

ANCAMAN TERHADAP BIODIVERSITY HOTSPOT : STUDI KASUS PADA KAWASAN WALLACEA INDONESIA

Gesti Defani Wizali¹, Keny Haliza Tirta^{2*}, Diana Vivanti Sigit³

Abstrak. Indonesia is a megadiverse country, with the Wallacea region among the world's biodiversity centers. Its geographic conditions and geological history create a complex ecosystem that supports a variety of species found nowhere else. However, habitats in Wallacea face major threats from human activities, including deforestation, land conversion, mining, and the introduction of invasive species that can disrupt local ecosystem balance. This research is a literature review that employs a systematic review methodology. Therefore, it is important to study in greater depth the threats facing the Wallacea region as a biodiversity hotspot. Sustainable management of natural resources, strict law enforcement, and increasing public awareness about the importance of maintaining biodiversity are the keys to preserving the Wallacea region.

Kata Kunci Biodiversity, Deforestation, Mining, Wallacea.

*Corresponding author: kenyhaliza@gmail.com

^{1,2,3} Jurusan Pendidikan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Jakarta

Received 3 December 2025, Revision requested 1 February 2025. Accepted 01 March 2026.
published online 31 March 2026

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang dikenal sebagai megabiodiversity country, dengan wilayah Wallacea menjadi salah satu pusat keanekaragaman hayati dunia. Wallacea, kawasan yang meliputi Sulawesi, Maluku, dan Nusa Tenggara, memiliki karakteristik unik dengan tingkat endemisme tinggi pada flora dan fauna. Kondisi geografis dan sejarah geologinya menciptakan ekosistem kompleks yang menjadi rumah bagi berbagai spesies yang tidak ditemukan

di tempat lain. Namun, habitat di Wallacea menghadapi ancaman besar dari aktivitas manusia, termasuk deforestasi, alih fungsi lahan, dan introduksi spesies invasif seperti katak *Duttaphrynus melanostictus*, yang dapat merusak keseimbangan ekosistem lokal (Reilly, et al., 2017). Selain itu, eksploitasi satwa liar untuk berbagai keperluan, termasuk hiburan, merupakan ancaman besar terhadap keanekaragaman hayati di wilayah Wallacea dan sekitarnya (Hawkins, 2023). Upaya konservasi keanekaragaman hayati, penyerapan karbon, dan perlindungan ekosistem unik di Sulawesi merupakan langkah penting untuk menjamin keberlanjutan masa depan Indonesia.

Pendirian kawasan konservasi, baik di daratan maupun perairan menjadi sangat penting dalam melestarikan keanekaragaman hayati yang melimpah dan ekosistem khas di wilayah Wallacea. Kawasan ini berfungsi sebagai wadah vital untuk melindungi kekayaan ekologis dan menyediakan habitat bagi berbagai spesies, sekaligus berperan sebagai tempat perlindungan bagi flora dan fauna. Selain itu, kawasan konservasi juga membantu mengurangi dampak dari hilangnya habitat dan fragmentasi yang disebabkan oleh aktivitas manusia (Kougioumoutzis et al., 2020).

Meski berbagai upaya konservasi telah diterapkan, degradasi keanekaragaman hayati di wilayah Wallacea masih terus berlanjut. Dalam beberapa dekade terakhir, tercatat adanya eksploitasi sumber daya alam yang meluas di berbagai sektor (Pavlacky et al., 2022), seperti pertanian, perkebunan, pertambangan, dan

perikanan, yang terjadi di dalam kawasan konservasi tersebut (Díaz et al., 2019; Young et al., 2022; Lenné, 2023 ; Astuti et al., 2023; Winarni, 2023; Tajuddin, 2021). Eksploitasi ini telah mengakibatkan penurunan signifikan yang belum pernah terjadi sebelumnya, baik dalam hal luas dan integritas ekosistem, jumlah spesies liar, maupun keunikan komunitas ekologi lokal.

