

Kawasan Wallacea: Keunikan Biodiversitas Dan Tantangan Konservasi Di Era Krisis Lingkungan

Saroyo* dan Adelfia Papu

Program Studi Biologi, Universitas Sam Ratulangi Manado, Indonesia

*saroyo@unsrat.ac.id

Abstrak. Kawasan Wallacea, yang mencakup Sulawesi, Kepulauan Maluku, dan Nusa Tenggara, merupakan wilayah biogeografi unik dengan tingkat keanekaragaman hayati dan endemisme yang tinggi akibat isolasi geografi dan sejarah geologisnya. Spesies ikonik seperti anoa, babirusa, maleo, tarsius, dan komodo menjadikan wilayah ini sebagai pusat prioritas konservasi global. Namun, kekayaan biodiversitas Wallacea menghadapi berbagai ancaman serius, termasuk hilangnya habitat akibat deforestasi, perburuan dan perdagangan hewan liar, kematian hewan di jalan (*road mortality*), serta dampak perubahan iklim yang menggeser dan mempersempit habitat spesies endemik. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif melalui analisis data sekunder dari literatur ilmiah, laporan lembaga konservasi, dan dokumen kebijakan, termasuk *Indonesian Biodiversity Strategy and Action Plan (IBSAP) 2015–2020*. Analisis dilakukan dengan metode sintesis naratif untuk mengintegrasikan temuan-temuan terkait karakteristik biodiversitas, faktor ancaman, dampak ekologis, dan strategi konservasi. Hasil kajian menunjukkan perlunya strategi konservasi terpadu yang memadukan pendekatan *in-situ* dan *ex-situ*, melibatkan masyarakat lokal, memperkuat penegakan hukum, serta mengintegrasikan adaptasi perubahan iklim dalam perencanaan konservasi. Implementasi strategi ini akan memastikan Wallacea tetap menjadi laboratorium alami evolusi dan warisan alam dunia yang berkelanjutan.

Kata Kunci: Wallacea; Keanekaragaman hayati; Endemisme; Ancaman; Konservasi.

PENDAHULUAN

Kawasan Wallacea, yang meliputi Sulawesi, Kepulauan Maluku, dan Nusa Tenggara, merupakan wilayah biogeografi yang memiliki posisi unik di antara Paparan Sunda dan Paparan Sahul. Terpisah oleh garis Wallace dan Weber, kawasan ini menjadi zona peralihan di mana fauna Asia dan Australasia bertemu, berinteraksi, dan beradaptasi melalui proses isolasi geografis yang panjang. Kombinasi faktor geologi, iklim, dan isolasi pulau telah menghasilkan tingkat keanekaragaman hayati yang luar biasa dengan endemisme tinggi, sehingga Wallacea digolongkan sebagai salah satu *global biodiversity hotspot* (CEPF, 2014; Struebig *et al.*, 2022).

Keunikan fauna Wallacea tercermin pada keberadaan spesies ikonik seperti anoa (*Bubalus* spp.), babirusa (*Babyrousa* spp.), maleo (*Macrocephalon maleo*), tarsius (*Tarsius* spp.), serta komodo (*Varanus komodoensis*) yang hanya ditemukan di wilayah ini (Kementerian PPN/BAPPENAS *et al.*, 2016). Proses evolusi pulau telah memunculkan fenomena seperti gigantisme, dwarfisme, serta hilangnya kemampuan terbang pada beberapa burung. Adaptasi ini menjadi bukti nilai ilmiah Wallacea sebagai laboratorium alam yang penting untuk memahami mekanisme evolusi dan spesiasi.

Namun, kekayaan biodiversitas ini diiringi oleh ancaman serius. Deforestasi yang masif telah mengurangi habitat alami, terutama hutan dataran rendah yang menjadi rumah bagi sebagian besar hewan endemik. Data terbaru menunjukkan hilangnya tutupan hutan secara signifikan di Sulawesi dalam dua dekade terakhir (Ridha *et al.*, 2021). Kehilangan habitat ini berdampak langsung pada penurunan populasi hewan liar, terutama mamalia kecil yang memiliki jangkauan sempit dan mobilitas terbatas (Achmadi *et al.*, 2023).

