
**KARAKTERISTIK HABITAT BEBERAPA LEMPENG TEKTONIK
DI KEPALA BURUNG (*VOGELKOP*) PAPUA**

Krisma Lekitoo^{1,4}, Erny Poedjirahajoe², Ni Putu Diana Mahayani², Puja Mardi Utomo³

¹ Pusat Penelitian Ekologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional Indonesia, Bogor 16911, Indonesia

² Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 55281, Indonesia

³ Pusat Penelitian Sistem Biota, Badan Riset dan Inovasi Nasional Indonesia, Bogor 16911, Indonesia

⁴ Mahasiswa Program Doktor Ilmu Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 55281, Indonesia

*Email korespondensi: krisma_lekitoo@yahoo.co.id

Abstrak

Wilayah Kepala Burung (*Vogelkop*) di Papua, Indonesia, merupakan kawasan dengan kompleksitas tektonik dan biodiversitas tinggi. Penelitian ini bertujuan menganalisis hubungan antara proses tektonik, karakteristik habitat, serta distribusi flora dan fauna. Selama periode studi 10 tahun (20014–2025), melalui observasi lapangan (abiotik dan biotik) dan studi sekunder kami mengkarakterisasi habitat abiotik (komposisi geologi, jenis tanah, topografi) dan komunitas biotik (flora, fauna, jenis ekosistem) di seluruh lempeng tektonik yang stabil, aktif, dan ekotonik. Hasil menunjukkan bahwa interaksi Lempeng Indo-Australian dan Lempeng Pasifik membentuk lima tipe lempeng utama: stabil, aktif, semi aktif, semi stabil dan ekoton. Variasi tektonik menghasilkan perbedaan habitat yang mempengaruhi struktur biodiversitas. Lempeng stabil memiliki keanekaragaman flora tertinggi dan tipe ekosistem terbanyak (10 tipe ekosistem), lempeng aktif memiliki keanekaragaman flora rendah dan tipe ekosistem terendah (3 tipe ekosistem), lempeng semi aktif memiliki keanekaragaman flora sedang dan tipe ekosistem sedang (6 tipe ekosistem), lempeng semi stabil memiliki keanekaragaman flora sedang dan tipe ekosistem sedang (6 tipe ekosistem), sedangkan lempeng ekoton menunjukkan campuran spesies Sunda–Sahul dengan keanekaragaman flora rendah-tinggi dan (6 tipe ekosistem). Studi ini menegaskan bahwa tektonik berperan sebagai pengendali utama biodiversitas melalui isolasi geografis, diferensiasi habitat, dan dinamika ekosistem.

Kata kunci: *biodiversitas, habitat, Papua, tektonik, biogeografi*

PENDAHULUAN

Proses geologi memainkan peran penting dalam membentuk dan mempengaruhi biodiversitas di Bumi. Proses geologi beroperasi pada beberapa skala temporal dan spasial untuk membentuk distribusi keanekaragaman hayati di seluruh permukaan bumi (Cowie & Holland, 2006; Hill et al., 2023). Berbagai proses geologi seperti tektonik lempeng, vulkanisme, erosi, dan sedimentasi telah mempengaruhi distribusi dan evolusi spesies sejak awal kehidupan di planet ini. Pergerakan lempeng bumi berdampak terhadap proses evolusi dan kehidupan di permukaan bumi, terutama pada letak suatu daratan atau benua, sangat mempengaruhi iklim, dan jenis flora dan fauna yang dapat hidup di dalamnya. Pergerakan benua juga menjadi sarana bagi makhluk hidup untuk berpindah dan beradaptasi dengan lingkungan yang baru, sehingga terbentuk spesies baru melalui proses seleksi alam (Kusumaningrum dan Prasetyo, 2018).

Pembentukan areal yang kompleks melalui tektonisme membentuk spesialisasi dan endemisme spesies dengan menghasilkan heterogenitas lingkungan dan isolasi geografis (Novotny et al., 2006; Webb et al., 2014). Namun terlepas dari pentingnya sejarah geologi yang ditunjukkan untuk pola keanekaragaman hayati di zona tektonik yang sangat aktif, hubungan kontemporer antara dinamika lempeng dan karakteristik ekosistem masih kurang dieksplorasi di banyak daerah tropis.

Wilayah Indonesia secara geologi dibentuk oleh perbenturan dua massa fragmen benua yakni: Laurasia di Utara dan Gondwana di Selatan. Sejarahnya dimulai ketika bagian benua Selatan Gondwana retak dan terapung ke Utara pada sekitar 140 juta tahun yang lalu (ujung Yura). Tumbuhan berbunga yang telah mulai berevolusi pada saat Benua Gondwana terdisintegrasi. Baik flora maupun fauna dapat mencapai wilayah Indonesia tanpa perlu menyeberangi air melalui tiga rute: Laurasia, Gondwana via Australia, atau Gondwana via India kemudian diikuti migrasi ke Tenggara (Van Bemmelen, 1949; Smith, 1990; Satyana, 2005).

Pulau New Guinea mewakili hotspot keanekaragaman hayati global dimana proses tektonik telah menghasilkan kekayaan spesies dan endemisme yang luar biasa (Novotny et al., 2006; Beehler et al., 2012). Selama era Kenozoikum, tepi utara New Guinea terbentuk melalui tabrakan Lempeng Australia yang bergerak ke utara dengan Lempeng Pasifik yang bergerak barat-barat laut, menghasilkan interaksi kompleks dengan lempeng yang lebih kecil termasuk lempeng Laut Filipina, Caroline, dan Solomon (Hall, 2012; Quarles van Ufford & Cloos, 2005; Holm et al., 2019). Pergerakan lempeng ini menghasilkan zona geologi yang berbeda yang ditandai dengan karakteristik struktural, jenis substrat, dan sumber daya mineral yang berbeda (Baldwin et al., 2012). Semenanjung Vogelkop, membentuk ujung barat laut New Guinea, mewakili pengaruh tektonik yang sangat kompleks di mana beberapa lempeng bertemu dan berinteraksi (Hill et al., 2023).

