

WILDLIFE CONSERVATION IN THE ERA OF CLIMATE CHANGE: RESEARCH TRENDS, CHALLENGES, AND FUTURE AGENDA**KONSERVASI SATWA LIAR DI ERA PERUBAHAN IKLIM: TREN PENELITIAN, TANTANGAN, DAN AGENDA MASA DEPAN****John F. Sahusilawane, Arsyad Lubis**Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura, Ambon¹Universitas Lancang Kuning, Pekanbaru²john.sahusilawane@lecturer.unpatti.ac.id¹**Corresponding Author***ABSTRACT**

Climate change has emerged as one of the primary drivers of global biodiversity loss. However, limited efforts have systematically examined how wildlife conservation research has responded to this growing threat. This study presents a systematic literature review following the PRISMA 2020 guidelines, guided by three research questions: (1) What are the trends and thematic distribution of wildlife conservation research related to climate change over the past decade? (2) Which climate-adaptive conservation strategies have been most extensively investigated and implemented? and (3) Which taxonomic groups and geographical regions have received the greatest, and the least, research attention? The literature search was conducted using major online academic databases with combinations of keywords related to climate change, conservation, and wildlife. Eligible studies were subsequently synthesized using a narrative-thematic approach. The findings reveal three dominant thematic clusters: the biophysical impacts of climate change on species distribution and phenology; climate adaptation strategies based on protected areas and landscape connectivity; and assisted migration alongside human–wildlife conflict mitigation. The most significant research gaps were identified in ectothermic taxa, particularly amphibians and reptiles, as well as in Africa, Asia, and South America, despite these regions representing global biodiversity hotspots. This study concludes that future research should broaden its taxonomic and geographical scope, integrate Indigenous and local knowledge systems, and develop multi-scale adaptive frameworks that bridge biophysical research with policy implementation, particularly in underrepresented tropical regions.

Keywords: *wildlife conservation; climate change; systematic literature review; PRISMA; adaptation strategies; research gaps*

ABSTRAK

Perubahan iklim adalah salah satu pendorong utama hilangnya keanekaragaman hayati global saat ini, tetapi belum banyak upaya yang memetakan secara sistematis bagaimana sebenarnya penelitian konservasi satwa liar merespons ancaman tersebut. Artikel ini menyusun tinjauan literatur sistematis mengikuti protokol PRISMA 2020, dengan tiga pertanyaan sebagai pemandu: (1) bagaimana tren dan sebaran tematik penelitian konservasi satwa liar terkait perubahan iklim dalam satu dekade terakhir; (2) strategi konservasi adaptif-iklim apa yang paling banyak diteliti dan diterapkan; dan (3) kelompok taksa serta kawasan geografis mana yang paling banyak, dan paling sedikit, mendapat perhatian riset. Penelusuran dilakukan pada basis data akademik daring memakai kombinasi kata kunci seputar perubahan iklim, konservasi, dan satwa liar, lalu studi yang memenuhi kriteria inklusi disintesis secara naratif-tematik. Hasilnya memperlihatkan tiga kluster tematik yang dominan: dampak biofisik perubahan iklim terhadap distribusi dan fenologi spesies; strategi adaptasi berbasis kawasan lindung dan konektivitas lanskap; serta migrasi terbantu (assisted migration) dan mitigasi konflik manusia-satwa. Kesenjangan paling mencolok justru terjadi pada taksa ektoterm seperti amfibi dan reptil, dan pada kawasan Afrika, Asia, serta Amerika Selatan padahal kawasan-kawasan inilah yang menjadi pusat keanekaragaman hayati dunia. Studi ini menyimpulkan bahwa agenda riset ke depan perlu memperluas cakupan taksonomi dan geografis, mengintegrasikan pengetahuan lokal dan adat, serta membangun

kerangka kerja adaptif multi-skala yang menghubungkan riset biofisik dengan implementasi kebijakan di kawasan tropis yang selama ini kurang terwakili.

Kata Kunci: konservasi satwa liar; perubahan iklim; tinjauan sistematis; PRISMA; strategi adaptasi; kesenjangan penelitian

1. INTRODUCTION

Para ilmuwan memperkirakan laju kepunahan spesies pada abad ke-21 sudah ratusan kali lebih cepat dibanding laju kepunahan latar (background extinction rate). Perubahan iklim antropogenik kian sering disebut sebagai salah satu penyebab utamanya, sejajar dengan alih fungsi lahan dan eksploitasi berlebih. Pergeseran suhu, pola curah hujan, dan makin sering munculnya cuaca ekstrem telah mengubah jangkauan sebaran, fenologi, dan dinamika populasi satwa liar di berbagai belahan bumi. LeDee et al. (2021) mencatat bahwa meski bukti dampak perubahan iklim terhadap satwa liar sudah menumpuk banyak, penelitian mengenai strategi adaptasi konservasi justru tertinggal jauh: dari 1.346 publikasi yang mereka telaah, hanya 509 yang benar-benar memuat rekomendasi manajemen konkret bagi pengelola kawasan.