Ancaman lain datang dari perburuan dan perdagangan hewan liar, termasuk perdagangan daging hewan (bushmeat) yang marak di pasar tradisional (Bailey *et al.*, 2022; Ransaleleh *et al.*,

2025). Perburuan tidak hanya mengurangi jumlah populasi, tetapi juga dapat mengganggu struktur sosial hewan yang kompleks, seperti primata, yang memerlukan waktu panjang untuk memulihkan populasi. Penelitian Achmadi *et al.* (2023) menunjukkan bahwa beberapa mamalia endemik Sulawesi berada pada status konservasi terancam akibat tekanan ganda dari perburuan dan hilangnya habitat.

Selain itu, pembangunan infrastruktur jalan di sekitar kawasan konservasi telah meningkatkan angka kematian hewan akibat tabrakan kendaraan. Fenomena ini, yang dikenal sebagai *road mortality*, tercatat mengancam keberlangsungan hidup berbagai spesies endemik di Sulawesi (Healey *et al.*, 2020). Dampak ini diperburuk oleh fragmentasi habitat yang membatasi pergerakan hewan dan mengisolasi populasi.

Perubahan iklim dan pemanasan global memperberat tantangan konservasi di Wallacea. Peningkatan suhu rata-rata, perubahan pola curah hujan, dan pergeseran zona iklim memengaruhi distribusi dan perilaku hewan. Spesies dengan habitat spesifik, seperti herpetofauna pegunungan di Sulawesi, terancam kehilangan habitat optimalnya (Karin *et al.*, 2023). Kondisi ini dapat menurunkan keberhasilan reproduksi, mengubah dinamika rantai makanan, dan meningkatkan kerentanan terhadap penyakit serta spesies invasif (Struebig *et al.*, 2022).

Menanggapi tantangan ini, berbagai upaya konservasi telah dilakukan. Pendekatan *in-situ* mencakup perlindungan habitat melalui penetapan kawasan konservasi darat dan laut, pengelolaan populasi, serta penegakan hukum terhadap aktivitas ilegal (Kementerian PPN/BAPPENAS *et al.*, 2016). Sementara itu, pendekatan *ex-situ* seperti penangkaran, kebun binatang, teknologi reproduksi berbantuan, dan pemindahan hewan ke habitat aman digunakan untuk menyelamatkan spesies dengan populasi yang sangat terancam (Ardiantiono *et al.*, 2018).

Strategi konservasi juga mencakup penelitian ekologi mendalam, monitoring populasi, dan keterlibatan masyarakat lokal. Program pendidikan dan kampanye kesadaran publik bertujuan mengubah perilaku konsumsi yang mengancam hewan liar dan mempromosikan nilai ekologi Wallacea sebagai aset nasional dan global (Achmadi *et al.*, 2023; Struebig *et al.*, 2022). IBSAP 2015–2020 menegaskan pentingnya integrasi konservasi ke dalam pembangunan nasional, penguatan kapasitas kelembagaan, serta mobilisasi pendanaan berkelanjutan untuk menjamin keberhasilan jangka panjang (Kementerian PPN/BAPPENAS *et al.*, 2016).

Dengan kompleksitas permasalahan yang ada, Wallacea menempati posisi strategis dalam agenda konservasi global. Kelestariannya bergantung pada kolaborasi lintas sektor, kebijakan berbasis sains, dan keterlibatan aktif masyarakat dalam menjaga warisan alam ini dari ancaman antropogenik dan perubahan iklim yang semakin nyata.