Vogelkop atau kepala burung dalam bahasa Indonesia, terdiri dari bagian barat laut pulau New Guinea di provinsi Papua Barat dan Papua Barat Daya, Indonesia. Nama ini berasal dari geografi berbentuk burung yang khas di semenanjung dan keanekaragaman burungnya yang luar biasa (BirdLife International, 2023). Wilayah ini merupakan bagian dari wilayah biogeografis Australopapuan yang lebih luas, yang telah diidentifikasi sebagai area prioritas global untuk konservasi keanekaragaman hayati karena kekayaan spesies dan endemismenya yang tinggi (Conservation International, 2023). Keanekaragaman hayati Vogelkop yang luar biasa dihasilkan dari sejarah geologisnya

yang kompleks, yang menghasilkan beberapa jenis habitat berbeda pada jarak yang relatif pendek (Hill et al., 2023).

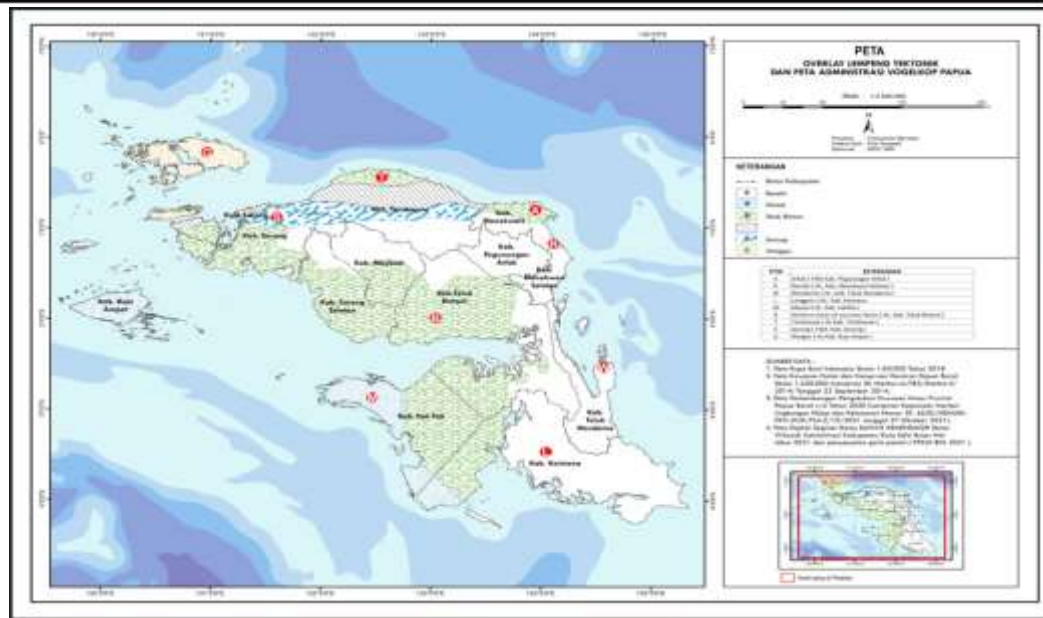
Sintesis biogeografis sebelumnya telah mengakui Papua dapat dibagi menjadi empat zona utama perbedaan keanekaragaman hayati yaitu: dataran rendah utara, dataran rendah selatan, semenanjung Vogelkop, dan pegunungan Dataran Tinggi Tengah (Muller, 2005). Namun, penelitian yang terkait pola distribusi flora dan fauna pada skala spasial menunjukkan bahwa regionalisasi keanekaragaman hayati di Papua dapat terbagi menjadi lebih banyak lagi berdasarkan keanekaragaman dan keendemisan flora (Lekitoo, 2023). Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa semenanjung Vogelkop memiliki perbedaan habitat dan komposisi spesies, sesuai dengan pembagian lempeng tektonik yang mendasarinya. Jika karakteristik habitat bervariasi secara sistematis di sepanjang batas lempeng tektonik, ini akan menunjukkan bahwa lempeng tektonik berfungsi sebagai dasar penentu struktur ekosistem di wilayah ini.

Tujuan dan signifikansi penelitian. Penelitian ini menyelidiki apakah batas lempeng tektonik berfungsi sebagai penentu perbedaan karakteristi habitat dan pola keanekaragaman hayati di semenanjung Vogelkop. Kami membahas tiga tujuan penelitian khusus: (1) untuk menganalisis proses geologi dan struktur lempeng tektonik di semenanjung Vogelkop; (2) untuk mengkarakterisasi habitat abiotik dan biotik di sembilan zona tektonik yang berbeda; dan (3) untuk mengidentifikasi faktor lingkungan dan biologis yang membedakan karakteristik habitat di antara lempeng tektonik. Penelitian ini berkontribusi untuk memahami bagaimana proses geologi skala besar memengaruhi struktur ekosistem dan komposisi spesies di salah satu wilayah dengan keanekaragaman hayati paling banyak di dunia dan memberikan informasi untuk perencanaan konservasi hutan hujan tropis dataran rendah di wilayah Vogelkop dalam menghadapi tekanan penggunaan lahan dan perubahan iklim yang sedang berlangsung.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian di kawasan hutan tropis dataran rendah Papua wilayah kepala burung (*Vogelkop*) Papua. Lokasi penelitian secara administrasi terdiri dari 8 kabupaten dan 1 kota yang terdapat pada 2 provinsi yaitu Provinsi Papua dan Provinsi Papua Barat. Provinsi Papua Barat terdiri dari 6 kabupaten yaitu Kabupaten Manokwari, Kabupaten Manokwari Selatan, Kabupaten Teluk Bintuni, Kabupaten Teluk Wondama, Kabupaten Fakfak dan Kabupaten Kaimana. Sedangkan Provinsi Papua Barat Daya terdiri dari 2 kabupaten dan 1 kota yaitu Kabupaten Tambrau, Kabupaten Raja Ampat dan Kota Sorong. Wilayah penelitian ini terletak antara sekitar 130°30'E–135°00'E bujur dan 0°45'S–3°00'S, mencakup sebagian besar wilayah dataran rendah semenanjung Vogelkop (Gambar 1). Penelitian ini berlangsung selama periode 10 tahun (2014-2025).