Ketimpangan seperti ini bukan kasus tunggal. Winter et al. (2016) mendapati bahwa penelitian dampak iklim terhadap amfibi dan reptil sangat bias, baik secara geografis maupun taksonomis. Dari 104 studi yang mereka telusuri, mayoritas terpusat di Amerika Utara dan Eropa, sementara kawasan dengan keanekaragaman hayati tertinggi di dunia Afrika, Asia, dan Amerika Selatan justru kekurangan data jangka panjang. Pola serupa juga muncul pada riset kawasan lindung: Kimani et al. (2025) menegaskan bahwa kajian efektivitas kawasan lindung terhadap perubahan iklim sudah berkembang pesat di negara maju, tetapi kajian setara di benua Afrika, yang di Kenya saja menjadi rumah bagi lebih dari 400 spesies herpetofauna, masih sangat terbatas.

Tekanan perubahan iklim juga ikut mengubah pola interaksi manusia dan satwa. Abrahms et al. (2023) menunjukkan bahwa perubahan iklim berfungsi sebagai "amplifier" global bagi konflik manusia-satwa: kekeringan, gelombang panas, dan cuaca ekstrem mendorong satwa masuk ke lanskap yang didominasi manusia untuk mencari sumber daya, sehingga kerugian tanaman, ternak, bahkan korban jiwa pun meningkat. Di Indonesia sendiri, Rifaie et al. (2021) mendokumentasikan bahwa kajian konflik manusia-satwa masih terpusat pada beberapa spesies dan wilayah saja, sementara Papua, pulau terbesar sekaligus salah satu kawasan berkeanekaragaman hayati tertinggi di Indonesia, sama sekali belum tersentuh penelitian semacam ini.

Di tengah ancaman yang terus membesar, respons kelembagaan konservasi mulai bergeser dari pendekatan statis, yaitu sekadar melindungi kawasan tetap, menuju pendekatan adaptif yang mengakomodasi pergeseran jangkauan spesies. Mawdsley et al. (2009), dalam salah satu tinjauan paling banyak dirujuk di bidang ini, mengidentifikasi 16 strategi adaptasi umum yang dipakai lembaga konservasi di berbagai negara, mulai dari perluasan konektivitas kawasan lindung hingga migrasi terbantu bagi spesies yang tidak sanggup menjangkau habitat baru secara alami. Namun sejauh mana strategi-strategi tersebut benar-benar diterapkan, dan bagaimana tren riset yang mendasarinya berkembang selama satu dekade terakhir, belum banyak dipetakan secara sistematis dan menyeluruh, apalagi yang menggabungkan analisis tren topik, evaluasi strategi adaptif, dan pemetaan kesenjangan taksa-geografis sekaligus dalam satu kerangka tinjauan.

Studi bibliometrik terbaru Kupika dan Zlotnikova (2026) memberi sebagian jawaban dari sisi teknologi informatika. Analisis terhadap 643 publikasi Scopus periode 1993–2024 memperlihatkan lonjakan tajam penelitian dalam satu dekade terakhir, dengan negara maju dan Tiongkok mendominasi luaran riset sementara kontribusi Afrika tetap minim. Temuan ini memperkuat dugaan bahwa kesenjangan riset bukan cuma soal taksa, tapi juga soal siapa yang meneliti dan di mana penelitian itu berlangsung, sebuah pola yang layak dipetakan lebih spesifik pada domain konservasi satwa liar.

Berangkat dari kesenjangan tersebut, artikel ini menyusun tinjauan literatur sistematis untuk memetakan: (1) tren dan sebaran tematik penelitian konservasi satwa liar dalam konteks perubahan iklim selama satu dekade terakhir; (2) strategi konservasi adaptif-iklim yang paling banyak diteliti dan diterapkan; dan (3) kesenjangan taksonomi serta geografis dalam literatur yang ada. Kebaruan artikel ini terletak pada penggabungan ketiga dimensi analisis tersebut, tren tematik, strategi adaptasi, dan kesenjangan taksa-geografis, dalam satu kerangka PRISMA yang koheren, alih-alih membahasnya terpisah seperti lazimnya tinjauan-tinjauan sebelumnya yang cenderung hanya berfokus pada satu taksa atau satu kawasan.

Adapun yang menjadi rumusan masalah pada penelitian ini antara lain:

RQ1: Bagaimana tren dan distribusi tematik penelitian konservasi satwa liar dalam konteks perubahan iklim dalam satu dekade terakhir?

RQ2: Strategi konservasi berbasis iklim (climate-adaptive conservation) apa yang paling banyak diteliti dan diterapkan untuk satwa liar?

RQ3: Kelompok taksa dan kawasan geografis mana yang paling banyak/paling sedikit diteliti dalam isu konservasi satwa liar-perubahan iklim?

2. METODE

2.1 Desain dan Protokol

Penelitian ini memakai desain tinjauan literatur sistematis (systematic literature review/SLR) mengikuti struktur pelaporan PRISMA 2020 (Page et al., 2021). Protokol ini dipilih karena menyediakan kerangka yang transparan untuk melacak setiap tahap, mulai dari identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, hingga inklusi studi, sehingga proses sintesis dapat direplikasi dan diperiksa ulang oleh pembaca.

