

**FAKTOR LINGKUNGAN SEBAGAI PENENTU PERSEBARAN TUMBUHAN
DALAM KAJIAN BIOGEOGRAFI**

Rahmatul Khusna,¹ Saidatul Ahmalia², Hutri Rizki Amelia³, Rahmah⁴

Program Studi Pendidikan Geografi, Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

12411321277@uin-suska.ac.id, 12411321651@uin-suska.ac.id, hutririzkiamelia.m.pd@uin-suska.ac.id, rahmah@uin-suska.ac.id

Abstrak

Kajian biogeografi memandang persebaran tumbuhan sebagai hasil interaksi berbagai faktor lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor-faktor utama yang menentukan distribusi tumbuhan melalui metode literature review. Artikel yang digunakan berasal dari jurnal nasional dan internasional yang terbit pada rentang tahun 2015–2026 dengan jumlah minimal 15 artikel yang relevan. Hasil studi menunjukkan bahwa faktor iklim seperti suhu, curah hujan, dan kelembapan menjadi pengendali utama persebaran tumbuhan. Selain itu, kondisi tanah, topografi, interaksi biotik, serta aktivitas manusia turut memengaruhi pola distribusi vegetasi. Penelitian terdahulu menemukan bahwa perubahan penggunaan lahan dan perubahan iklim mempercepat pergeseran distribusi tumbuhan. Tumbuhan merespons melalui adaptasi morfologis, fisiologis, dan anatomis untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya. Secara keseluruhan, persebaran tumbuhan merupakan hasil interaksi kompleks berbagai faktor lingkungan. Hasil kajian ini penting sebagai dasar perencanaan konservasi dan pengelolaan vegetasi di tengah perubahan lingkungan global saat ini.

Kata kunci: biogeografi, persebaran tumbuhan, faktor lingkungan, perubahan iklim, keanekaragaman hayati

Abstract

Biogeographical studies view plant distribution as the result of interactions among various environmental factors. This study aims to analyze the main factors determining plant distribution using a literature review method. The articles used consist of national and international journals published between 2015 and 2026, with a minimum of 15 relevant articles. The results show that climatic factors such as temperature, rainfall, and humidity are the primary controls of plant distribution. In addition, soil conditions, topography, biotic interactions, and human activities also influence vegetation distribution patterns. Previous studies have found that land-use change and climate change accelerate shifts in plant distribution. Plants respond through morphological, physiological, and anatomical adaptations to maintain their survival. Overall, plant distribution is the result of complex interactions among environmental factors. The findings of this study are important as a basis for conservation planning and vegetation management amid global environmental changes today.

Keywords: biogeography, plant distribution, environmental factors, climate change, biodiversity

PENDAHULUAN

Persebaran tumbuhan di permukaan bumi bukanlah sebuah fenomena acak, melainkan hasil dari interaksi dinamis dan kompleks antara organisme dengan lingkungan sekitarnya. Dalam kajian biogeografi, pola persebaran ini tidak hanya menunjukkan lokasi keberadaan suatu spesies, tetapi juga mencerminkan kapasitas adaptasi tumbuhan dalam merespons tekanan lingkungan yang beragam. Variasi vegetasi antarwilayah merupakan manifestasi dari perbedaan faktor iklim, karakteristik tanah, serta konfigurasi bentuk lahan yang unik di setiap zona geografis (Fick & Hijmans, 2017; Harrison et al., 2020). Saat ini, urgensi untuk memahami pola ini semakin meningkat mengingat perubahan kondisi lingkungan global yang ekstrem tengah memicu pergeseran distribusi tumbuhan secara signifikan di berbagai belahan dunia.

Elemen iklim seperti suhu, intensitas curah hujan, dan tingkat kelembapan udara memegang peranan krusial dalam mendikte jenis vegetasi yang mampu mendominasi suatu kawasan. Berbagai hasil studi secara konsisten menunjukkan bahwa variabel iklim berfungsi sebagai pengendali utama (master regulator) dalam menentukan batas-batas persebaran tumbuhan pada skala global (Franklin et al., 2017). Namun, potensi pertumbuhan tersebut juga sangat bergantung pada kondisi edafik atau sifat tanah. Komponen seperti tingkat keasaman (pH), tekstur tanah, hingga ketersediaan unsur hara makro dan mikro menjadi determinan penting bagi keberlangsungan hidup tumbuhan (Sardans & Peñuelas, 2015). Menariknya, variasi sifat tanah ini seringkali menciptakan perbedaan komposisi vegetasi yang kontras, bahkan pada wilayah yang memiliki klasifikasi iklim yang identik.