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian di Wilayah Kepala Burung (*Vogelkop*) Papua

Secara iklim, wilayah ini mengalami iklim khatulistiwa tropis dengan curah hujan tinggi sepanjang tahun (>3.000 mm per tahun), suhu hangat rata-rata 25-28 °C, dan kelembaban tinggi (Novotny et al., 2006). Medannya sebagian besar dataran rendah, dengan relief topografi meningkat ke arah pegunungan pedalaman (hingga 2.955 m di Pegunungan Arfak). Wilayah ini mengalami aktivitas seismik yang signifikan terkait interaksi batas lempeng, dengan 17 gempa bumi tercatat antara tahun 1864 dan 2015, sebagian besar (16 peristiwa) terkonsentrasi di sepanjang tepi lempeng aktif (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Indonesia, 2015).

Identifikasi Zona Tektonik

Sembilan zona tektonik yang berbeda diidentifikasi dalam wilayah penelitian berdasarkan geologi struktural, posisi batas lempeng, pola aktivitas seismik, dan survei geologi regional. Zona-zona ini diklasifikasikan ke dalam 5 kategori tektonik: (1) Lempeng stabil (bagian dari Lempeng Australia yang ditandai dengan aktivitas seismik rendah): zona Bintuni dan Kaimana; (2) Lempeng aktif (berdekatan langsung dengan batas Lempeng Pasifik dan ditandai dengan aktivitas seismik yang tinggi): zona Tambrauw dan Manokwari; (3) Lempeng semi stabil (bagian dari lempeng aktif yang berpindah ke zona stabil): zona Fakfak; (4) Lempeng semi aktif (berbatasan langsung dengan zona Lempeng stabil): Zona Ransiki dan Wondama dan (5) Zona Ekoton (area transisi antara lempeng stabil dan aktif di mana karakteristik keduanya terwakili): Zona Sorong dan Raja Ampat tumpang tindih dengan kategori ini. Lempeng aktif biasanya menghasilkan sumber daya mineral termasuk nikel dan batu bara, sedangkan lempeng stabil dikaitkan dengan endapan minyak bumi dan gas alam. Klasifikasi ini mengikuti model tektonik yang dikembangkan oleh Quarles van Ufford dan Cloos (2005) dan studi paleontologi terbaru (Hill et al., 2023).

Prosedur Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan selama periode 10 tahun (2014–2025) melalui pemantauan ekologi jangka panjang yang menggabungkan survei lapangan primer dan kompilasi data sekunder. Pengumpulan data primer melibatkan pengamatan lapangan langsung, pengukuran, dan perekaman di beberapa lokasi yang mewakili masing-masing dari sembilan zona tektonik. Data yang dikumpulkan meliputi:

- Karakteristik abiotik* : Komposisi substrat geologis (jenis batuan), sifat tanah (substrat), posisi topografi, pola aliran air, ada/tidak adanya batuan karst, dan formasi batu kapur
- Karakteristik biotik* : Survei vegetasi hutan menggunakan jalan transek dan pengambilan sampel plot untuk mencatat spesies pohon (≥ 10 cm dbh)
- Jenis ekosistem hutan* : Klasifikasi tegakan hutan ke dalam kategori ekosistem berdasarkan spesies dominan, karakteristik struktural, dan keberadaan spesies indikator

Sumber data sekunder meliputi catatan administrasi pemerintah kabupaten/kota, Badan Pusat Statistik, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), Dinas Kehutanan Provinsi Papua Barat dan Provinsi Papua Barat Daya, Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Papua Barat dan Provinsi Papua Barat Daya, dan literatur dari Universitas Negeri Papua. Data ekologis dan geologi historis yang dikumpulkan sejak tahun 2014–2024 yang belum pernah dipublikasikan sebelumnya dimasukkan ke dalam analisis.

Analisis Data

Data karakteristik abiotik dan biotik disintesis menjadi deskripsi komprehensif tentang kondisi habitat untuk masing-masing dari sembilan zona tektonik. Perbedaan habitat dinilai melalui: (1) dokumentasi jenis substrat karakteristik dan bentuk geologi; (2) perbandingan komposisi floristik dan spesies indikator di seluruh zona; (3) karakterisasi keanekaragaman jenis ekosistem hutan per zona tektonik. Hubungan antara klasifikasi tektonik (stabil, aktif, semi aktif, semi stabil, ekoton) dan karakteristik habitat diidentifikasi melalui analisis komparatif. Hasil disajikan sebagai sintesis deskriptif yang diatur berdasarkan klasifikasi zona tektonik dan diringkas melalui deskripsi komparatif tabel dan tekstual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tektonik Wilayah Kepala Burung (*Vogelkop*) Papua

Wilayah Kepala Burung (*Vogelkop*) Papua merupakan kawasan dengan kompleksitas geologi tinggi akibat interaksi antara Lempeng Indo-Australia, Lempeng Pasifik, dan berbagai mikro-lempeng regional seperti Lempeng Laut Filipina. Kompleksitas ini menghasilkan mosaik lempeng aktif, stabil, dan ekoton yang membentuk konfigurasi geomorfologi dan habitat yang sangat heterogeny (Baldwin *et al.*, 2012; Hall, 2011; Hall, 2012; Pigram & Davies, 1987).