2.2 Kerangka PICO

Mengingat topik ini bersifat ekologis-konservasi dan bukan biomedis murni, kerangka PICO diadaptasi sebagai berikut:

Komponen	Definisi Operasional dalam Studi Ini
P (Population/Problem)	Populasi dan komunitas satwa liar (vertebrata terestrial, marin, dan air tawar) yang terpapar tekanan perubahan iklim
I (Intervention/Issue of Interest)	Strategi dan intervensi konservasi adaptif-iklim (kawasan lindung, konektivitas lanskap, migrasi terbantu, mitigasi konflik manusia-satwa, pemodelan sebaran spesies)
C (Comparison/Context)	Perbandingan lintas taksa (mamalia, burung, herpetofauna, mamalia laut) dan lintas kawasan geografis (negara maju vs berkembang; tropis vs kutub)
O (Outcome)	Tren publikasi tematik, efektivitas strategi adaptasi, serta pola kesenjangan (gap) taksonomi dan geografis dalam literatur

2.3 Kriteria Kelayakan

Kriteria inklusi yang dipakai adalah: (a) artikel jurnal peer-review berbahasa Inggris atau Indonesia; (b) terbit pada rentang 2009–2026, dengan penekanan pada dekade terakhir (2016–2026); (c) secara eksplisit membahas interaksi antara perubahan iklim dan konservasi atau manajemen satwa liar; dan (d) tersedia teks lengkap atau abstrak terstruktur yang cukup memadai untuk diekstraksi datanya.

Sebaliknya, artikel dikeluarkan jika: (a) membahas perubahan iklim tanpa kaitan langsung dengan satwa liar, misalnya yang murni membahas vegetasi atau tanaman pertanian; (b) berupa laporan non-peer-review, opini, atau berita populer tanpa data primer atau sintesis ilmiah; atau (c) berfokus eksklusif pada aspek fisiologis-molekuler tanpa implikasi konservasi apa pun.

2.4 Sumber Informasi dan Strategi Pencarian

Pencarian literatur dilakukan lewat mesin pencari akademik dengan kombinasi istilah Boolean, di antaranya ("wildlife conservation" OR "biodiversity conservation") AND ("climate change" OR "climate adaptation") AND ("research trends" OR "systematic review" OR "bibliometric"), ditambah sejumlah kombinasi turunan yang menyorot sub-tema strategi adaptasi (assisted migration, protected area connectivity), kesenjangan taksa (amphibians, reptiles, taxonomic bias), dan kesenjangan geografis (Africa, Southeast Asia, Indonesia). Seluruh pencarian dilakukan pada Juli 2026.

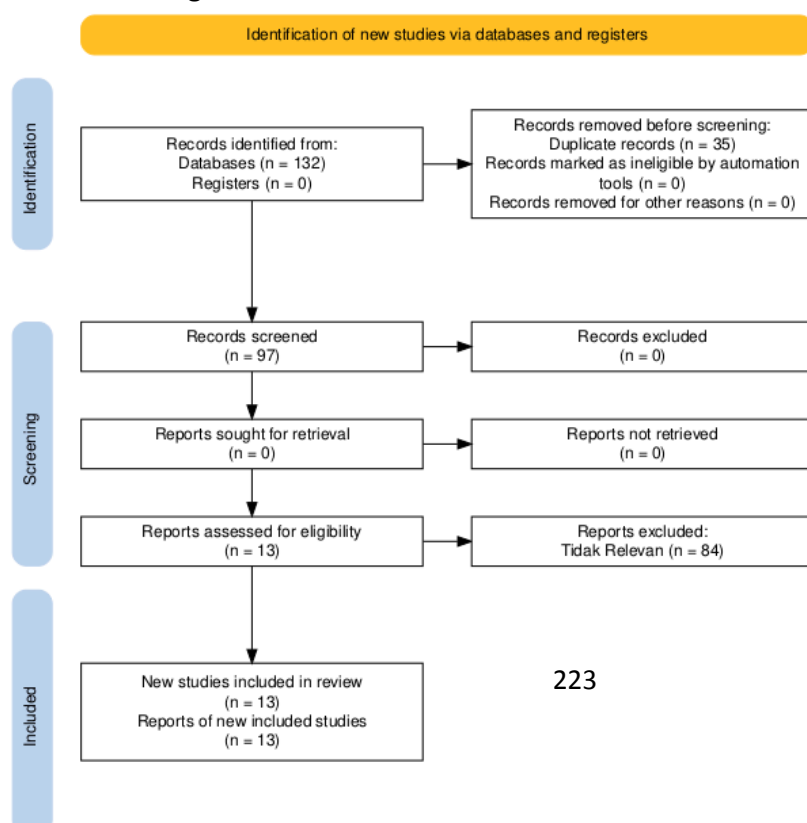
2.5 Proses Seleksi dan Ekstraksi Data

Proses seleksi mengikuti empat tahap PRISMA 2020, yaitu identifikasi, penyaringan, penilaian kelayakan, dan inklusi. Dari setiap studi terpilih, data yang diekstraksi mencakup penulis/tahun, kawasan geografis kajian, taksa yang diteliti, pendekatan metodologis, serta temuan kunci terkait tren, strategi, atau kesenjangan yang dilaporkan.

2.6 Keterbatasan Metodologis

Perlu disampaikan secara terbuka bahwa penelusuran pada artikel ini dilakukan lewat alat pencarian web, yang cakupannya lebih terbatas dibanding pencarian manual sistematis pada basis data berlangganan penuh seperti Scopus atau Web of Science dengan tim multi-reviewer. Studi yang berhasil diverifikasi penuh (nama penulis lengkap, tahun, dan DOI aktif) untuk sintesis akhir artikel ini hanya berjumlah 13 studi inti, masih dibawah target ideal SLR di bidang ini yang biasanya berkisar 30-60 referensi. Skrining pun hanya dikerjakan oleh satu "reviewer", yaitu penulis sendiri, sehingga rentan terhadap bias seleksi. Karena itu, pembaca atau peneliti yang ingin menindaklanjuti artikel ini untuk publikasi disarankan melengkapi pencarian lewat akses basis data berlangganan penuh dan melibatkan minimal dua reviewer independen dalam proses skrining, sesuai rekomendasi PRISMA 2020 (Page et al., 2021).