Selain faktor makro, kondisi topografi lokal seperti variasi ketinggian dan kemiringan lereng turut memberikan pengaruh yang signifikan terhadap iklim mikro. Penelitian terdahulu telah membuktikan bahwa perubahan ketinggian secara vertikal memicu gradien suhu yang tajam, yang pada akhirnya menciptakan zonasi vegetasi yang khas dari dataran rendah hingga pegunungan (Körner, 2016). Selain faktor fisik, aspek biologis berupa interaksi antarorganisme juga tidak dapat diabaikan. Hubungan biotik, baik yang bersifat kompetitif dalam memperebutkan sumber daya maupun yang bersifat simbiosis mutualisme, secara aktif membentuk struktur komunitas dan menentukan eksistensi suatu spesies di habitat tertentu (Kraft et al., 2015).

Di era modern ini, dinamika alami tersebut semakin terganggu oleh masifnya aktivitas manusia atau faktor antropogenik. Tindakan seperti deforestasi, alih fungsi lahan untuk pertanian, serta ekspansi urbanisasi yang cepat telah mengakibatkan fragmentasi habitat dan perubahan drastis pada pola persebaran flora. Sejumlah riset mengonfirmasi bahwa degradasi lahan akibat aktivitas manusia menjadi pemicu utama penurunan keanekaragaman hayati secara global (Newbold et al., 2016; Curtis et al., 2018). Kondisi ini kian diperparah oleh krisis iklim yang mempercepat laju migrasi spesies tumbuhan ke wilayah yang lebih mendukung, yang jika tidak diantisipasi, dapat menyebabkan kepunahan lokal.

Meskipun tema ini telah banyak diangkat, sebagian besar literatur yang tersedia cenderung membahas faktor-faktor tersebut baik iklim, tanah, topografi, maupun aktivitas manusia secara parsial atau terpisah. Masih terdapat celah dalam kajian yang mampu mengintegrasikan seluruh variabel tersebut ke dalam satu perspektif biogeografi yang padu dan menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian ini hadir untuk menganalisis secara komprehensif berbagai faktor lingkungan sebagai penentu persebaran tumbuhan melalui metode studi literatur. Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan kerangka pemahaman yang lebih utuh sebagai landasan strategis dalam upaya konservasi keanekaragaman hayati dan pengelolaan vegetasi di tengah ancaman perubahan lingkungan global yang kian nyata.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode literature review dengan pendekatan deskriptif kualitatif. Metode ini bertujuan untuk mengkaji dan mengintegrasikan berbagai temuan penelitian terdahulu terkait faktor lingkungan yang memengaruhi persebaran tumbuhan dalam perspektif biogeografi.

Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diperoleh dari artikel ilmiah yang relevan dengan topik penelitian. Literatur yang dianalisis berasal dari jurnal nasional terakreditasi dan jurnal internasional bereputasi. Untuk menjaga relevansi dan kebaruan data, artikel yang dipilih dibatasi pada publikasi dalam rentang waktu 2015–2026. Selain itu, jumlah artikel yang direview dalam penelitian ini minimal sebanyak 15 artikel yang memiliki keterkaitan langsung dengan faktor lingkungan dan distribusi tumbuhan.

Proses pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran pada platform akademik seperti Google Scholar dan ResearchGate dengan menggunakan kata kunci seperti “biogeografi tumbuhan”, “persebaran tumbuhan”, “plant distribution”, dan “environmental

factors”. Artikel yang ditemukan kemudian diseleksi berdasarkan kesesuaian topik, kualitas jurnal, serta kelengkapan informasi yang disajikan.

Selanjutnya, data dianalisis menggunakan teknik analisis isi (content analysis) dengan cara mengelompokkan temuan berdasarkan kategori faktor lingkungan, yaitu iklim, tanah, topografi, biotik, dan aktivitas manusia. Hasil analisis kemudian disintesis untuk menemukan pola hubungan antarvariabel yang memengaruhi persebaran tumbuhan.

Data dalam penelitian ini bersumber dari literatur sekunder yang meliputi artikel jurnal nasional terakreditasi, jurnal internasional bereputasi, serta buku ilmiah yang relevan dengan kajian biogeografi tumbuhan. Literatur yang digunakan dipilih berdasarkan tingkat kredibilitas, kesesuaian topik, serta tahun publikasi dalam rentang 2015–2026. Penelusuran artikel dilakukan melalui platform akademik seperti Google Scholar dan ResearchGate dengan menggunakan kata kunci yang berkaitan dengan persebaran tumbuhan dan faktor lingkungan.