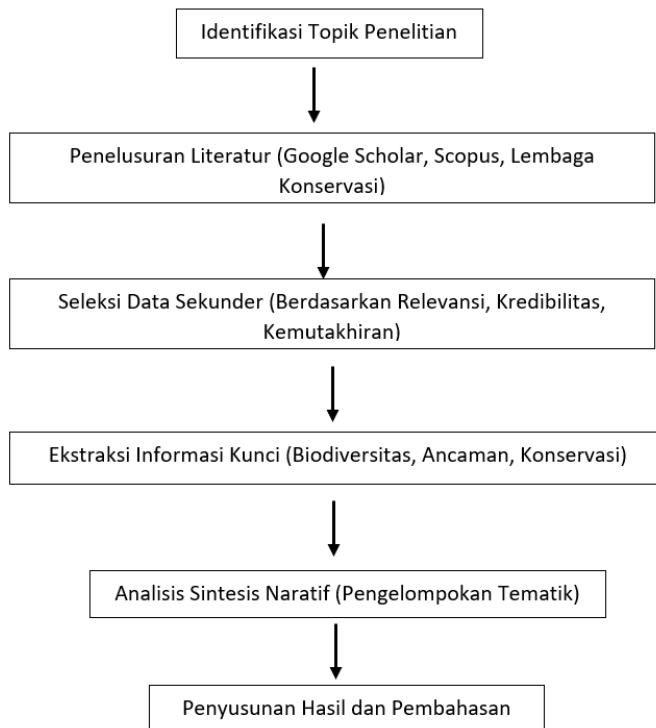
Tujuan riset untuk menguraikan keunikan biodiversitas Wallacea, mengidentifikasi berbagai ancaman terhadap kelangsungan hidup hewan endemik, menganalisis dampak perubahan iklim, serta memaparkan strategi konservasi berbasis ilmiah dan kebijakan untuk menjaga kelestarian kawasan ini sebagai prioritas konservasi global.

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan kualitatif berbasis analisis data sekunder (**Gambar 1**). Data diperoleh dari berbagai sumber yang relevan dengan topik biodiversitas, ancaman terhadap kelangsungan hidup hewan endemik, serta upaya konservasi di kawasan Wallacea. Sumber data meliputi artikel ilmiah terindeks internasional dan nasional, laporan lembaga konservasi, dokumen kebijakan seperti *Indonesian Biodiversity Strategy and Action Plan (IBSAP) 2015–2020*, serta profil ekosistem yang diterbitkan oleh Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF).

Proses pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran literatur secara sistematis menggunakan basis data daring, termasuk Google Scholar, Scopus, dan portal publikasi lembaga terkait. Kriteria pemilihan literatur didasarkan pada keterkaitan isi dengan topik penelitian, kredibilitas sumber, dan kemutakhiran publikasi.

Analisis data dilakukan dengan metode sintesis naratif, yaitu mengintegrasikan temuan dari berbagai sumber untuk mengidentifikasi pola umum, perbedaan, dan hubungan antarvariabel seperti faktor ancaman, dampak ekologis, dan strategi konservasi. Hasil analisis disusun secara tematik sesuai fokus penelitian: karakteristik biodiversitas Wallacea, ancaman yang dihadapi, pengaruh perubahan iklim terhadap hewan darat, dan bentuk-bentuk intervensi konservasi. Pendekatan ini memungkinkan penyusunan gambaran komprehensif berdasarkan bukti ilmiah yang telah tersedia.