Oleh karena itu, penting untuk mengkaji lebih mendalam tentang ancaman yang dihadapi oleh kawasan Wallacea sebagai biodiversity hotspot. Penelitian ini bertujuan untuk memahami faktor-faktor yang memengaruhi degradasi keanekaragaman hayati di kawasan tersebut dan memberikan rekomendasi untuk mendukung upaya konservasi jangka panjang. Hasil studi ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam menjaga keunikan Wallacea sebagai salah satu kekayaan hayati dunia.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kajian literatur dengan metode tinjauan pustaka sistematis (systematic review). Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi, menilai, dan mensintesis berbagai hasil penelitian yang relevan dengan topik yang dikaji secara sistematis dan terstruktur. Melalui pendekatan ini, peneliti dapat memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai perkembangan penelitian, temuan-temuan utama, serta berbagai isu yang berkaitan dengan topik penelitian.

Dalam penelitian ini, systematic review digunakan untuk mengkaji berbagai literatur ilmiah yang membahas ancaman terhadap biodiversity hotspot di kawasan Wallacea Indonesia. Kajian ini

bertujuan untuk mengidentifikasi berbagai faktor yang berpotensi mengancam keanekaragaman hayati di wilayah Wallacea serta merangkum hasil penelitian terdahulu guna memperoleh pemahaman yang lebih menyeluruh dan terkini mengenai kondisi biodiversitas di kawasan tersebut.

Proses penyusunan kajian literatur dimulai dengan penentuan topik dan fokus penelitian. Setelah topik ditetapkan, tahap selanjutnya adalah pencarian literatur yang dilakukan melalui beberapa basis data ilmiah seperti Google Scholar, Scopus, ScienceDirect, dan SpringerLink. Pencarian dilakukan dengan menggunakan beberapa kata kunci yang relevan, seperti biodiversity hotspot, Wallacea, threats to biodiversity, habitat loss, deforestation, serta biodiversity conservation in Indonesia.

Literatur yang digunakan dalam penelitian ini dibatasi pada artikel ilmiah yang dipublikasikan dalam sepuluh tahun terakhir (2014-2024) agar informasi yang digunakan tetap relevan dan mutakhir. Selanjutnya, artikel-artikel tersebut diseleksi berdasarkan kesesuaiannya dengan topik penelitian, khususnya yang membahas keanekaragaman hayati, faktor-faktor ancaman terhadap biodiversitas, serta upaya konservasi di kawasan Wallacea.

Setelah proses seleksi dilakukan, tahap berikutnya adalah analisis terhadap literatur yang terpilih. Pada tahap ini, informasi penting dari setiap penelitian dikaji dan dibandingkan, seperti lokasi penelitian, objek biodiversitas yang diteliti, serta jenis ancaman yang diidentifikasi. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif untuk mengidentifikasi pola

dan kecenderungan ancaman terhadap biodiversitas di wilayah Wallacea.

Tahap terakhir dalam penelitian ini adalah penyusunan tinjauan literatur secara komprehensif. Hasil analisis dari berbagai penelitian terdahulu disusun secara sistematis untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai kondisi biodiversity hotspot di kawasan Wallacea, termasuk berbagai faktor yang berkontribusi terhadap ancaman terhadap keanekaragaman hayati di wilayah tersebut

HASIL DAN PEMBAHASAN

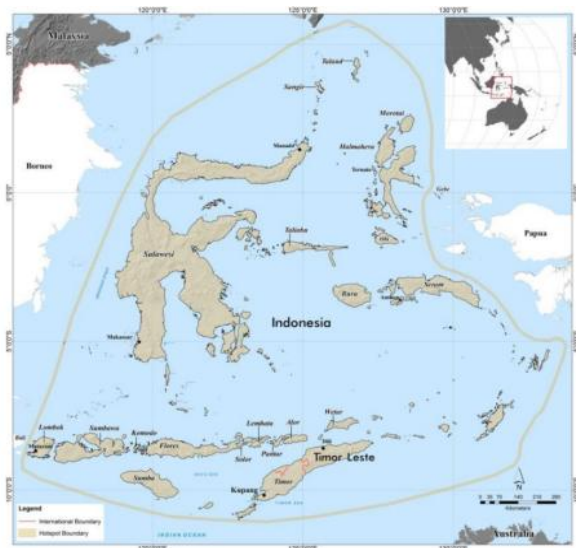
Keragaman Hayati dan Endemisitas Wallacea