Secara geodinamik, wilayah Papua berkembang melalui proses subduksi, kolisi benua, deformasi kerak dan pergerakan sesar besar seperti Sesar Sorong, yang berperan penting dalam pembentukan struktur geologi regional (Hall, 2012; Baldwin *et al.*, 2012). Studi oleh Pigram & Davies (1987) dan Hall (2011) menunjukkan bahwa evolusi Papua

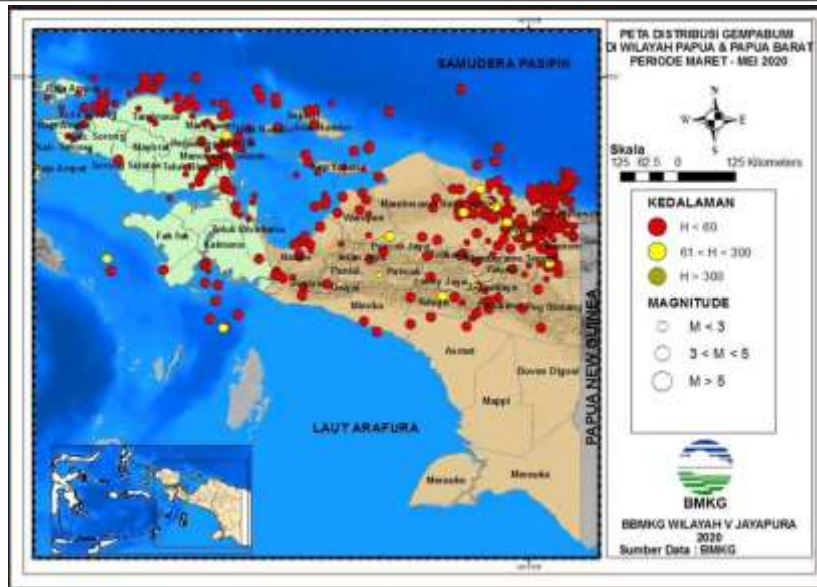
Barat sangat dipengaruhi oleh interaksi fragmen Gondwana dengan margin Eurasia sejak Mesozoikum hingga Kenozoikum.

Lebih lanjut, penelitian oleh Toussaint *et al.* (2014) menegaskan bahwa Papua merupakan bagian dari zona transisi biogeografi global yang sangat dinamis, di mana perubahan tektonik secara langsung mempengaruhi isolasi dan konektivitas habitat. Hal ini memperkuat bahwa pembagian lempeng menjadi aktif, stabil, semi aktif, semi stabil dan ekoton dalam penelitian ini bukan hanya klasifikasi geologi, tetapi juga mencerminkan dinamika evolusi lanskap dan biodiversitas.

Tabel 1. Zona tektonik Vogelkop: klasifikasi, komposisi geologi, dan karakteristik

Zona	Klasifikasi Lempeng	Formasi Geologi Dominan	Tipe Substrat	Pola Aktivitas Seismik
Fakfak	Semi stabil	Batu Kapur Onin	Karst/Batu Kapur	Rendah
Sorong	Ekoton	Formasi Klasaman	Alluvial/struktural	Sedang
Raja Ampat	Ekoton	Batu Ultramafik	Karst/Batu Kapur	Sedang
Tambrau	Aktif	Formasi Opmorai	Alluvial/Batu Kapur	Sedang-Tinggi
Manokwari	Aktif	Formasi Befoor	Karst/Batu Kapur	Sedang-Tinggi
Ransiki	Semi Aktif	Batu Kapur Imskin	Aluvial	Tinggi
Kaimana	Stabil	Batu Kapur Lengguru	Karst/Batu Kapur	Rendah
Wondama	Semi aktif	Gen Wandamen	Alluvial/Batu Kapur	Sedang
Bintuni	Stabil	Formasi aluvial	Aluvial	Rendah

Lempeng stabil (zona Bintuni, Kaimana) terdiri dari bagian Lempeng Australia dan jarang mengalami aktivitas seismik (Quarles van Ufford & Cloos, 2005). Antara tahun 1864 sampai 2015, hanya satu gempa bumi yang tercatat di zona lempeng stabil (di Fakfak pada tahun 1963), sedangkan zona lempeng aktif mengalami 16 peristiwa seismik selama periode yang sama ini, menunjukkan aktivitas geologi yang jauh lebih tinggi di sepanjang tepi aktif (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Indonesia, 2015). Lempeng aktif (zona Manokwari, Tambrau) langsung menghadap Lempeng Pasifik dan sering mengalami aktivitas tektonik. Lempeng semi aktif (zona Ransiki, Wondama) berbatasan langsung dengan zona lempeng stabil. Lempeng semi aktif (zona Fakfak) bagian dari lempeng aktif yang berpindah ke zona stabil. Lempeng ekoton (zona Sorong dan Raja Ampat) mewakili wilayah transisi di mana karakteristik lempeng stabil dan aktif tumpang tindih secara geografis.