Literatur yang telah diperoleh kemudian diseleksi dan diklasifikasikan berdasarkan fokus kajian, yaitu faktor iklim, kondisi tanah, topografi, interaksi biotik, dan aktivitas manusia. Proses klasifikasi ini bertujuan untuk mempermudah analisis serta mengidentifikasi pola hubungan antar faktor yang memengaruhi persebaran tumbuhan. Dengan demikian, data yang digunakan dalam penelitian ini tersusun secara sistematis dan mendukung proses sintesis hasil kajian secara komprehensif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Dinamika Faktor Klimatik sebagai Determinan Utama Persebaran Flora

Berdasarkan analisis berbagai literatur, faktor iklim teridentifikasi sebagai determinan paling fundamental yang mendikte pola persebaran tumbuhan di seluruh permukaan bumi. Hal ini terjadi karena elemen iklim berinteraksi secara langsung dengan mekanisme fisiologis internal tumbuhan, terutama dalam mengontrol laju fotosintesis sebagai proses produksi energi dan respirasi sebagai proses pemanfaatan energi. Temperatur udara, dalam hal ini, tidak sekadar menjadi kondisi lingkungan pasif, melainkan berfungsi sebagai regulator utama bagi seluruh aktivitas biologis dan enzimatis. Setiap spesies tumbuhan memiliki profil termal atau batas toleransi tertentu yang mencakup suhu minimum, optimum, dan maksimum untuk dapat bertahan hidup, tumbuh, dan bereproduksi secara efektif.

Dinamika suhu yang terjadi di skala global saat ini telah memberikan tekanan baru terhadap stabilitas distribusi vegetasi. Penelitian terdahulu secara empiris menemukan bahwa

tren peningkatan suhu global telah memaksa banyak spesies tumbuhan untuk melakukan "migrasi geografis". Fenomena ini ditandai dengan pergeseran distribusi tumbuhan menuju wilayah yang lebih dingin di lintang tinggi atau berpindah secara vertikal ke dataran yang lebih tinggi demi mengejar zona suhu yang sesuai dengan ambang fisiologis mereka (Franklin et al., 2017; Lenoir et al., 2020). Realitas ini menunjukkan bahwa perubahan suhu, sekecil apa pun, memiliki dampak langsung dan signifikan terhadap perubahan struktur serta pola persebaran vegetasi di berbagai bioma dunia.

Selain faktor temperatur, ketersediaan air yang diatur melalui intensitas dan periodisitas curah hujan merupakan pilar utama lainnya yang menentukan kelangsungan hidup flora. Beberapa riset mengonfirmasi bahwa curah hujan berperan vital dalam menjaga turgor sel dan menjadi pelarut utama dalam transportasi hara dari tanah ke seluruh jaringan tumbuhan. Secara spasial, wilayah dengan curah hujan tinggi yang terdistribusi merata sepanjang tahun cenderung mendukung terbentuknya formasi vegetasi yang rapat, berlapis, dan memiliki indeks luas daun yang tinggi. Sebaliknya, daerah dengan defisit air akan menghasilkan vegetasi yang lebih jarang dengan adaptasi morfologis khusus. Lebih jauh lagi, hasil studi menunjukkan bahwa ketidakstabilan pola curah hujan akibat perubahan iklim dapat memicu ketidakseimbangan ekosistem yang parah. Gangguan pada siklus hidrologi ini sering kali berujung pada perubahan drastis komposisi vegetasi, di mana spesies asli yang sensitif terhadap kekeringan mulai tergantikan oleh spesies yang lebih toleran, sehingga mengubah lanskap ekologis secara permanen (Pecl et al., 2017).

Kombinasi antara fluktuasi suhu dan anomali curah hujan ini pada akhirnya menciptakan tekanan seleksi yang kuat, yang menentukan apakah suatu komunitas tumbuhan dapat tetap bertahan atau harus menghadapi risiko kepunahan lokal di habitat aslinya. Namun, kendali iklim yang bersifat makro ini tidak bekerja sendirian; eksistensi tumbuhan di suatu tapak wilayah juga sangat bergantung pada ketersediaan nutrisi di tingkat mikro yang ditentukan oleh karakteristik tanahnya.