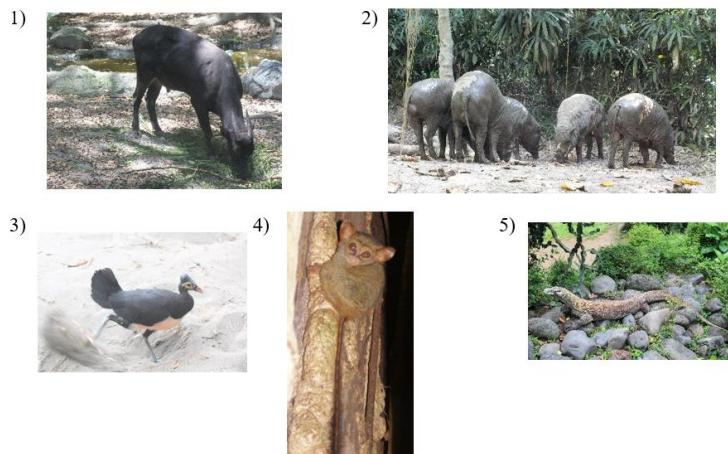
Gambar 1. Diagram Alur Penelitian mulai dari indentifikasi topic hingga analisis sintesis. Kemudian diakhiri dengan penyusunan artikel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kawasan Wallacea merupakan salah satu wilayah biogeografi yang paling menarik dan penting di dunia dari sudut pandang keanekaragaman hayati. Letaknya yang berada di antara Paparan Sunda dan Paparan Sahul, dipisahkan oleh garis Wallace dan Weber, telah menghasilkan suatu mosaik ekosistem yang unik. Secara geologis, kawasan ini terbentuk dari serangkaian pulau yang tidak pernah terhubung sepenuhnya dengan benua Asia maupun Australasia. Kondisi ini memunculkan isolasi evolusioner yang menghasilkan tingkat endemisme yang sangat tinggi (CEPF, 2014; Struebig *et al.*, 2022).

Fenomena biogeografi ini dapat dilihat dari hadirnya spesies yang tidak ditemukan di tempat lain, seperti anoa (*Bubalus* spp.), babirusa (*Babirousa* spp.), maleo (*Macrocephalon maleo*), tarsius (*Tarsius* spp.), dan komodo (*Varanus komodoensis*) (Kementerian PPN/BAPPENAS *et al.*, 2016) (**Gambar 2**). Banyak di antaranya telah berevolusi dengan ciri

khas yang unik, seperti gigantisme, dwarfisme, atau hilangnya kemampuan terbang pada beberapa burung darat. Hal ini menjadikan Wallacea sebagai laboratorium alami yang ideal untuk mempelajari mekanisme evolusi, adaptasi, dan spesiasi.



Gambar 2. Beberapa Satwa Endemik daerah Wallacea: 1). Anoa (*Bubalus* spp.), 2). Babirusa (*Babyrousa* spp.), 3). Maleo (*Macrocephalon maleo*), 4). Krabuku tangkasi (*Tarsius spectrumgurskyae*), dan 5). Komodo (*Varanus komodoensis*)

Namun, keunikan tersebut kini menghadapi ancaman serius. Laju kehilangan habitat, terutama hutan dataran rendah, menjadi salah satu faktor utama yang memengaruhi kelangsungan hidup hewan endemik (Ridha *et al.*, 2021). Hilangnya habitat ini mengganggu keseimbangan ekosistem, mengurangi ketersediaan sumber daya, dan memisahkan populasi hewan menjadi fragmen-fragmen kecil yang rentan terhadap kepunahan lokal.

Selain hilangnya habitat, perburuan dan perdagangan hewan liar menjadi ancaman signifikan (**Gambar 3**). Penelitian Bailey *et al.* (2022) menunjukkan bahwa perdagangan daging hewan liar (bushmeat) masih marak di pasar tradisional di Sulawesi. Aktivitas ini tidak hanya mengancam kelestarian populasi, tetapi juga berpotensi membawa risiko kesehatan bagi manusia melalui penularan penyakit zoonosis. Temuan serupa juga disampaikan oleh Ransaleleh *et al.* (2025), yang menekankan bahwa perburuan hewan endemik untuk konsumsi masih menjadi praktik umum di beberapa daerah Wallacea. Saroyo (2011) menginventarisasi sejumlah spesies mamalia, burung, dan reptil liar di Sulawesi Utara umum dikonsumsi oleh Sebagian Masyarakat.