Gambar 2. Peta distribusi gempa bumi di wilayah Papua, periode Maret-Mei 2020
(Sumber: BMKG, Wilayah V Jayapura)

Karakteristik Habitat Abiotik berdasarkan Zona Tektonik

Perbedaan karakteristik abiotik antar lempeng menunjukkan hubungan erat antara proses geologi dan pembentukan habitat. Lempeng pengangkatan yang didominasi batuan karbonat (*limestone/karst*) banyak ditemukan fosil kerang dan siput. Mencerminkan sejarah uplift dan sedimentasi laut dangkal, sebagaimana juga ditemukan dalam studi karst tropis Papua oleh Ford & Williams (2007).

Zona Lempeng Aktif (Tambrau, Manokwari). Zona-zona ini menampilkan keragaman geologi yang lebih besar, dengan substrat mulai dari bahan aluvial hingga batu kapur dan karst (sering ditemukan kerang dan siput). Topografi seringkali lebih kompleks, dengan kemiringan yang lebih curam di zona terangkat/pengangkatan. Formasi batu kapur dan karst luas di beberapa zona lempeng aktif, menciptakan karakteristik habitat yang khas termasuk goa, aliran air bawah tanah, dan puncak batu kapur yang terbuka. Tanah di zona ini seringkali lebih dangkal daripada di area lempeng stabil, dengan status kelembaban sangat tergantung pada medan dan permeabilitas substrat. (Vermeulen & Whitten, 1999; Marshall & Beehler, 2007).

Zona Lempeng Stabil (Bintuni, Kaimana). Zona-zona ini dicirikan terutama oleh substrat aluvial yang dihasilkan dari proses fluvial (lapisan tanah/sedimen/material yang diendapkan oleh aliran air sungai atau air permukaan) di atas Kraton Australia yaitu inti benua Australia purba yang stabil (terutama wilayah Barat dan Tengah) yang menjadi landasan geologis bagi evolusi flora dan fauna unik Australia (Pepper dan Keogh, 2020). Habitat di area zona lempeng stabil menampilkan topografi yang bergelombang, aliran sungai yang berkembang dengan baik, dan tanah aluvial yang berasal dari pelapukan bahan induk yang bervariasi. Formasi batu kapur dan karst tidak ada atau minimal. Area ini mendukung ekosistem hutan hujan dataran rendah yang luas. Tanah menunjukkan karakteristik yang konsisten dengan sistem aluvial tropis: kesuburan sedang hingga tinggi.

Zona lempeng semi aktif (Ransiki dan Wondama). Zona perbatasan lempeng aktif dan stabil ini memiliki karakter campuran yang unik. Zona ini memiliki kombinasi substrat aluvial dan batu kapur. Zona transisi seperti ini sering memiliki keanekaragaman yang cukup tinggi karena menggabungkan elemen habitat dari dua sistem yang berbeda.

Zona lempeng semi stabil (Fakfak). Zona ini merupakan zona lempeng aktif yang secara tektonik berpindah ke zona lempeng stabil. Zona ini memiliki kombinasi substrat alluvial, batu kapur dan karang. Topografinya bergelombang sedang sampai berat, banyak terbentuk pulau-pulau karst kecil (Pigram & Davis, 1987). Zona transisi seperti ini sering memiliki keanekaragaman yang cukup tinggi karena menggabungkan elemen habitat dari dua sistem yang berbeda.

Zona Ekoton (Sorong, Raja Ampat). Zona transisi ini memiliki kombinasi substrat aluvial dan batu kapur, dengan topografi menengah antara zona lempeng stabil dan aktif. Komposisi geologi mewakili campuran formasi. Zona-zona ini menampilkan keragaman geologi yang lebih besar, dengan substrat mulai dari bahan aluvial hingga batu kapur, karst, dan memiliki jenis batuan ultramafik (terutama di zona Raja Ampat). Zona transisi seperti ini sering menjadi pusat keanekaragaman karena menggabungkan elemen habitat dari dua sistem yang berbeda (Whitmore, 1984; Cannon & Manos, 2009).

Jenis Ekosistem Hutan dan Komposisi Floristik

Jenis ekosistem hutan dataran rendah bervariasi secara substansial berdasarkan klasifikasi zona tektonik (Tabel 2).

Tabel 2. Jenis ekosistem hutan dataran rendah berdasarkan klasifikasi zona tektonik