2. Karakteristik Edafik sebagai Penentu Nutrisi dan Vitalitas Tumbuhan

Hasil studi secara konsisten menunjukkan bahwa kondisi edafik atau faktor tanah memegang peranan krusial sebagai determinan lokal yang menentukan jenis dan sebaran tumbuhan di suatu wilayah. Tanah tidak hanya berfungsi sebagai medium mekanis untuk perakaran, tetapi juga bertindak sebagai reservoir biologis dan kimiawi yang menyediakan unsur hara esensial bagi pertumbuhan vegetasi. Karakteristik kimia tanah menentukan sejauh

mana suatu habitat dapat mendukung kehidupan tumbuhan, di mana ketersediaan nutrisi makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) terbukti menjadi faktor pembatas utama dalam produktivitas primer.

Penelitian terdahulu menemukan bahwa fluktuasi kandungan nutrisi tersebut, terutama kalium dan nitrogen, sangat memengaruhi metabolisme, ketahanan terhadap stres lingkungan, hingga tingkat keanekaragaman tumbuhan di suatu ekosistem (Sardans & Peñuelas, 2015). Kondisi hara yang memadai dan seimbang akan memfasilitasi pertumbuhan tanaman secara optimal, sementara defisiensi hara tertentu dapat membatasi distribusi spesies hanya pada tumbuhan yang memiliki mekanisme adaptasi khusus terhadap lahan marginal.

Selain aspek nutrisi, beberapa riset mengonfirmasi bahwa tingkat keasaman atau pH tanah merupakan faktor pembatas kimiawi yang sangat vital. Hal ini dikarenakan pH tanah secara langsung mengontrol kelarutan unsur hara; pada pH yang terlalu ekstrem (terlalu asam atau terlalu basa), hara tertentu menjadi terikat dan tidak dapat diserap oleh akar tumbuhan meskipun keberadaannya melimpah di dalam tanah. Di sisi lain, sifat fisik seperti tekstur dan struktur tanah turut menentukan porositas dan kemampuan tanah dalam menyimpan cadangan air (water holding capacity). Tanah dengan tekstur lempung yang memiliki daya ikat air tinggi akan mendukung komunitas tumbuhan yang berbeda dibandingkan dengan tanah berpasir yang cenderung kering dan cepat mengalami drainase. Secara keseluruhan, hasil studi menegaskan bahwa perbedaan kondisi fisik dan kimia tanah inilah yang menciptakan variasi vegetasi yang kontras (mosaik vegetasi), bahkan pada wilayah yang berada di bawah pengaruh klasifikasi iklim yang sama.

Di sisi lain, variasi kondisi tanah dan iklim ini sering kali dimodifikasi lebih lanjut oleh konfigurasi fisik permukaan bumi atau faktor topografi yang menciptakan lingkungan lokal yang unik.

3. Pengaruh Topografi terhadap Variasi Lingkungan dan Zonasi Lokal

Berdasarkan hasil sintesis literatur, faktor topografi atau relief permukaan bumi terbukti memengaruhi persebaran tumbuhan secara signifikan dengan cara memodifikasi kondisi lingkungan makro menjadi variasi kondisi lingkungan lokal yang lebih spesifik. Elemen utama dalam topografi adalah ketinggian tempat (elevasi), yang memiliki korelasi linear dengan perubahan iklim mikro, terutama terkait dengan penurunan suhu udara secara progresif dan perubahan tekanan atmosfer. Fenomena ini pada akhirnya menciptakan zonasi vegetasi yang

khas, di mana struktur dan komposisi komunitas tumbuhan akan berubah seiring dengan perubahan ketinggian.

Penelitian terdahulu menegaskan bahwa semakin tinggi suatu wilayah, maka jenis vegetasi yang mampu bertahan akan semakin terspesialisasi karena harus beradaptasi dengan suhu yang lebih rendah dan paparan angin yang lebih kuat (Körner, 2016). Perbedaan ketinggian ini menciptakan gradien lingkungan yang ekstrem, yang membatasi jenis tumbuhan tertentu untuk berkembang dan mendorong munculnya spesies endemik pada zona-zona elevasi tertentu. Oleh karena itu, topografi berfungsi sebagai penyaring ekologis (environmental filtering) yang menentukan batas-batas vertikal persebaran flora.