Kawasan Wallacea, dinamai sesuai dengan Alfred Russel Wallace, adalah wilayah di Indonesia tengah yang mencakup area seluas 347.000 km², termasuk Sulawesi, sebagian Nusa Tenggara, Halmahera, dan Timor Leste (Lohman, et al., 2011; Ali and Heaney, 2021). Kawasan ini berfungsi sebagai zona transisi bagi flora dan fauna antara tipe Asiatis dan Australis. Wallacea dibatasi oleh garis imajiner: Garis Wallace di sebelah barat, memisahkan daratan Indonesia Barat dari Wallacea, dan Garis Lydekker di sebelah timur, yang memisahkan Wallacea dari daerah Indonesia Timur. Di luar negeri, Garis Wallace sering disebut sebagai Garis Wallace-Weber (Bisjoe, 2015).

Kepulauan Wallacea menawarkan wawasan yang menarik mengenai proses evolusi di dunia, terutama karena merupakan pertemuan antara wilayah biogeografis Asia dan Australasia (Struebig, et al., 2022). Hotspot keanekaragaman hayati Wallace memiliki tingkat endemisitas yang sangat tinggi termasuk 62 genera vertebrata

endemik dan spesies ikonik seperti babirusa (*Babirusa* spp.), maleo (*Macrocephalon* spp.), dan komodo (*Varanus komodoensis*) (Mittermeier et al. 2011, Struebig, et al., 2022). Alfred Russel Wallace, seorang naturalis abad ke-19, mengubah pemahaman tentang teori evolusi dengan menggambarkan perbedaan fauna di wilayah ini dibandingkan dengan Borneo dan Papua, yang akhirnya membentuk konsep biogeografi yang berbeda (Lohman, et al., 2011, Ali dan Heaney, 2021).

Dengan penemuan spesies baru yang terus berlangsung di wilayah ini, pentingnya Wallacea sebagai pusat keanekaragaman hayati semakin terlihat (Rheindt, et al., 2020, Esselstyn, et al., 2021). Namun, ekosistem di kawasan ini menghadapi tekanan besar akibat pertumbuhan populasi manusia yang mencapai 33,7 juta pada tahun 2021 (BPS, 2021). Pembangunan ekonomi dan mata pencaharian masyarakat sering kali bergantung pada eksploitasi sumber daya alam, yang menimbulkan kekhawatiran serius terhadap dampak penambangan, kehutanan, pertanian, perburuan, pariwisata, dan perikanan terhadap keanekaragaman hayati, terutama bagi spesies endemik yang menjadikan Wallacea unik (Struebig, et al., 2022).



Gambar 1. Peta Hotspot Keragaman Hayati Wallacea (Bashari, et al., 2015)

Ancaman Utama Terhadap Keanekaragaman Hayati Wallace Pertambangan

Pertambangan merupakan salah satu ancaman terbesar terhadap biodiversitas di kawasan Wallacea, sebuah wilayah yang kaya akan spesies endemik dan keanekaragaman hayati unik. Aktivitas pertambangan, seperti eksplorasi nikel, emas, dan batu bara, dapat menyebabkan deforestasi luas, fragmentasi habitat, dan degradasi ekosistem. Hal ini mengancam spesies lokal, termasuk flora dan fauna yang hanya dapat ditemukan di Wallacea.

Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Nugraha (2017) terkait penambangan pasir laut pada pesisir Taman Nasional Laut Wakatobi. Di Pelabuhan Marina, kegiatan penambangan pasir laut dilakukan dengan memanfaatkan rumpon (gambar 1) yang berfungsi untuk menyedot pasir langsung dari dasar laut, kemudian material ini diangkut ke darat. Aktivitas ini berlangsung karena sumber pasir di wilayah tersebut berada dekat dengan garis pantai. Berbeda dengan daerah

lain, penambang di Waha memanfaatkan pasir laut secara terbatas untuk kebutuhan pribadi. Penambangan dilakukan hanya selama musim barat, ketika pasir terkumpul di tepi pantai, lalu dipindahkan ke daratan. Pasir hasil penambangan ini umumnya digunakan sebagai bahan baku pembuatan batako (gambar 2a) dan material konstruksi rumah (gambar 2b) di sekitar Pulau Wangi-Wangi.



Gambar 1. Teknik penambangan pasir (Nugraha, 2017)



Gambar 2. Pemanfaatan pasir laut di Pulau Wangi-Wangi (Nugraha, 2017)

Saat ini, aktivitas penambangan pasir laut hanya diizinkan untuk kebutuhan masyarakat setempat. Kebijakan ini diterapkan karena adanya indikasi penurunan hasil panen rumput laut yang dikaitkan dengan meningkatnya kegiatan penambangan. Penambangan pasir mempengaruhi kualitas perairan di lokasi budidaya, menyebabkan tingkat kekeruhan

meningkat, sehingga rumput laut sering tertutup oleh lapisan lumpur yang mengendap. Hal ini berdampak buruk pada pertumbuhan dan produktivitas rumput laut di wilayah tersebut.

Beberapa pengrajin batako memilih untuk menambahkan batu karang ke dalam campuran sebagai upaya meningkatkan kekuatan produk sekaligus menghemat penggunaan pasir. Namun, praktik ini memunculkan masalah baru karena pengambilan batu karang bertentangan dengan peraturan perlindungan lingkungan. Penggalan batu karang dapat merusak ekosistem laut, yang sudah menghadapi dampak serius dari penambangan pasir. Kerusakan ini meliputi penurunan sumber daya genetik hayati (plasma nutfah), meningkatnya abrasi pantai, serta degradasi ekosistem penting seperti terumbu karang dan padang lamun. Akibatnya, ekosistem pesisir yang berfungsi sebagai habitat bagi berbagai spesies menjadi semakin terancam.

Deforestasi

Deforestasi menjadi salah satu penyebab utama penurunan keanekaragaman hayati di negara-negara tropis, dengan dampak yang lebih parah di wilayah yang memiliki tingkat endemisme tinggi (Barlow, et al., 2018). Indonesia, sebagai salah satu negara kepulauan dengan keanekaragaman hayati yang sangat tinggi, telah mengalami tingkat deforestasi yang sangat signifikan; lebih dari 60.000 km² hutan hilang antara tahun 2000 dan 2012 (Margono, et al., 2014). Analisis sebelumnya menunjukkan adanya variasi regional yang besar dalam laju dan penyebab deforestasi di seluruh negeri (Austin, et al., 2019). Sumatra dan Kalimantan