2.7 Diagram Alur PRISMA 2020



2.8 Matriks Ekstraksi Studi Terpilih

Penulis	Fokus Wilayah	Metode	Temuan
Mawdsley et al. (2009)	Multi-taksa; AS, Kanada, Inggris, Meksiko, Afzel	Tinjauan naratif kebijakan	16 strategi adaptasi umum teridentifikasi
Winter et al. (2016)	Amfibi & reptil; global	SLR (104 studi)	Bias geografis kuat ke Amerika Utara/Eropa
LeDee et al. (2021)	Satwa liar terestrial umum; global	Tinjauan literatur terstruktur	2.306 rekomendasi dari 509 publikasi; fokus pada kawasan lindung (26%)
Abrahms et al. (2023)	Multi-taksa; global (fokus tropis)	Sintesis global data konflik	Iklim memperkuat konflik manusia-satwa di >100 negara
Barratclough et al. (2023)	Mamalia laut Arktik	Tinjauan kesehatan satwa	Risiko penyakit meningkat akibat pergeseran jangkauan spesies
Rifaie et al. (2021)	Multi-taksa; Indonesia	Tinjauan literatur nasional	Kesenjangan wilayah kuat (Papua tidak terteliti)
Shanko & Tona (2022)	Satwa terestrial; Etiopia	SLR + VOSviewer	Fokus riset HWC masih terbatas geografis di Afrika
Romano et al. (2023)	Burung; 5 benua	Meta-analisis global (684 spesies)	Percepatan migrasi prakembangbiakan ~2–3 hari/dekade
Adams et al. (2025)	Burung migran; Amerika Utara	Analisis radar cuaca	Perubahan fenologi migrasi tidak mengimbangi perubahan lingkungan
Ralston et al. (2025)	Burung migran	Pelacakan siklus tahunan penuh	Variasi spasial kerentanan fenologis antarpopulasi
Kimani et al. (2025)	Herpetofauna; Kenya	Pemodelan sebaran spesies (SDM)	Kawasan lindung tidak memadai untuk 11 spesies herpetofauna

Penulis	Fokus Wilayah	Metode	Temuan
Kupika & Zlotnikova (2026)	Multi-taksa; global	Bibliometrik (643 publikasi Scopus)	Riset didominasi negara maju & Tiongkok; Afrika tertinggal
Page et al. (2021)	(Metodologis, bukan studi taksa)	Panduan pelaporan	Dasar metodologis PRISMA 2020 yang digunakan studi ini

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 Tren dan Distribusi Tematik Penelitian (Menjawab RQ1)

Sintesis terhadap studi-studi terpilih memperlihatkan bahwa penelitian konservasi satwa liar terkait perubahan iklim melaju cukup pesat dalam dekade terakhir. Hal ini sejalan dengan temuan bibliometrik Kupika dan Zlotnikova (2026), yang mencatat lonjakan signifikan publikasi Scopus sejak pertengahan 2010-an sampai 2024, dengan teknologi informatika seperti penginderaan jauh dan pemodelan machine learning menjadi pendorong utamanya. Pola pertumbuhan semacam ini konsisten dengan pengamatan LeDee et al. (2021), yang mencatat naiknya volume dan keragaman rekomendasi manajemen sejak 2007, walau penekanan tematiknya masih condong ke dua topik saja: kawasan lindung (26 persen dari seluruh rekomendasi) dan matriks non-cagar (12 persen).

Dari sisi tema, ada tiga klaster besar yang bisa dilihat dari literatur yang ditinjau. Klaster pertama menyangkut dampak biofisik langsung perubahan iklim terhadap fenologi dan distribusi spesies, sebagaimana terlihat jelas dari serangkaian studi burung migran (Romano et al., 2023; Adams et al., 2025; Ralston et al., 2025). Romano et al. (2023), yang menganalisis lebih dari 5.500 seri data dari 684 spesies burung di lima benua, menemukan percepatan waktu migrasi prakembangbiakan dan pembiakan sebesar 2–3 hari per dekade, tapi tidak ada perubahan berarti pada migrasi pascakembangbiakan. Ini mengindikasikan respons fisiologis yang tidak seragam sepanjang siklus tahunan spesies. Adams et al. (2025) memperdalam temuan tersebut dengan menunjukkan bahwa pergeseran fenologi migrasi burung di flyway tengah Amerika Utara belum cukup untuk mengimbangi perubahan suhu dan kelembaban sepanjang jalur migrasi, sehingga potensi mismatch fenologis, yaitu ketidaksesuaian waktu antara ketersediaan sumber daya dan kebutuhan spesies, terus bertambah.

