perilaku gajah afrika yang berkomunikasi jarak jauh dengan suara yang keras, dikenal dengan tipe suara *rumble*. Vokalisasi tersebut menyediakan informasi tentang okupansi, penggunaan lanskap, ukuran populasi serta efek gangguan antropogenik.

#### **4.4 Tantangan dan Peluang Pemanfaatan Teknologi Bioakustik di Indonesia**

Beberapa penelitian satwa di Indonesia sudah menggunakan metode ini, mulai dari gajah di Taman Nasional Bukit Tigapuluh, simakobu di Mentawai, Celebuk Jawa di Gunung Merbabu hingga rangkong di Kalimantan Barat. Tak hanya memiliki potensi besar dalam konservasi, metode ini juga bisa efisien untuk memitigasi konflik satwa dengan manusia. Apalagi di Indonesia masih memiliki sumber daya manusia terbatas, sementara area yang harus diawasi sangat banyak, terpencar, dan luas.

Tantangan yang dihadapi berupa keterbatasan-keterbatasan peralatan, kondisi fisik dan mental para pelaksana serta desain survei. Sampai saat ini alat perekam pasif masih relatif mahal. Sebagai contoh alat perekam pasif (PAM) merk SwiftOne yang diproduksi oleh Cornell University memiliki harga per unit sekitar \$349 di luar ongkos kirim dan pajak (<https://store.birds.cornell.edu/products/swift-recorder>). Tim yang bekerja perlu memiliki pengetahuan memadai tentang spesies yang akan disurvei, pengetahuan bioakustik, serta kondisi topografi lokasi. Komunikasi di setiap tahapan kegiatan survei sangat penting. Tantangan lain yang dihadapi dalam penggunaan PAM adalah adanya gangguan keamanan alat. Alat yang ditinggal di lapangan selama beberapa waktu bukan tidak mungkin terganggu oleh satwa (misalnya monyet, atau semut yang bersarang di alat) atau manusia. Walaupun desain alat umumnya telah mengantisipasi kondisi cuaca, tetapi cuaca ekstrim mungkin dapat mengganggu fungsi alat tersebut. Mengingat hal-hal tersebut desain survei termasuk peletakan alat dan jadwal pengecekan sangat penting.

Pemantauan akustik secara pasif memang lebih efisien dibandingkan dengan penggunaan kamera jebak karena perekaman suara tidak terbatas jarak pandang, tetapi penggunaan data audio menghasilkan data yang sangat banyak serta memerlukan upaya yang besar untuk penyimpanan dan analisisnya. Kemajuan teknologi dalam beberapa tahun terakhir telah membuka peluang integrasi teknik artificial intelligence (AI) dalam pemantauan bioakustik. Penggunaan AI mempermudah deteksi dan klasifikasi suara satwa, sehingga dapat menghemat waktu dan tenaga yang diperlukan untuk memproses data suara (Sharma et al 2023).

## **V PENUTUP**

Survei populasi satwa untuk mendapatkan data yang diperlukan dapat memerlukan biaya besar terutama jika menyangkut satwa yang memiliki sebaran dan pergerakan yang luas. Perkembangan teknologi bioakustik khususnya *passive acoustic monitoring* (PAM) memberikan harapan besar untuk digunakan karena mampu merekam suara satwa di habitat yang tersebar. Dibandingkan dengan monitoring secara visual (baik langsung ataupun dengan kamera), perekaman suara tidak terlalu dibatasi oleh jarak, dan secara umum lebih murah.

Metode ini juga merupakan metode yang non invasif, sehingga dalam pelaksanaan pengumpulan data hampir tidak mengganggu satwa.

#### DAFTAR PUSTAKA

- BirdLife International.2020. *Rhinoplax vigil*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2020: e.T22682464A184587039. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-3.RLTS.T22682464A184587039.en>. Accessed on 28 June 2024.
- Bjorck J, Rappazzo BH, Bernstein R, Wrege PH, Gomes CP. 2019. Automatic Detection and Compression for Passive Acoustic Monitoring of the African Forest Elephant. The Thirty-Third AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-19)
- Burung Indonesia. 2023. Laporan Tahunan. Bogor: Burung Indonesia
- Budiman A. 2014. Pelaksanaan perlindungan satwa langka berdasarkan Undang-Undang No. 5 Tahun 1990 tentang konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistemnya (Studi di Seksi Wilayah I Surakarta Balai Konservasi Sumber Daya alam Jawa Tengah). *Gema* 26 (48): 1372-1380
- Kalan AK, Mundry R, Wagner OJJ, Heinicke S, Boesch C, Köhl HS. 2015. Towards the automated detection and occupancy estimation of primates using passive acoustic monitoring. *Ecological Indicators* **54**: 217-226
- [KLHK, LIPI] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 2019. Panduan Identifikasi Jenis Satwa Liar Dilindungi: Mamalia.
- Mulyani, YA, Rinaldi D, Retnaningtyas RW, Fithri A, Raiyardi Y, Amengka ML, Arifianto A, Yuda IP. 2023. Bird Community in Urban Habitats: Assessment Using Passive Acoustic Monitoring. Progress Report. Department of Forest Resources Conservation and Ecotourism, Faculty of Forestry IPB University.
- Obrist MK, Pavan G, Sueur J, Riede K, Liusia D, Marquez R. 2010. Bioacoustics approaches in biodiversity inventories. Dalam: Eymann J, Degreef J, Hauser C, Monje JC, Samyn Y, VandenSpiegel D (Eds). Eds. Manual on Field Recording Techniques and Protocols for All Taxa Biodiversity Inventories and Monitoring 8. Brussels: Abc Taxa P. pp: 68-99
- 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, Schichman KL. 2023 The sound of the illegal: Applying bioacoustics for long term monitoring of illegal cattle in protected areas. *Ecological Informatics* **101981**
- Ramesh V, Hariharan P, Akshay VA, Choksi P, Khanwilkar S, DeFries R, Robin VV. 2023. Using passive acoustic monitoring to examine the impacts of ecological restoration on faunal diversity in the Western Ghats. *Biological Conservation* 282 <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2023.110071>
- Setiawan A. 2022. Keanekaragaman hayati di Indonesia: Masalah dan upaya konservasinya. *Indonesian Journal of Conservation* **11**(1): 13-21

- Sharma S, Sato K, Gautam BPA. 2023. Methodological literature review of acoustic wildlife monitoring using artificial intelligence tools and techniques. *Sustainability* **15**, 7128. <https://doi.org/10.3390/su15097128>
- Steer J. 2010. Bioacoustic monitoring of New Zealand birds. *Notornis* **57**:75-80
- Teixeira D, Maron M, van Rensburg BJ. 2019. Bioacoustic monitoring of animal vocal behavior for conservation. *Conservation Science and Practice* **1** e72 <https://doi.org/10.1111/csp2.72>
- Williams EM, O'Donnell CFJ, Armstrong DP. 2018. Cost benefit analysis of acoustic recorders as a solution to sampling challenges experienced monitoring cryptic species. *Ecology and Evolution* **8** 6839–6848. DOI: 10.1002/ece3.4199
- Witmer G. 2005. Wildlife population monitoring: some considerations. *Wildlife Research* **32** 259-263