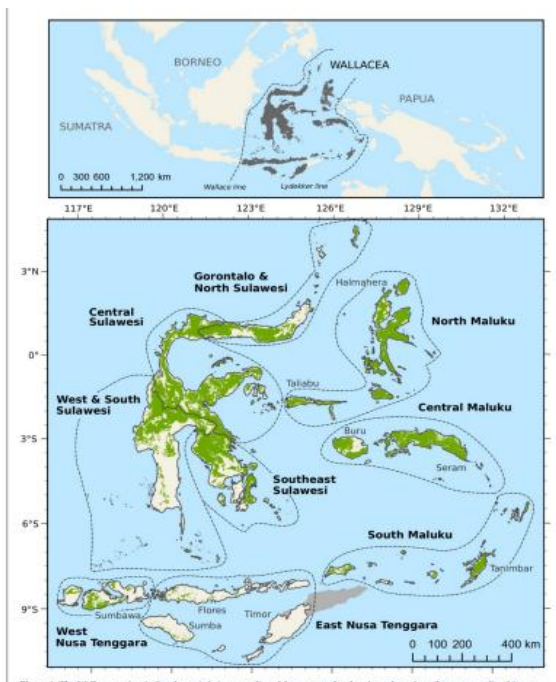
mencatat tingkat deforestasi tertinggi, terutama disebabkan oleh ekspansi perkebunan kelapa sawit dan industri kayu (Gaveau, et al., 2021). Selain itu, pembangunan infrastruktur juga berkontribusi pada deforestasi di Papua, meskipun perhatian terhadap wilayah tengah Indonesia dan hotspot keanekaragaman hayati Wallacea masih terbatas (Supriatna, et al., 2020).

Ancaman terhadap keanekaragaman hayati di kawasan Wallacea, Indonesia, terutama disebabkan oleh deforestasi, yang telah menjadi masalah serius dalam beberapa tahun terakhir. Kawasan ini, yang dikenal sebagai hotspot keanekaragaman hayati, mengalami kehilangan hutan yang signifikan akibat berbagai aktivitas manusia, termasuk perluasan lahan pertanian, penebangan liar, dan pengembangan infrastruktur (Sutherland, et al., 2019, Supriatna, et al., 2020). Penelitian menunjukkan bahwa antara tahun 2000 dan 2018, sekitar 10.231 km² hutan telah hilang, dan diperkirakan akan ada tambahan kehilangan hingga 49.570 km² pada tahun 2053 (Voigt, et al., 2021).

Deforestasi di Wallacea tidak hanya mengancam spesies endemik yang unik, tetapi juga mempengaruhi ekosistem secara keseluruhan. Kawasan-kawasan dengan keanekaragaman hayati tinggi, terutama yang kecil, pesisir, dan tidak terlindungi, sangat rentan terhadap dampak negatif dari deforestasi (Voigt, et al., 2021). Misalnya, di Sulawesi Utara dan Maluku Utara, diperkirakan lebih dari setengah dari hutan akan hilang pada tahun 2053 dengan tingkat deforestasi mencapai 2,17% per tahun (Rheindt, et al., 2020).

Kondisi ini diperburuk oleh permintaan global untuk produk seperti

minyak kelapa sawit dan nikel, yang mendorong ekspansi industri pertanian dan penambangan di wilayah tersebut. Tanpa tindakan konservasi yang efektif dan kolaborasi antara pemerintah, ilmuwan, dan masyarakat lokal, Wallacea berisiko mengalami kerugian besar dalam keanekaragaman hayatinya (Lohman, et al., 2011, Ali and Heaney, 2021). Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan strategi yang dapat melindungi kawasan ini dari ancaman deforestasi sambil mempertimbangkan kebutuhan ekonomi lokal (Matthew, et al., 2022).



Gambar 4. Wilayah Wallacea di Asia Tenggara (panel atas) yang terpengaruh oleh proyeksi deforestasi (Voigt, et al., 2021).

Pembangunan infrastruktur yang sering kali menjadi bagian dari aktivitas deforestasi telah membuka akses bagi perburuan dan perdagangan satwa liar di kawasan Wallacea. Fenomena ini sulit dikendalikan, terutama di pulau-pulau terpencil yang memiliki keterbatasan dalam patroli, komunikasi, dan

penegakan hukum. Di Sulawesi Utara, misalnya, daging satwa liar secara rutin diperdagangkan di pasar lokal, termasuk sekitar 500 metrik ton kelelawar yang diimpor setiap tahun ke wilayah tersebut. Aktivitas ini mengancam populasi satwa liar secara signifikan (Sheherazade and Tsang, 2015).