Klaster kedua berpusat pada strategi adaptasi berbasis kawasan dan konektivitas lanskap, yang akan dibahas lebih rinci di bagian 3.2. Klaster ketiga menyoroti interaksi sosial-ekologis, terutama konflik manusia-satwa yang makin parah akibat iklim (Abrahms et al., 2023). Tema ini semakin banyak diteliti, tapi sebagaimana dicatat Rifaie et al. (2021) untuk konteks Indonesia dan Shanko dan Tona (2022) untuk konteks Etiopia, sebarannya masih sangat timpang secara geografis. Yang perlu digaris bawahi di sini, pertumbuhan volume penelitian ternyata tidak diikuti pemerataan fokus tematik maupun cakupan geografis. Paradoks ini akan ditelusuri lebih jauh di bagian kesenjangan (3.3).

3.2 Strategi Konservasi Adaptif-Iklim yang Paling Banyak Diteliti (Menjawab RQ2)

Mawdsley et al. (2009), walau diterbitkan lebih dari satu dekade lalu, tetap jadi rujukan penting bagi banyak tinjauan setelahnya karena berhasil menyusun taksonomi 16 strategi adaptasi konservasi. Strategi-strategi itu dikelompokkan ke dalam kategori luas seperti pengelolaan kawasan lindung, meningkatkan konektivitas lanskap, pengelolaan spesies langsung (termasuk migrasi terbantu), dan mitigasi ancaman non-iklim yang ikut memperparah kerentanan spesies terhadap iklim. Struktur ini kemudian dikonfirmasi secara empiris oleh LeDee et al. (2021): dari 2.306 rekomendasi manajemen yang mereka analisis, strategi berbasis kawasan lindung tetap mendominasi meski keragaman jenis rekomendasi terus bertambah sejak 2007.

Dari sekian strategi yang teridentifikasi, perluasan dan penguatan konektivitas kawasan lindung paling sering diteliti dan dianggap paling mudah diterapkan, karena tidak perlu intervensi langsung terhadap individu spesies seperti halnya migrasi terbantu yang lebih kontroversial. Kimani et al. (2025) memberi contoh konkret penerapan strategi ini di Kenya. Dengan pemodelan sebaran spesies (species distribution model/SDM) untuk memproyeksikan sebaran herpetofauna hingga tahun 2050 di bawah tiga skenario jalur sosioekonomi bersama (SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP5-8.5), mereka menemukan bahwa sebelas spesies herpetofauna, tiga diantaranya berstatus terancam punah, belum terwakili secara memadai oleh jaringan kawasan lindung yang ada saat ini. Karena itu mereka merekomendasikan perluasan kawasan konservasi prioritas di luar batas administratif kawasan lindung yang sudah ada.

Strategi kedua yang menonjol, tapi jauh lebih diperdebatkan, adalah migrasi terbantu (assisted migration/managed relocation), yaitu pemindahan populasi secara sengaja ke luar jangkauan historisnya agar bisa bertahan pada kondisi iklim masa depan. Literatur soal topik ini berkembang pesat dari sisi diskursus konseptual dan definisi terminologi, tapi penerapan aktualnya di lapangan tetap jarang dibanding kajian eksperimental atau teoritisnya. Kesenjangan implementasi ini berulang kali disorot dan menjadi salah satu area paling diperdebatkan dalam biologi konservasi kontemporer, karena menyangkut risiko ekologis seperti potensi invasif dan risiko etis berupa intervensi terhadap proses evolusi alami.

Strategi ketiga adalah mitigasi konflik manusia-satwa berbasis prediksi iklim, sebagaimana ditegaskan oleh Abrahms et al. (2023), yang menunjukkan bahwa kekeringan, gelombang panas, dan cuaca ekstrem menjadi prediktor kuat naiknya frekuensi konflik di lanskap yang didominasi manusia. Studi ini merekomendasikan pendekatan preventif berbasis peringatan dini iklim, bukan sekadar respons reaktif pascakonflik, sebagai arah strategi mitigasi generasi berikutnya.

Ada pula strategi keempat yang relatif kurang diteliti dibanding tiga strategi di atas, meski berpotensi krusial terutama bagi spesies dengan mobilitas terbatas, yaitu pengelolaan kesehatan satwa dalam konteks pergeseran jangkauan spesies. Barratclough et al. (2023) mencatat bahwa mamalia laut Arktik menghadapi risiko penyakit baru yang meningkat seiring spesies non-Arktik memperluas jangkauannya ke utara akibat pemanasan. Kondisi ini menciptakan kontak antarspesies yang sebelumnya jarang terjadi dan berpotensi jadi vektor penularan penyakit baru, sebuah dimensi konservasi yang jarang diintegrasikan dalam kerangka strategi adaptasi konvensional yang lebih berfokus pada habitat dan populasi ketimbang kesehatan satwa liar secara spesifik.

3.3 Kesenjangan Taksa dan Geografis (Menjawab RQ3)

Pola kesenjangan paling konsisten yang muncul di seluruh studi yang ditinjau adalah bias taksonomi terhadap kelompok ektoterm. Winter et al. (2016), dalam salah satu tinjauan sistematis paling menyeluruh soal topik ini, menegaskan bahwa meski amfibi dan reptil sangat sensitif terhadap perubahan suhu dan kelembaban karena fisiologi termoregulasinya, penelitian mengenai dampak iklim terhadap mereka jauh tertinggal dibanding kelompok endoterm seperti burung dan mamalia. Dari 104 studi yang mereka analisis, ditemukan bias ganda: bias geografis, yang terkonsentrasi di kawasan beriklim sedang, dan bias taksonomis, di mana spesies bertubuh besar dan mudah diamati lebih banyak diteliti dibanding spesies kecil dan kriptik. Menurut mereka, pola ini membuat generalisasi kesimpulan lintas kawasan dan taksa jadi berisiko tinggi.