Gambar 3. Perdagangan Daging Hewan Liar di Pasar Tradisional

Khusus untuk mamalia kecil endemik Sulawesi, Achmadi *et al.* (2023) menunjukkan bahwa kombinasi antara perburuan, degradasi habitat, dan keterbatasan jangkauan distribusi menyebabkan sebagian besar spesies berada pada status konservasi terancam. Mamalia-mamalia ini memiliki peran ekologi penting, misalnya sebagai penyebar biji dan pengendali populasi serangga, sehingga kehilangan mereka akan memicu dampak ekosistem yang lebih luas.

Infrastruktur jalan juga membawa dampak negatif yang tidak kalah besar. Healey *et al.* (2020) mendokumentasikan bahwa kematian hewan akibat tertabrak kendaraan (*road mortality*) terjadi pada berbagai kelompok takson, mulai dari reptil, amfibi, burung, hingga mamalia besar. Selain itu, keberadaan jalan sering memicu fragmentasi habitat yang menghambat pergerakan hewan, memisahkan populasi, dan pada akhirnya mengurangi keragaman genetik.

Ancaman yang bersifat global, seperti perubahan iklim dan pemanasan global, memperburuk situasi. Peningkatan suhu, pergeseran pola curah hujan, dan naiknya frekuensi kejadian iklim ekstrem dapat mengubah komposisi vegetasi dan menggeser zona habitat yang sesuai bagi hewan darat. Spesies dengan habitat sempit dan daya adaptasi rendah sangat rentan terhadap perubahan ini. Karin *et al.* (2023) melaporkan bahwa beberapa herpetofauna pegunungan di Sulawesi terancam kehilangan habitat optimal akibat perubahan iklim. Hal ini sejalan dengan temuan Struebig *et al.* (2022) yang memprediksi bahwa tanpa intervensi konservasi yang efektif, perubahan iklim dapat mempercepat laju kepunahan spesies di Wallacea.

Dari perspektif konservasi, upaya yang dilakukan di Wallacea mencakup pendekatan *in-situ* dan *ex-situ*. Pendekatan *in-situ* meliputi perlindungan habitat melalui pembentukan taman nasional, suaka margasatwa, dan taman hutan raya. Upaya ini bertujuan menjaga integritas ekosistem alami dan mempertahankan interaksi ekologis yang kompleks (Kementerian PPN/BAPPENAS *et al.*, 2016). Namun, efektivitasnya sangat bergantung pada pengelolaan yang berkelanjutan, penegakan hukum yang tegas, dan partisipasi masyarakat.

Pendekatan *ex-situ* menjadi pilihan penting untuk spesies yang populasinya sudah sangat kecil atau terancam punah dalam waktu dekat. Contohnya adalah penangkaran komodo di luar habitat aslinya untuk menjaga keberlanjutan populasi (Ardiantiono *et al.*, 2018). Program semacam ini sering diikuti dengan pelepasan kembali ke habitat yang telah dipulihkan.

Selain itu, kebijakan konservasi berbasis masyarakat semakin diakui sebagai strategi penting. Keterlibatan komunitas lokal dalam perlindungan hewan dan habitatnya, melalui skema ekowisata, pertanian berkelanjutan, dan pendidikan konservasi, terbukti meningkatkan kesadaran sekaligus memberikan manfaat ekonomi alternatif. IBSAP 2015–2020 (Kementerian PPN/BAPPENAS *et al.*, 2016) menegaskan pentingnya integrasi konservasi ke dalam pembangunan nasional, penguatan kapasitas kelembagaan, dan mobilisasi pendanaan untuk memastikan keberhasilan jangka panjang. Saroyo *et al.* (2025) mendeskripsikan upaya konservasi melalui Pendidikan kelompok Masyarakat selama 10 tahun oleh Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sam Ratulangi sebagai bentuk keterlibatan dunia Pendidikan dalam konservasi hewan liar di Sulawesi Utara.