Salah satu spesies yang mengalami dampak serius adalah Burung Maleo Sulawesi (*Macrocephalon maleo*). Pengambilan telur secara masif telah menyebabkan spesies ini meninggalkan tempat bersarangnya dan mengalami penurunan populasi yang drastis. Saat ini, Maleo dikategorikan sebagai spesies dengan status Kritis (Critically Endangered) menurut IUCN Red List (www.iucnredlist.org/species/22678576/194673255). Demikian pula di Maluku, perdagangan burung endemik untuk hewan peliharaan dan burung penyanyi, seperti Kakatua Jambul Salmon (*Cacatua moluccensis*), telah menyebabkan penurunan populasi hingga 80% hanya dalam satu dekade (www.iucnredlist.org/species/22684784/93046425).

Karakteristik Wallacea yang memiliki jumlah vertebrata darat berbadan besar yang relatif sedikit membuat aktivitas eksploitasi yang tidak berkelanjutan memberikan dampak yang sangat besar terhadap spesies yang ada. Tingginya tingkat ekstraksi menyebabkan tekanan yang tidak seimbang pada sejumlah kecil spesies yang telah berada dalam kondisi sangat terancam punah, sehingga mempercepat penurunan populasi mereka (Scheffers et al., 2019).

Perubahan Iklim

Perubahan iklim semakin mengancam keanekaragaman hayati di kawasan Wallacea, yang mencakup pulau-pulau seperti Sulawesi dan Nusa Tenggara. Baru-baru ini, terjadi dua peristiwa pemutihan dan kematian karang yang merusak habitat terumbu karang dan perikanan, serta mengurangi peluang pendapatan bagi masyarakat lokal (Moore, et al., 2017). Di sekitar Pulau Buton dan Spermonde, terumbu karang menunjukkan perubahan dari spesies karang bercabang, seperti *Acropora* spp., menjadi spesies yang lebih tahan terhadap panas (Yusuf & Jompa, 2012; Struebig, et al., 2022).

Perubahan iklim juga mempengaruhi spesies darat, yang kini berada di luar kisaran suhu ideal mereka, mengubah pola hidup dan musim mereka. Hal ini dapat menyebabkan transisi ekosistem hutan kering menjadi sabana, terutama di Kepulauan Sunda Kecil seperti Sumbawa dan Flores (Siyum, 2020). Tanpa adanya adaptasi atau perubahan perilaku, banyak spesies harus bergerak ke tempat yang lebih sejuk, namun pergerakan ini terhambat oleh kondisi geografis pulau-pulau yang curam (Harris, et al., 2014; Struebig, et al., 2022).

KESIMPULAN

Kawasan Wallacea sebagai salah satu hotspot keanekaragaman hayati global, kini menghadapi ancaman serius terhadap kelestariannya. Meskipun kawasan ini memiliki tingkat endemisitas yang tinggi dan merupakan pusat evolusi flora dan fauna, berbagai aktivitas manusia seperti pertambangan, deforestasi, perburuan, introduksi spesies invasif dan dampak perubahan

iklim telah menyebabkan kerusakan habitat, penurunan populasi spesies endemik, serta hilangnya ekosistem yang unik. Meskipun berbagai upaya konservasi telah dilakukan, tekanan terhadap lingkungan terus meningkat.

Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan pendekatan yang komprehensif dan kolaboratif antara pemerintah, masyarakat, dan pemangku kepentingan lainnya. Pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan, penegakan hukum yang tegas, serta peningkatan kesadaran masyarakat tentang pentingnya menjaga keanekaragaman hayati merupakan kunci untuk melestarikan kawasan Wallacea. Selain itu, penelitian yang lebih mendalam mengenai ekologi dan distribusi spesies endemik sangat penting untuk mendukung upaya konservasi yang lebih efektif. Dengan demikian, kita dapat memastikan bahwa warisan alam yang luar biasa di Wallacea tetap dapat dinikmati oleh generasi mendatang