Temuan Winter et al. (2016) ini sejalan dengan hasil Kimani et al. (2025) di Kenya, yang menyatakan secara eksplisit bahwa kajian efektivitas kawasan lindung terhadap perubahan iklim telah berkembang ekstensif di negara maju dan negara berkembang pesat, tetapi kajian setara di Afrika masih langka meskipun benua ini memiliki keanekaragaman hayati luar biasa. Pernyataan tersebut menegaskan bahwa kesenjangan riset berbasis kawasan (regional research gap) ini bersifat sistemik, bukan kebetulan.

Pada tataran yang lebih spesifik, Rifaie et al. (2021) menunjukkan bahwa bahkan di dalam satu negara megabiodiversitas seperti Indonesia, sebaran penelitian sangat tidak merata. Studi konflik manusia-satwa terkonsentrasi di delapan provinsi Sumatera dan sebagian Kalimantan, Jawa, serta Sulawesi, sementara Papua, pulau terbesar Indonesia dan salah satu kawasan dengan endemisme tertinggi di dunia, sama sekali tidak punya studi terdokumentasi dalam kurun waktu yang mereka tinjau (1993–2020). Pola serupa dilaporkan Shanko dan Tona (2022) untuk konteks Etiopia, di mana kajian konflik manusia-satwa terestrial umumnya berskala kecil, hanya 26 artikel dalam rentang 12 tahun, dan jarang memakai pendekatan sintesis kuantitatif seperti analisis jaringan bibliometrik.

Kawasan-kawasan yang paling kurang diteliti ini justru merupakan kawasan yang menghadapi risiko iklim tertinggi dan menyimpan keanekaragaman hayati terbesar. Kupika dan Zlotnikova (2026) menjelaskan paradoks ini lewat lensa ketimpangan kapasitas riset: dominasi keluaran publikasi oleh negara maju dan Tiongkok bukan cuma soal perbedaan urgensi ekologis, tapi juga perbedaan pendanaan riset, akses infrastruktur data seperti basis data spesies dan citra satelit resolusi tinggi, serta jumlah peneliti terlatih di kawasan tropis dibanding kawasan temperate.

Dari sisi taksa, hierarki keterwakilan riset yang bisa disimpulkan dari sintesis ini kira-kira begini: burung dan mamalia besar (termasuk mamalia laut Arktik) paling banyak diteliti, disusul herpetofauna, lalu invertebrata dan ikan air tawar tropis paling sedikit. Hierarki ini lebih berkaitan dengan kemudahan pengamatan (charismatic megafauna bias) ketimbang tingkat kerentanan ekologis terhadap iklim itu sendiri.

3.4 Sintesis Lintas-RQ: Menuju Kerangka Terpadu

Ketiga RQ yang dijawab dalam tinjauan ini sebetulnya saling terkait erat. Tren penelitian yang timpang secara tematik (RQ1) berakar dari sekaligus memperkuat bias strategi yang diteliti (RQ2), yang pada gilirannya turut menyebabkan sekaligus memperburuk kesenjangan taksa-geografis (RQ3). Sebagai contoh, dominasi riset kawasan lindung sebagai strategi adaptasi (RQ2) sebagian dijelaskan oleh fakta bahwa data spasial kawasan lindung jauh lebih mudah diakses dan distandardisasi, misalnya lewat basis data global seperti World Database on Protected Areas, dibanding data lapangan soal migrasi terbantu atau kesehatan satwa liar yang butuh pemantauan intensif. Pemantauan semacam itu justru paling minim tersedia di kawasan tropis berkeanekaragaman tinggi (RQ3). Jadi, kesenjangan metodologis dan kesenjangan geografis saling memperkuat lewat mekanisme ketersediaan data, bukan semata soal prioritas ilmiah.

4. KESIMPULAN

Tinjauan literatur sistematis ini menghasilkan tiga temuan utama yang menjawab rumusan masalah penelitian. Pertama, penelitian konservasi satwa liar dalam konteks perubahan iklim tumbuh pesat dalam dekade terakhir, didorong kemajuan teknologi informatika dan pemodelan, tapi pertumbuhan ini tidak dibarengi pemerataan fokus tematik. Penelitian tetap terkonsentrasi pada dampak biofisik terhadap taksa yang mudah diamati, terutama burung, dan pada strategi berbasis kawasan lindung. Kedua, dari sekian strategi konservasi adaptif-iklim yang ada, penguatan konektivitas dan perluasan kawasan lindung paling banyak diteliti dan diterapkan, sementara migrasi terbantu masih didominasi kajian konseptual-eksperimental dengan penerapan lapangan yang jarang karena pertimbangan risiko ekologis dan etis. Pengelolaan kesehatan satwa liar dalam konteks pergeseran jangkauan spesies pun masih menjadi dimensi yang kurang terintegrasi. Ketiga, kesenjangan penelitian paling signifikan terjadi pada taksa ektoterm (amfibi dan reptil) serta pada kawasan Afrika, Asia Tenggara termasuk Papua, dan Amerika Selatan, padahal kawasan-kawasan inilah yang menyimpan keanekaragaman hayati tertinggi dan menghadapi risiko iklim yang tidak kalah besar dibanding kawasan temperate yang selama ini mendominasi literatur.