Meskipun berbagai upaya telah dilakukan, tantangan konservasi di Wallacea masih kompleks. Struebig *et al.* (2022) menyoroti bahwa prioritas konservasi perlu mencakup perlindungan spesies dan juga proses evolusi yang membentuk keanekaragaman hayati wilayah ini. Dengan kata lain, melestarikan Wallacea berarti tidak hanya mempertahankan spesies yang ada, tetapi juga menjaga kondisi ekosistem yang memungkinkan spesies baru terus berevolusi di masa depan.

Jika dilihat dari sudut pandang ilmiah, tujuan penulisan artikel ini adalah untuk mengintegrasikan temuan-temuan terbaru tentang biodiversitas Wallacea, ancaman yang

dihadapi, dan upaya konservasi yang sedang berlangsung. Hal ini penting untuk memberikan gambaran komprehensif yang dapat digunakan oleh peneliti, pembuat kebijakan, dan praktisi konservasi dalam merancang strategi yang lebih efektif.

Berdasarkan analisis literatur, ada beberapa poin kunci yang perlu ditekankan:

- 1) **Tingkat endemisme tinggi menjadikan Wallacea pusat prioritas konservasi global.** Upaya pelestarian harus mempertimbangkan nilai evolusi yang terkandung di dalamnya.
- 2) **Ancaman terhadap biodiversitas bersifat multifaktor**, meliputi kehilangan habitat, perburuan, perdagangan hewan liar, pembangunan infrastruktur, dan dampak perubahan iklim.
- 3) **Konservasi memerlukan pendekatan terpadu**, memadukan upaya *in-situ* dan *ex-situ*, melibatkan masyarakat lokal, serta memperkuat kebijakan dan penegakan hukum.
- 4) **Penelitian dan monitoring berkelanjutan** diperlukan untuk menilai efektivitas strategi konservasi dan menyesuaikan intervensi sesuai dinamika ancaman dan kondisi ekosistem.

Dengan mempertimbangkan seluruh faktor tersebut, jelas bahwa penyelamatan Wallacea tidak dapat dilakukan secara parsial. Pendekatan lintas disiplin yang melibatkan ekologi, biologi konservasi, kebijakan publik, ekonomi, dan sosiologi menjadi prasyarat mutlak. Keberhasilan konservasi di Wallacea tidak hanya akan mempertahankan warisan alam Indonesia, tetapi juga berkontribusi terhadap stabilitas ekosistem global yang bergantung pada keragaman hayati tropis.

KESIMPULAN

Kawasan Wallacea merupakan salah satu pusat keanekaragaman hayati terpenting di dunia dengan tingkat endemisme yang sangat tinggi akibat isolasi geografi dan sejarah geologisnya. Spesies ikonik seperti anoa, babirusa, maleo, tarsius, dan komodo menjadi bukti kekayaan evolusi kawasan ini. Namun, kekayaan tersebut menghadapi ancaman serius berupa kehilangan habitat akibat deforestasi, perburuan dan perdagangan hewan liar, kematian hewan di jalan, serta dampak perubahan iklim yang menggeser dan mempersempit habitat hewan endemik.

Kajian literatur menunjukkan bahwa upaya konservasi telah dilakukan melalui pendekatan *in-situ* dan *ex-situ*, didukung kebijakan nasional seperti *Indonesian Biodiversity Strategy and Action Plan (IBSAP) 2015–2020*. Keterlibatan masyarakat, penegakan hukum, dan penelitian berkelanjutan menjadi faktor kunci dalam keberhasilan konservasi.

Melestarikan Wallacea bukan hanya berarti mempertahankan spesies yang ada, tetapi juga menjaga proses ekologi dan evolusi yang membentuk kekayaan hayatinya. Oleh karena itu, diperlukan strategi konservasi terpadu, kolaborasi lintas sektor, dan integrasi konservasi ke dalam pembangunan berkelanjutan. Keberhasilan upaya ini akan memastikan Wallacea tetap menjadi laboratorium alami yang unik dan warisan dunia yang tak ternilai.