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, J. R, & Heaney, L. R. (2021). Wallace's line, Wallacea, and associated divides and areas: History of a tortuous tangle of ideas and labels. *Biological Reviews* 96: 922–942.
- Astuti, S. S. R. I., Hariati, A. M., Kusuma, W. E., Yuniarti, A., Kurniawan, N., & Raka Wiadnya, D. G. (2023). Anthropogenic Introduction of the Spotted Barb, *Barbodes Binotatus*, Across the Wallace Line in Western Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*.
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d240369>

- Austin, K. G., Schwantes, A., Gu, Y., & Kasibhatla, P. S. (2019). What causes deforestation in Indonesia? . *Environmental Research Letters*, 14(2), 024007.
- Barlow J, et al. (2018). The future of hyperdiverse tropical ecosystems. *Nature*, 559, 517-26.
- Bisjoe, A. R. H. (2015). Kawasan Wallacea dan Implikasinya Bagi Penelitian Integratif Lingkungan Hidup dan Kehutanan. *Info Teknis EBONI*, 12(2), 141-148.
- Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E. S., Ngo, H. T., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K. A., M. Butchart, S. H., A. Chan, K. M., Garibaldi, L. A., Ichii, K., Liu, J., Subramanian, S. M., Midgley, G. F., Miloslavich, P., Molnár, Z., Obura, D., Pfaff, A., ... Zayas, C. N. (2019). Pervasive Human-Driven Decline of Life on Earth Points to the Need for Transformative Change. *Science*.
<https://doi.org/10.1126/science.aax3100>
- Esselstyn, J. A, Achmadi, A. S, Handika H, Swanson, M. T, Giarla, T. C, Rowe, K. C. (2021). Fourteen new, endemic species of shrew (Genus *Crocidura*) from Sulawesi reveal a spectacular island radiation. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 454: 1-108
- Gaveau, D. L. A., Santos, L., Locatelli, B., Salim, M. A., Husnayaen, H., Meijaard, E., Heatubun, C., & Sheil, D. (2021). Forest loss in Indonesian New Guinea (2001-2019): Trends, drivers and outlook. *Biological Conservation*, 261, 109225.
- Harris J. B. C., et al. (2014). Rapid deforestation threatens mid-elevational endemic birds but climate change is most important at higher elevations. *Diversity and Distributions* 20: 773-785.
- Hawkins, S. (2023). Earliest Human Funerary Rites in Insular Wallacea 15,500 to 14,700 Years Ago. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2944419/v1>
- Kougioumoutzis, K., Kokkoris, I., Panitsa, M., Trigas, P., Strid, A., & Dimopoulos, P. (2020). Plant Diversity Patterns and Conservation Implications Under Climate-Change Scenarios in the Mediterranean: The Case of Crete (Aegean, Greece). *Diversity*.
<https://doi.org/10.3390/d12070270>
- Lenné, J. (2023). Current Agricultural Diversification Strategies Are Already Agroecological. *Outlook on Agriculture*.
<https://doi.org/10.1177/00307270231199796>.
- Lohman D. J., et al. (2011). Biogeography of the IndoAustralian archipelago. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 42: 205-426.
- Margono, B. A., Potapov, P. V., Turubanova S., Stolle, F and Hansen, M. C. (2014). Primary forest cover loss in Indonesia over 2000-2012 *Nat. Clim. Change*, 4:730-5.
- Mittermeier R. A. et al. (2011). Global biodiversity conservation: The critical role of hotspots. *Biodiversity Hotspots*. Springer. Page : 3-22
- Moore A, Ndobe S, Jompa J. (2017). Fingerprints of the Anthropocene: The 2016 coral bleaching event in an equatorial archipelago. Paper presented at the 4th International