Ekosistem Zona Lempeng Stabil	Spesies Indikator
1. Dataran rendah non-Dipterokarpa	<i>Pometia acuminata</i> , <i>Intsia palembanica</i>
2. Dataran rendah Dipterokarpa	<i>Vatica rassak</i> , <i>Intsia palembanica</i>
3. Dataran rendah campuran Dipterokarpa (rendah/sedang)	<i>Anisoptera thurifera</i> , <i>Hopea papuana</i>
4. Dataran rendah Padang	<i>Imperata cylindrica</i> , <i>Nepenthes gracilis</i>
5. Dataran rendah Lithocarpus	<i>Lithocarpus rufovillosus</i> , <i>Artocarpus integer</i>
6. Dataran rendah Rawa	<i>Metroxylon sagu</i> , <i>Hanguana malayana</i>
7. Dataran rendah Rawa campuran	<i>Camptosperma brevipetiolatum</i> , <i>Metroxylon sagu</i>
8. Gambut	<i>Utania racemosa</i> , <i>Utania volubilis</i>
9. Ultrabasic	<i>Syzygium cauliflorum</i> , <i>Decaspermum bracteatum</i>
10. Karang	<i>Nepenthes ampullaria</i> , <i>Baeckea frutescens</i>
Ekosistem Zona Lempeng Aktif	Spesies Indikator
1. Dataran rendah non-Dipterokarpa	<i>Pometia coriacea</i> , <i>Intsia bijuga</i>
2. Dataran rendah campuran Dipterokarpa (rendah/sedang)	<i>Vatica rassak</i> , <i>Intsia palembanica</i>
3. Dataran rendah padang	<i>Imperata cylindrica</i> , <i>Nepenthes gracilis</i>
Ekosistem Zona Lempeng Semi Aktif	Spesies Indikator
1. Dataran rendah non-Dipterokarpa	<i>Pometia acuminata</i> , <i>Intsia palembanica</i>
2. Dataran rendah Dipterokarpa	<i>Vatica rassak</i> , <i>Intsia palembanica</i>
3. Dataran rendah campuran Dipterokarpa (<i>Vatica</i> -tidak ada)	<i>Anisoptera thurifera</i> , <i>Hopea papuana</i>
4. Dataran rendah pulau-pulau kecil	<i>Bikkia tetrandra</i> , <i>Terminalia catappa</i>
5. Dataran rendah Dillenia	<i>Dillenia alata</i> , <i>Dillenia papuana</i>
6. Dataran rendah Padang	<i>Imperata cylindrica</i> , <i>Nepenthes gracilis</i>
Ekosistem Zona Lempeng Semi Stabil	Spesies Indikator

1. Dataran rendah non-Dipterokarpa	<i>Pometia coriacea</i> , <i>Intsia bijuga</i>
2. Dataran rendah campuran Dipterokarpa (<i>Vatica</i> -tidak ada)	<i>Anisoptera thurifera</i> , <i>Hopea papuana</i>
3. Dataran rendah pulau-pulau kecil	<i>Podocarpus neriifolius</i> , <i>Bikkia tetandra</i>
4. Ultrabasic	<i>Syzygium branderhorstii</i> , <i>Decaspermum bracteatum</i>
5. Dataran rendah campuran Padang	<i>Melaleuca cajuputi</i> , <i>Deplanchea_tetraphylla</i>
6. Dataran rendah Padang	<i>Imperata cylindrica</i> , <i>Nepenthes gracilis</i>
Ekosistem Zona Lempeng Ekoton	Spesies Indikator
1. Dataran rendah non-Dipterokarpa	<i>Pometia coriacea</i> , <i>Intsia bijuga</i> (Raja Ampat) <i>Pometia acuminata</i> , <i>Intsia palembanica</i> (Sorong)
2. Dataran rendah Dipterokarpa	<i>Vatica rassak</i> , <i>Intsia palembanica</i>
3. Dataran rendah campuran Dipterokarpa (<i>Vatica</i> -tidak ada)	<i>Anisoptera thurifera</i> , <i>Hopea papuana</i>
4. Ultrabasic	<i>Ploarium sessile</i> , <i>Nepenthes gracilis</i>
5. Dataran rendah pulau-pulau kecil	<i>Bikkia gaudichaudiana</i> , <i>Bikkia tetandra</i>
6. Dataran rendah Padang	<i>Imperata cylindrica</i> , <i>Nepenthes gracilis</i>

Zona Lempeng Stabil (Bintuni, Kaimana) mendukung keanekaragaman tumbuhan tertinggi dan jenis ekosistem yang paling bervariasi, dengan 10 (sepuluh) kategori ekosistem hutan yang berbeda. Dalam zona lempeng stabil, perbedaan jenis hutan diidentifikasi berdasarkan spesies dominan dan karakteristik struktural, termasuk komunitas dominan *Vatica*, dominan-*Lithocarpus*, dan *Myrtaceae*, menunjukkan bahwa heterogenitas lingkungan kemungkinan terkait dengan sifat tanah dan ketinggian tempat (altitude) yang memengaruhi komposisi hutan. Family seperti *Fagaceae*, *Araucariaceae*, *Casuarinaceae*, *Podocarpaceae*, dan *Stryracaceae*, yang mencirikan hutan lempeng stabil, sebagian besar tidak ada di zona lempeng aktif.

Zona Lempeng Aktif (Manokwari, Tambrau) mendukung keanekaragaman floristik yang lebih rendah, dengan biasanya 3 (tiga) jenis ekosistem yaitu: hutan dataran rendah non-Dipterokarpa, hutan dataran rendah campuran Dipterokarpa dengan kepadatan rendah hingga sedang dan hutan padang. Anggota famili Dipterocarpaceae termasuk *Vatica rassak*, *Hopea* spp., dan *Anisoptera* spp., tetapi keragaman dalam famili ini lebih rendah daripada di zona lempeng stabil. Di zona yang didominasi oleh substrat batu kapur/karst, terutama di daerah zona pengangkatan, famili Euphorbiaceae yang umum dijumpai. Spesies kayu terkenal termasuk *Intsia bijuga* dan *Pometia coriacea*, dengan kepadatan pohon keseluruhan yang lebih tinggi dibandingkan dengan hutan pada lempeng yang stabil.

Zona Lempeng Semi Aktif (Ransiki, Wondama) mendukung keanekaragaman floristik yang lebih sedang, dengan 6 (enam) jenis ekosistem. Ekosistem yang paling unik pada lempeng ini adalah ekosistem hutan dataran rendah Dilleniaceae yang didominasi oleh *Dillenia alata* dan *Dillenia papuana* yang juga merupakan indikator bagi ekosistem tersebut. Spesies kayu terkenal adalah *Pometia acuminata* dan *Intsia palembanica* dengan kepadatan pohon keseluruhan yang lebih rendah dibandingkan dengan hutan pada lempeng yang stabil.