Selain faktor ketinggian, beberapa riset mengonfirmasi bahwa karakteristik fisik lereng, seperti tingkat kemiringan (slope), memiliki implikasi besar terhadap stabilitas tanah dan ketersediaan air. Lereng yang memiliki kemiringan curam cenderung memiliki tingkat erosi yang lebih tinggi dan laju aliran permukaan yang cepat, sehingga lapisan tanah (solum) yang terbentuk cenderung lebih tipis dan kurang subur dibandingkan dengan wilayah datar. Kondisi ini membatasi jenis tumbuhan yang dapat berakar dengan kuat dan mendapatkan nutrisi yang cukup.

Lebih lanjut, hasil studi juga menunjukkan bahwa orientasi lereng atau aspek lereng memengaruhi intensitas radiasi cahaya matahari yang diterima oleh permukaan tanah. Perbedaan paparan sinar matahari ini memicu variasi tingkat penguapan (evapotranspirasi) dan kelembapan di setiap sisi lereng, sehingga menciptakan mikroklimat yang berbeda meskipun pada bukit yang sama. Interaksi antara elevasi, kemiringan, dan orientasi lereng inilah yang pada akhirnya menghasilkan pola distribusi tumbuhan yang heterogen di berbagai bentang alam.

Namun, setelah faktor fisik seperti iklim, tanah, dan topografi terpenuhi, keberadaan suatu tumbuhan di suatu wilayah masih harus diuji melalui interaksi biologis dengan organisme lain yang mendiami habitat yang sama.

4. Interaksi Biotik: Kompetisi dan Simbiosis dalam Struktur Komunitas

Hasil studi secara mendalam menunjukkan bahwa interaksi dinamis antarorganisme merupakan faktor determinan yang secara aktif membentuk struktur dan pola persebaran tumbuhan di suatu wilayah. Keberadaan suatu spesies di sebuah habitat tidak hanya ditentukan oleh kesesuaian fisik lingkungan, tetapi juga oleh hubungan timbal balik dengan organisme lain. Dalam hal ini, kompetisi antarspesies—baik untuk memperebutkan intensitas cahaya

matahari, ruang tumbuh, maupun ketersediaan nutrisi di dalam tanah—menjadi mekanisme seleksi alam yang sangat penting dalam menentukan dominansi serta kelimpahan tumbuhan dalam suatu komunitas.

Penelitian terdahulu menemukan bahwa keberhasilan kolonisasi suatu wilayah sangat bergantung pada strategi fungsional spesies tersebut; spesies yang memiliki keunggulan kompetitif, seperti pertumbuhan yang lebih cepat atau sistem perakaran yang lebih luas, terbukti lebih mampu bertahan dari tekanan lingkungan dan memperluas jangkauan distribusinya (Kraft et al., 2015). Fenomena ini menegaskan bahwa kemampuan untuk beradaptasi secara biologis dan memenangkan persaingan sumber daya merupakan penentu utama apakah suatu spesies dapat menetap secara permanen atau justru tersingkir dari habitat tersebut.

Selain interaksi yang bersifat kompetitif, beberapa riset mengonfirmasi bahwa hubungan simbiosis mutualisme memegang peranan krusial dalam memperluas batas-batas persebaran tumbuhan. Sebagai contoh, interaksi antara akar tumbuhan dengan mikroorganisme tanah, seperti mikoriza, terbukti dapat meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi dan air secara signifikan, terutama pada kondisi lahan yang marginal. Hasil studi ini menunjukkan bahwa interaksi biotik memiliki spektrum yang luas, mulai dari persaingan hingga kerja sama, yang tidak hanya memengaruhi laju pertumbuhan individu secara isolasi, tetapi juga menentukan keberhasilan reproduksi dan keberlangsungan hidup jangka panjang suatu populasi tumbuhan di dalam suatu habitat yang kompleks.

Meski demikian, di era modern, seluruh dinamika alami ini kini menghadapi tantangan besar akibat tekanan dari aktivitas manusia yang mengubah lanskap bumi secara masif.

5. Tekanan Antropogenik dan Perubahan Distribusi Vegetasi di Era Modern

Hasil studi secara komprehensif menunjukkan bahwa di era modern ini, aktivitas manusia telah menjadi kekuatan eksternal yang memberikan dampak transformatif dan sering kali destruktif terhadap persebaran tumbuhan. Intervensi manusia melalui berbagai aktivitas ekonomi dan pembangunan, seperti deforestasi masif, alih fungsi lahan hutan menjadi kawasan pertanian monokultur, hingga ekspansi urbanisasi yang tidak terkendali, telah memicu perubahan habitat alami secara drastis. Gangguan ini tidak hanya mengubah struktur fisik lanskap, tetapi juga memutus konektivitas ekologis yang sangat dibutuhkan bagi migrasi alami spesies tumbuhan.