- Marine and Fisheries Symposium, Makassar, Indonesia, 2.
- Nugraha, A. R. (2017). Penambangan pasir laut dan ancaman terhadap kondisi pesisir taman nasional laut wakatobi. Prosiding Seminar Nasional Kelautan dan Perikanan III.
- Pavlacky, D. C., Green, A. W., George, T. L., Iovanna, R., Bartuszevige, A. M., Correll, M. D., Panjabi, A. O., & Ryder, T. B. (2022). Landscape-scale Conservation Mitigates the Biodiversity Loss of Grassland Birds. *Ecological Applications*. <https://doi.org/10.1002/eap.2548>
- Reilly, S. B., Wogan, G. O. U., Stubbs, A. L., Arida, E., Iskandar, D. T., & McGuire, J. A. (2017). Toxic toad invasion of Wallacea: A biodiversity hotspot characterized by extraordinary endemism. *Global Change Biology*, 23(12), 5029-5031. <https://doi.org/10.1111/gcb.13877>.
- Rheindt, F. E., Prawiradilaga, D. M., Ashari, H., Gwee, C. Y., Lee, G. W. X., Wu, M. Y. (2020). A lost world in Wallacea: Description of a montane archipelagic avifauna. *Science* 367: 167-1
- Scheffers BR., Oliveira BF., Lamb I., & Edwards DP. (2019). Global wildlife trade across the tree of life. *Science*. 366: 71-76
- Sheherazade & Tsang SM. (2015). Quantifying the bat bushmeat trade in North Sulawesi, Indonesia, with suggestions for conservation action. *Global Ecology and Conservation*. 3: 324-330.
- Siyum ZG. (2020). Tropical dry forest dynamics in the context of climate change: Syntheses of drivers, gaps, and management perspectives. *Ecological Processes* 9: 25.
- Supriatna, J., Shekelle, M., Fuad, H. A. H., Winarni, N. L., Dwiyahreni, A. A., Farid, M., Mariati, S., Margules, C., Prakoso, B., & Zakaria, Z. (2020). Deforestation on the Indonesian island of Sulawesi and the loss of primate habitat. *Global Ecology and Conservation*, 24, e01205.
- Sutherland, W. J., et al. (2019). A horizon scan of emerging issues for global conservation in 2019. *Trends in Ecology & Evolution*, 34(2), 83-94.
- Struebig, M. J., Aninta, S. G., Beger, M., Bani, A., Barus, H., Brace, S., Davies, Z. G., De Brauwier, M., Diele, K., & Djakiman, C. (2022). Safeguarding imperiled biodiversity and evolutionary processes in the Wallacea Center of Endemism. *BioScience*, 72(11), 1118-1130. <https://doi.org/10.1093/biosci/biac0851>
- Tajuddin, T. (2021). Pemanfaatan Getah Pinus dan Perannya Terhadap Penghidupan Masyarakat di Provinsi Sulawesi Selatan. *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 5(1), 9. <https://doi.org/10.32522/ujht.v5i1.4151>
- Voigt, M., Supriatna, J., Deere, N. J., Kastanya, A., Mitchell, S. L., Rosa, I. M. D., Santika, T., Siregar, R., Tasirin, J. S., & Widyanto, A. (2021). Emerging threats from deforestation and forest fragmentation in the Wallacea centre of endemism. *Environmental Research Letters*, 16(9).
- Winarni, N. L. (2023). Bird Diversity in the Forests and Coconut Farms of

Sulawesi, Indonesia. *Oryx*.
<https://doi.org/10.1017/s0030605323000315>

Young, R., Gann, G. D., Walder, B., Liu, J.,
Cui, W., Newton, V., Nelson, C. R.,
Tashe, N., Jasper, D., Silveira, F. A.,
Carrick, P. J., Hägglund, T.,

Carlsén, S., & Dixon, K. W. (2022).
International Principles and
Standards for the Ecological
Restoration and Recovery of Mine
Sites. *Restoration Ecology*.
<https://doi.org/10.1111/rec.13771>.