Zona Lempeng Semi Stabil (Fakfak) mendukung keanekaragaman floristik yang lebih sedang, dengan 6 (enam) jenis ekosistem. Ekosistem yang paling unik pada lempeng ini adalah ekosistem hutan dataran rendah campuran Padang yang didominasi oleh *Melaleuca cajuputi* dan *Deplanchea tetraphylla* yang juga merupakan indikator bagi ekosistem tersebut. Spesies kayu terkenal adalah *Pometia coriacea* dan *Intsia bijuga*

dengan kepadatan pohon keseluruhan yang lebih rendah dibandingkan dengan hutan pada lempeng yang aktif.

Zona Ekoton (Sorong, Raja Ampat) menempati posisi keanekaragaman floristik rendah (Raja Ampat) dan tinggi (Sorong) secara floristik, dengan karakteristik zona lempeng stabil dan aktif. 6 (enam) jenis ekosistem dapat dijumpai di wilayah ini. Famili Euphorbiaceae banyak dijumpai, terutama di sub-zona yang terangkat atau kepulauan (Raja Ampat). Spesies Dipterocarpaceae hadir dengan keanekaragaman tertinggi; khususnya, *Vatica rassak* (Sorong). Spesies pohon *Pometia coriacea* dan *Intsia bijuga* lebih umum dijumpai di Raja Ampat, sedangkan *Intsia palembanica* dan *Pometia acuminata* yang banyak dijumpai di Sorong. Kehadiran karakteristik flora wilayah Sunda (termasuk *Neolamarckia macrophylla* dan *Pericopsis mooniana*) di batas luar zona Sorong menunjukkan pengaruh dari afinitas biogeografis barat.

Pola Distribusi Flora sebagai Indikator Sejarah Geologi

Survei komprehensif selama 10 tahun di Semenanjung *Vogelkop* ini menunjukkan bahwa batas lempeng tektonik berfungsi sebagai dasar penentu untuk perbedaan habitat dan pola keanekaragaman hayati di wilayah hutan hujan tropis ini. 5 (lima) kategori tektonik utama (stabil, aktif, semi stabil, semi aktif dan ekoton) menunjukkan karakteristik ekologis yang berbeda secara konsisten, menunjukkan bahwa lempeng tektonik menjadi kontrol utama atau penentu atas kondisi lingkungan dan kumpulan spesies pada skala lanskap.

Distribusi flora pada masing-masing lempeng menunjukkan pola yang sangat konsisten dengan sejarah tektonik dan asal-usul biogeografi Papua. Dominasi Famili Dipterocarpaceae pada lempeng stabil, semi aktif, semi stabil dan ekoton menunjukkan adanya pengaruh kuat dari wilayah Sunda (Asia Tenggara). Hal ini didukung oleh penelitian Ashton (1982) dan Cannon & Manos (2009) yang menjelaskan bahwa Dipterocarpaceae merupakan indikator kuat flora Asia yang bermigrasi ke Papua melalui jalur daratan Sunda selama periode glasial.

Sebaliknya, dominasi Euphorbiaceae pada lempeng ekoton pengangkatan (Raja Ampat) mencerminkan adaptasi terhadap kondisi tanah miskin hara khas karst. Studi oleh Slik et al. (2018) menunjukkan bahwa distribusi flora di kawasan Malesia, termasuk Papua, sangat dipengaruhi oleh kondisi edafik dan sejarah geologi.

Keberadaan spesies seperti *Intsia bijuga* dan *Pometia coriacea* pada lempeng aktif dan lempeng ekoton Raja Ampat serta *Intsia palembanica* dan *Pometia acuminata* pada lempeng stabil, semi stabil, semi aktif dan ekoton (Raja Ampat) menunjukkan adanya diferensiasi ekologis berbasis substrat. Pola ini sejalan dengan konsep niche differentiation dalam ekologi tropis (Fine et al., 2005).

Pada zona ekoton, keberadaan spesies campuran dari Sunda dan Sahul, seperti *Neolamarckia macrophylla* dan *Pericopsis mooniana*, memperkuat peran wilayah ini sebagai zona peralihan biogeografi. Hal ini konsisten dengan konsep Wallacea sebagai zona transisi global (Lohman et al., 2011).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa lempeng tektonik tidak hanya berfungsi sebagai struktur geologi, tetapi juga sebagai pengendali utama biodiversitas melalui beberapa mekanisme:

1. Isolasi geografis yang mendorong spesiasi
2. Variasi habitat meningkatkan niche ekologis
3. Konektivitas daratan memungkinkan migrasi spesies
4. Gangguan tektonik menciptakan dinamika ekosistem

Hal ini sejalan dengan teori biodiversitas global yang menyatakan bahwa wilayah dengan sejarah geologi kompleks memiliki tingkat endemisme tinggi (Hoorn *et al.*, 2013; Rahbek *et al.*, 2019). Papua secara khusus diakui sebagai salah satu hotspot biodiversitas dunia karena kombinasi antara sejarah tektonik aktif dan isolasi biogeografi (Mittermeier *et al.*, 2003; Allison, 2007).