REKOMENDASI

Untuk memastikan kelestarian keanekaragaman hayati Wallacea, diperlukan langkah strategis yang melibatkan seluruh pemangku kepentingan. Pertama, perlindungan habitat harus diperkuat melalui penegakan hukum yang tegas terhadap perambahan hutan, pembalakan liar, dan perburuan hewan dilindungi. Penetapan serta pengelolaan kawasan konservasi baru di habitat kunci menjadi prioritas untuk mencegah fragmentasi lebih lanjut.

Kedua, perlu dikembangkan program konservasi berbasis masyarakat yang memberikan manfaat ekonomi alternatif, seperti ekowisata berkelanjutan, pertanian ramah lingkungan, dan pemanfaatan hasil hutan non-kayu. Keterlibatan aktif komunitas lokal dalam pemantauan

populasi hewan dan pengelolaan sumber daya alam akan meningkatkan rasa memiliki dan tanggung jawab konservasi.

Ketiga, penelitian ilmiah dan monitoring jangka panjang harus diperluas untuk memahami dinamika populasi, ancaman, dan efektivitas intervensi konservasi. Hasil penelitian tersebut harus digunakan sebagai dasar kebijakan berbasis bukti (*evidence-based policy*).

Keempat, adaptasi terhadap perubahan iklim perlu diintegrasikan dalam perencanaan konservasi, termasuk restorasi ekosistem yang mampu meningkatkan ketahanan spesies endemik. Dengan sinergi antara pemerintah, lembaga konservasi, peneliti, dan masyarakat, Wallacea dapat terus mempertahankan keunikan biodiversitasnya sebagai aset nasional dan global.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, A.S., Fahri, F., Gazzard, A., Handika, H., Inayah, N., Kennerley, R.J., Lanusi, A.A., Nangoy, M., Nurdin, M.R.T.J.P., Rowe, K.C. & Sheherazade. (2023). Conservation status and priorities for Sulawesi's unique small mammal fauna. *Oryx*, 57(6), pp.689–700.
- Ardiantiono, A., Jessop, T.S., Purwandana, D., Ariefiandy, A., et al. (2018). Effects of human activities on Komodo dragons in Komodo National Park. *Biodiversity and Conservation*, 27(13). doi:10.1007/s10531-018-1601-3.
- Bailey, C., Hilser, H., Siwia, Y., Waterman, J., Loffeld, T., Sampson, H., Tasirin, J., Melfi, V. & Bowkett, A.E. (2022). Trends in the bushmeat market trade in North Sulawesi and conservation implications. *Animal Conservation*.
- Critical Ecosystem Partnership Fund (CEPF). (2014). Wallacea biodiversity hotspot—ecosystem profile. [online] Available at: https://d29l0tur8ol1gj.cloudfront.net/sites/default/files/ecosystemprofile_wallacea.pdf [Accessed 14 Aug. 2025].
- Healey, R.M., Atutubo, J., Kusrini, M., et al. (2020). Road mortality threatens endemic species in a national park in Sulawesi, Indonesia. *Global Ecology and Conservation*, 24, e01281. doi:10.1016/j.gecco.2020.e01281.
- Karin, B.R., Krone, I.W., Frederick, J., Hamidy, A., Laksono, W.T., Amini, S.S., Arida, E., Arifin, U., Bach, B.H., Bos, C., Jennings, C.K., Riyanto, A., Scarpetta, S.G., Stubbs, A.L. & McGuire, J.A. (2023). Elevational surveys of Sulawesi herpetofauna 1: Gunung Galang, Gunung Dako Nature Reserve. *PeerJ*, 11, e15766. doi:10.7717/peerj.15766.
- Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/BAPPENAS, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan & Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. (2016). *Indonesian Biodiversity Strategy and Action Plan (IBSAP) 2015–2020*. Jakarta: BAPPENAS. ISBN 978-602-1154-49-6.
- Ransaleleh, T.A., Wahyuni, I., Rotinsulu, M.D., Nangoy, M.J., Lomboan, A., Onibala, J., Laatung, S., Kalangi, L.S., Saputro, S. & Wiantoro, S. (2025). The bushmeat trade in traditional markets in North Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas*, 26, pp.1929–1939.
- Ridha, M.A., Kusrini, M.D., Mardiastuti, A. & Karraker, N.E. (2021). The amphibians and reptiles of Rawa Aopa Watumohai National Park, Southeast Sulawesi. *Media Konservasi*, 26(2), pp.128–138.
- Saroyo. (2011). Konsumsi mamalia, burung, dan reptil liar pada masyarakat Sulawesi Utara dan aspek konservasinya. *Jurnal Bios Logos*, 1(1).
- Saroyo, S., Siahaan, P., Tangapo, A.M. & Mambu, S.M. (2025). Pendidikan konservasi bagi masyarakat: Sepuluh tahun kegiatan pengabdian oleh Program Studi Biologi, Fakultas

- Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sam Ratulangi. *The Studies of Social Science*, 7(1), pp.88–99.
- Struebig, M.J., Aninta, S.G., Beger, M., Bani, A., Barus, H., Brace, S., Davies, Z.G., De Brauwer, M., Diele, K., Djakiman, C., Djamaluddin, R., Drinkwater, R., Dumbrell, A., Evans, D., Fusi, M., Herrera-Alsina, L., Iskandar, D.T., Jompa, J., Juliandi, B., Lancaster, L.T., Limmon, G., Lindawati, Lo, M.G.Y., Lupiyaningdyah, P., McCannon, M., Meijaard, E., Mitchell, S.L., Mumbunan, S., O'Connell, D., Osborne, O.G., Papadopoulos, A.S.T., Rahajoe, J.S., Rosaria, Rossiter, S.J., Rugayah, Rustami, H., Salzmann, U., Sheherazade, Sudiana, I.M., Sukara, E., Tasirin, J.S., Tjoa, A., Travis, J.M.J., Trethewan, L., Trianto, A., Utteridge, T., Voigt, M., Winarni, N., Zakaria, Z. & Edwards, D.P. (2022). Safeguarding imperiled biodiversity and evolutionary processes in the Wallacea center of endemism. *BioScience*, 72(11), pp.1118–1130. doi:10.1093/biosci/biac085.
- Bekker, J. G., Craig, I. K., Pistorius, P. C. (1999). Modeling and Simulation of Arc Furnace Process. *ISIJ International*, 39(1), 23–32.
- Hovmand, S. (1995). Fluidized Bed Drying. In Mujumdar, A.S. (Ed.) *Handbook of Industrial Drying* (pp.195-248). 2nd Ed. New York: Marcel Dekker.
- Istadi, I. (2006). Development of A Hybrid Artificial Neural Network – Genetic Algorithm for Modelling and Optimization of Dielectric-Barrier Discharge Plasma Reactor. *PhD Thesis*. Universiti Teknologi Malaysia.
- Primack, H.S. (1983). Method of Stabilizing Polyvalent Metal Solutions. *US Patent No. 4,373,104*.
- Proctor, M., Yeo, P., & Lack, A. (1996). *The natural history of pollination*. HarperCollins Publishers.
- Roeva, O. (2012). Real-World Applications of Genetic Algorithm. In *International Conference on Chemical and Material Engineering* (pp. 25–30). Semarang, Indonesia: Department of Chemical Engineering, Diponegoro University.
- Siregar, E. H., Atmowidi, T., & Kahono, S. (2016). Diversity and abundance of insect pollinators in different agricultural lands in Jambi, Sumatera. *HAYATI Journal of Biosciences*, 23(1), 13-17.