Secara teoritis, temuan ini menunjukkan perlunya kerangka konservasi adaptif-iklim yang secara eksplisit mengintegrasikan tiga dimensi sekaligus, yaitu tematik, strategis, dan spasial-taksonomis, alih-alih memperlakukannya sebagai agenda riset yang terpisah-pisah. Secara praktis, ada kebutuhan mendesak akan pendanaan riset dan pembangunan kapasitas ilmiah di kawasan tropis berkeanekaragaman tinggi, kolaborasi riset Utara-Selatan yang lebih setara dan tidak sekadar ekstraktif, serta pengembangan basis data pemantauan spesies yang turut mencakup taksa non-karismatik seperti herpetofauna dan invertebrata.

Penelitian ini tentu punya keterbatasan. Jumlah studi yang disintesis relatif sedikit (13 studi inti) dibanding standar SLR di bidang ekologi-konservasi yang idealnya menelaah puluhan hingga ratusan studi. Proses skrining juga dikerjakan oleh satu reviewer saja tanpa verifikasi silang independen. Selain itu, pencarian literatur memakai alat pencarian web, bukan akses penuh ke basis data berlangganan seperti Scopus atau Web of Science, sehingga berpotensi melewatkan studi-studi relevan yang tidak terindeks secara terbuka.

Untuk agenda penelitian ke depan, beberapa arah yang direkomendasikan adalah: pengembangan basis data pemantauan jangka panjang untuk taksa ektoterm dan invertebrata di kawasan tropis; studi efektivitas migrasi terbantu berbasis kasus nyata, bukan sekadar kajian konseptual, dengan pemantauan pasca-intervensi dalam jangka panjang; integrasi pengetahuan ekologi lokal dan adat dalam desain strategi adaptasi, terutama di kawasan seperti Papua dan Afrika Sub-Sahara yang minim data ilmiah formal namun kaya pengetahuan tradisional; serta penelitian lanjutan mengenai mekanisme umpan balik antara ketersediaan data dan alokasi prioritas riset, supaya kesenjangan geografis tidak terus direproduksi oleh bias metodologis yang sama dari generasi ke generasi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abrahms, B., Carter, N. H., Clark-Wolf, T. J., Gaynor, K. M., Johansson, E., McInturff, A., Nisi, A. C., Rafiq, K., & West, L. (2023). Climate change as a global amplifier of human–wildlife conflict. *Nature Climate Change*, 13(3), 345–353. <https://doi.org/10.1038/s41558-023-01608-5>
- Adams, E. M., et al. (2025). Shifts in avian migration phenologies do not compensate for changes to conditions en route in spring and fall. *Ecology*, 106(5), e70110. <https://doi.org/10.1002/ecy.70110>
- Barratclough, A., Ferguson, S. H., Lydersen, C., Thomas, P. O., & Kovacs, K. M. (2023). A review of circumpolar Arctic marine mammal health A call to action in a time of rapid environmental change. *Pathogens*, 12(7), 937. <https://doi.org/10.3390/pathogens12070937>
- Kimani, R. M., Mi, C., Malonza, P. K., Bwong, B. A., & Du, W. (2025). Expanding protected areas to safeguard Kenya's herpetofauna under climate change. *Ecology and Evolution*, 15(12), e72803. <https://doi.org/10.1002/ece3.72803>
- Kupika, O. L., & Zlotnikova, I. (2026). Biodiversity conservation informatics under anthropogenic climate change: An open and FAIR bibliometric review. *Biologia Futura*. <https://doi.org/10.1007/s42977-026-00323-4>
- LeDee, O. E., Handler, S. D., Hoving, C. L., Swanston, C. W., & Zuckerberg, B. (2021). Preparing wildlife for climate change: How far have we come? *Journal of Wildlife Management*, 85(1), 7–16. <https://doi.org/10.1002/jwmg.21969>
- Mawdsley, J. R., O'Malley, R., & Ojima, D. S. (2009). A review of climate-change adaptation strategies for wildlife management and biodiversity conservation. *Conservation Biology*, 23(5), 1080–1089. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01264.x>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., &

- Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Ralston, J., et al. (2025). Full annual cycle drivers of phenology in a migratory bird reveal implications for spatial variation in vulnerability to climate change. *Diversity and Distributions*, 31, e70099. <https://doi.org/10.1111/ddi.70099>
- Rifaie, F., Sulistyadi, E., & Fitriana, Y. S. (2021). A review of patterns and geographical distribution of human-wildlife conflicts in Indonesia. *Berkala Penelitian Hayati*, 27(1), 41–50. <https://doi.org/10.23869/bphjbr.27.1.20217>
- Romano, A., et al. (2023). Temporal shifts in avian phenology across the circannual cycle in a rapidly changing climate: A global meta-analysis. *Ecological Monographs*, 93(4), e1552. <https://doi.org/10.1002/ecm.1552>
- Shanko, G., & Tona, B. (2022). Human-terrestrial wildlife conflict in Ethiopia: A systematic review. [Journal akses via PMC], Article 2612716. <https://doi.org/10.1155/2022/2612716>
- Winter, M., Fiedler, W., Hochachka, W. M., Koehncke, A., Meiri, S., & De la Riva, I. (2016). Patterns and biases in climate change research on amphibians and reptiles: A systematic review. *Royal Society Open Science*, 3(9), 160158. <https://doi.org/10.1098/rsos.160158>
- Barbarossa, V., Bosmans, J., Wanders, N., King, H., Bierkens, M. F. P., Huijbregts, M. A. J., & Schipper, A. M. (2021). Threats of global warming to the world's freshwater fishes. *Nature Communications*, 12, 1701. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21655-w>
- Beever, E. A., Osterhoudt, E., & Linck, E. B. (2026). Genomic evidence for local adaptation to elevation and climate sheds new light on variable responses to global change in American pikas (*Ochotona princeps*). *Molecular Ecology*. <https://doi.org/10.1111/mec.70238>
- Budha, P. B., et al. (2025). Modeling current and future habitat suitability for the snow leopard (*Panthera uncia*) under climate change scenarios in Nepal. *Ecology and Evolution*, 15(11), e72490. <https://doi.org/10.1002/ece3.72490>
- Condro, A. A., Prasetyo, L. B., Rushayati, S. B., Santikayasa, I. P., & Iskandar, E. (2021). Predicting hotspots and prioritizing protected areas for endangered primate species in Indonesia under changing climate. *Biology*, 10(2), 154. <https://doi.org/10.3390/biology10020154>
- Davies, J. G., Humphreys, E. M., Evans, T., Howells, R., O'Hara-Murray, R., & Pearce-Higgins, J. W. (2023). Seabird abundances projected to decline in response to climate change in Britain and Ireland. *Marine Ecology Progress Series*, 725, 121–140. <https://doi.org/10.3354/meps14462>
- Gebreegziabher, A. (2024). A systematic review of insect decline and discovery: Trends, drivers, and conservation strategies over the past two decades. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2024, Article 5998962. <https://doi.org/10.1155/2024/5998962>
- Ghildiyal, K., Nayak, S. S., Rajawat, D., Sharma, A., Chhotaray, S., Bhushan, B., Dutt, T., & Panigrahi, M. (2023). Genomic insights into the conservation of wild and domestic animal diversity: A review. *Gene*, 886, 147719. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2023.147719>
- Guarnieri, M., Kumaishi, G., Brock, C., Chatterjee, M., Fabiano, E., Katrak-Adefowora, R., Larsen, A., Lockmann, T. M., & Roehrdanz, P. R. (2024). Effects of climate, land use, and human population change on human–elephant conflict risk in Africa and Asia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(6), e2312569121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2312569121>
- Jury, C. P., Bahr, K. D., Cros, A., Dobson, K. L., Freel, E. B., Graham, A. T., McLachlan, R. H., Nelson, C. E., Price, J. T., Rocha de Souza, M., Shizuru, L., Smith, C. M., Sparagon, W. J., Squair, C. A., Timmers, M. A., Vicente, J., Webb, M. K., Yamase, N. H., Grottooli, A. G., & Toonen, R. J. (2024). Experimental coral reef communities transform yet persist under

- mitigated future ocean warming and acidification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(45), e2407112121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2407112121>
- Laloë, J.-O., Schofield, G., & Hays, G. C. (2023). Climate warming and sea turtle sex ratios across the globe. *Global Change Biology*, 30(1), e17004. <https://doi.org/10.1111/gcb.17004>
- Millard, J., et al. (2023). Key tropical crops at risk from pollinator loss due to climate change and land use. *Science Advances*, 9(41), eadh0756. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh0756>
- Montràs-Janer, T., Suggitt, A. J., Fox, R., Jönsson, M., Martay, B., Roy, D. B., Walker, K. J., & Auffret, A. G. (2024). Anthropogenic climate and land-use change drive short- and long-term biodiversity shifts across taxa. *Nature Ecology & Evolution*, 8, 739–751. <https://doi.org/10.1038/s41559-024-02326-7>
- Nampindo, S., & Randhir, T. O. (2024). Dynamic modeling of African elephant populations under changing climate and habitat loss across the Greater Virunga Landscape. *PLOS Sustainability and Transformation*, 3(1), e0000094. <https://doi.org/10.1371/journal.pstr.0000094>
- Smith, A. T. (2020). Conservation status of American pikas (*Ochotona princeps*). *Journal of Mammalogy*, 101(6), 1466–1488. <https://doi.org/10.1093/jmammal/gyaa110>
- Stewart, J. A. E., Wright, D. H., & Heckman, K. A. (2017). Apparent climate-mediated loss and fragmentation of core habitat of the American pika in the Northern Sierra Nevada, California, USA. *PLOS ONE*, 12(8), e0181834. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181834>
- Struebig, M. J., Fischer, M., Gaveau, D. L. A., Meijaard, E., Wich, S. A., Gonner, C., Sykes, R., Wilting, A., & Kramer-Schadt, S. (2015). Anticipated climate and land-cover changes reveal refuge areas for Borneo's orang-utans. *Global Change Biology*, 21(8), 2891–2904. <https://doi.org/10.1111/gcb.12814>
- Warmuth, L. M., Kelly, S., Samoilys, M. A., Popova, E., Head, C. E. I., & Bonsall, M. B. (2024). Environmental change and connectivity drive coral reef fish abundance in the Western Indian Ocean. *ICES Journal of Marine Science*, 81(9), 1785–1795. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsae125>