KESIMPULAN

Penelitian ini menegaskan bahwa karakter habitat dan biodiversitas di wilayah Kepala Burung (*Vogelkop*) Papua tidak dapat dipisahkan dari dinamika geologi yang membentuknya. Oleh karena itu, pendekatan pengelolaan lingkungan yang efektif harus mempertimbangkan keterkaitan erat antara sistem geologi, kondisi habitat, serta keanekaragaman hayati. Pendekatan berbasis integrasi geologi–ekologi menjadi kunci dalam menjaga keberlanjutan ekosistem hutan tropis Papuasia di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashton, P. S. (1982). Dipterocarpaceae and the evolution of tropical rain forests. In: Prance, G.T. (ed.), *Biological Diversification in the Tropics*. New York: Columbia University Press, pp. 239–268.
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). (2015). Katalog gempa bumi merusak di Indonesia tahun 1864–2015. <https://www.bmkg.go.id>
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). (2020). Peta distribusi gempa bumi wilayah Papua periode Maret–Mei 2020. *Balai Besar Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika Wilayah V Jayapura*. <https://bbmkg5.bmkg.go.id/>
- Baldwin, S.L., Webb, L.E. & Fitzgerald, P.G. (2012). Thermochronologic constraints on the tectonic evolution of the Papua New Guinea region. *Tectonics*, 31(6), TC6006.
- Bemmelen Van, R.W. (1949). *The Geology of Indonesia*. Martinus Nyhoff, Netherland: The Hague.
- Cannon, C.H., Morley, R.J. & Bush, A.B.G. (2009). *The current refugial rainforests of Sundaland are unrepresentative of their biogeographic past and highly vulnerable to disturbance*. *PNAS*, 106(27), pp. 11188–11193.
- Fine, P.V.A., Miller A.J., Mesones, I., Irazuzta, S., Appel, H.M., Stevens, M.H.H., Saaksjarvi, I., Schultz, J.C. & Coley, P. (2005). *The growth–defense trade-off and habitat specialization by plants in Amazonian forests*. *Ecology*, 86(6), pp. 1501–1510.
- Hall, R. (2011). *Australia–SE Asia collision: Plate tectonics and crustal flow*. In: Hall, R., Cottam, M.A. & Wilson, M.E.J. (eds.), *The SE Asian Gateway*. London: Geological Society, pp. 75–109.
- Hall, R. (2012). Late Jurassic–Cenozoic reconstructions of the Indonesian region and the Indian Ocean. *Tectonophysics*, 570–571, pp. 1–41.
- Hoorn, C., Wesselingh, F. P., ter Steege, H., Bermúdez, M. A., Mora, A., Sevink, J., ... & Antonelli, A. (2013). *Amazonia through time: Andean uplift, climate change, landscape evolution, and biodiversity*. Neotropical Biodiversity syntheses
- Kusumaningrum dan Prasetyo. (2018). *Ulasan kritis tentang teori biogeografi pulau*. Conference: Semnas FMIPA-UT, 2018.
- Lekitoo, K. (2023). Kekayaan, pemanfaatan dan pelestarian jenis flora Papuasia. *Garden Talk Pusat Riset Konservasi Tumbuhan, Kebun Raya dan Kehutanan*. Badan Riset Nasional Indonesia (BRIN).

- Lohman, D. J., de Bruyn, M., Page, T., von Rintelen, K., Hall, R., Peter K.L. Ng, Shih, H.T., Carvalho, G.R & von Rintelen, T. (2011). Biogeography of Wallacea: A review of the geological and biological history of an important biogeographic region. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 42, 205–226.
- Marshall, A. J., & Beehler, B. M. (Eds.). (2007). *The ecology of Papua: Part One and Part Two*. Periplus Editions (HK) Ltd.
- Mittermeier, R. A., Robles Gil, P., Hoffmann, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C. G., Lamoreux, J., & da Fonseca, G. A. B. (2003). *Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*. Conservation International.
- Muller, K. (2005). *Keanekaragaman Hayati Tanah Papua*. Editor : Frans Wanggai, A. Sumule; Alih Bahasa : Fenny Ismoyo, A. Killmaskossu, Sintje Lumatauw, Doan Nainggolan, M. St. E. Kilmaskossu, Saraswati Prabawardani. Universitas Negeri Papua. Manokwari.
- Pigram, C. J., & Davies, H. L. (1987). *Terrane accretion and continental growth: A model for the New Guinea orogen*. *Tectonophysics*, 142(3–4), 209–231. [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(87\)90036-2](https://doi.org/10.1016/0040-1951(87)90036-2)
- Rahbek, C., Borregaard, M. K., Antonelli, A., Colwell, R. K., Holt, B. G., Nogues-Bravo, D., Rasmussen, C. M. Ø., Richardson, K., Rosing, M. T., Whittaker, R. J., & Fjeldså, J. (2019). *Building mountain biodiversity: geological and evolutionary processes*. *Science*, 365(6458), 1114–1118. <https://doi.org/10.1126/science.aax0151>
- Satyana, A. H. (2005). Indonesia : *Bagaimana Geologi Mengendalikan Keanekaragaman Hayati*. Berita Ikatan Ahli Geologi Indonesia (IAGI).
- Slik, J. W. F., Franklin, J., Van Welzen, P. C., Cannon, C. H., Aiba, S.-I., Berkelmans, R., et al. (2018). *Environmental correlates of tree diversity in Southeast Asia and Malesia*. *Journal of Biogeography*, 45(2), 282–294. <https://doi.org/10.1111/jbi.13136>
- Smith, R. I. (1990). Tertiary Plate Tectonic Setting and Evolution of Papua New Guinea. *Proceedings of The first PNG Petroleum Convention*. Port Moresby, p. 155-168.
- Toussaint, E. F. A., Hall, R., Monaghan, M. T., Sagata, K., Ibalim, S., Balke, M., & Vogler, A. P. (2014). *The towering orogeny of New Guinea as a trigger for arthropod megadiversity in Wallacea*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1784), 20132516. <https://doi.org/10.1098/rspb.2013.2516>
- Whitmore, T.C. (1984). *Tropical Rainforests of the Far East* (2nd ed.). Oxford: Clarendon Press.