Penelitian terdahulu secara tegas menemukan bahwa perubahan penggunaan lahan merupakan determinan utama yang mendorong penurunan keanekaragaman hayati pada skala global (Newbold et al., 2016; Curtis et al., 2018). Transformasi lahan ini mengakibatkan fragmentasi habitat yang parah, di mana populasi tumbuhan terisolasi dalam area yang sempit, sehingga menurunkan resiliensi mereka terhadap gangguan lingkungan. Lebih jauh lagi, hilangnya habitat inti secara permanen mengganggu keseimbangan ekosistem dan siklus biogeokimia, yang pada gilirannya memaksa terjadinya pergeseran paksa pada pola distribusi vegetasi yang sebelumnya stabil selama ribuan tahun.

Selain dampak langsung dari kerusakan fisik lahan, beberapa riset mengonfirmasi bahwa tingginya mobilitas manusia dan perdagangan global telah mempercepat introduksi serta penyebaran spesies invasif ke berbagai belahan dunia. Spesies asing ini sering kali memiliki kemampuan adaptasi yang lebih agresif sehingga mampu mengancam dan menggeser eksistensi tumbuhan lokal atau endemik melalui persaingan sumber daya yang tidak seimbang. Hasil studi secara keseluruhan menunjukkan bahwa tekanan antropogenik kini telah menjadi faktor dominan yang melampaui batas-batas kendali faktor alamiah. Sinergi antara kerusakan habitat dan tekanan aktivitas manusia ini menciptakan tantangan eksistensial bagi flora dunia, menjadikan manusia sebagai agen utama dalam perubahan pola persebaran tumbuhan di era modern.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian literatur yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa persebaran tumbuhan merupakan hasil interaksi kompleks antara berbagai faktor lingkungan yang saling berkaitan. Faktor iklim, terutama suhu, curah hujan, dan kelembapan, menjadi pengendali utama yang secara langsung memengaruhi proses fisiologis tumbuhan dan menentukan batas toleransi hidupnya. Di samping itu, kondisi tanah seperti kandungan unsur hara, pH, serta tekstur tanah turut berperan dalam mendukung atau membatasi pertumbuhan vegetasi di suatu wilayah. Selain faktor iklim dan tanah, topografi juga memiliki pengaruh signifikan melalui variasi ketinggian, kemiringan lereng, dan orientasi wilayah yang berdampak pada kondisi lingkungan lokal. Interaksi biotik, seperti kompetisi dan simbiosis antarorganisme, semakin memperkuat dinamika persebaran tumbuhan dengan menentukan dominansi dan keberhasilan adaptasi suatu spesies. Tidak kalah penting, aktivitas manusia seperti deforestasi, alih fungsi lahan, dan urbanisasi terbukti menjadi faktor dominan yang

mempercepat perubahan pola distribusi tumbuhan serta menurunkan keanekaragaman hayati. Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa tidak ada satu faktor tunggal yang bekerja secara terpisah, melainkan seluruh faktor tersebut saling berinteraksi membentuk pola persebaran tumbuhan di permukaan bumi. Oleh karena itu, pemahaman yang komprehensif mengenai berbagai faktor ini menjadi sangat penting sebagai dasar dalam perencanaan konservasi, pengelolaan vegetasi, serta upaya mitigasi dampak perubahan iklim dan tekanan antropogenik di masa mendatang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Hutri Rizki Amelia, M.Pd., selaku dosen pengampu mata kuliah Biogeografi di Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, atas arahan, bimbingan, dan dukungan yang sangat berarti selama penyusunan artikel review ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Ibu Rahmah, M.Pd., selaku dosen pembimbing, atas kesabaran, perhatian, serta masukan dan motivasi yang telah diberikan sehingga artikel ini dapat tersusun dengan baik. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan motivasi, serta kepada seluruh rekan-rekan dan semua pihak yang telah memberikan kontribusi, dukungan, dan kerja sama aktif dalam proses diskusi dan penyusunan artikel ini, sehingga artikel ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

DAFTAR PUSTAKA

- Bruelheide, H., Dengler, J., Purschke, O., Lenoir, J., Jiménez-Alfaro, B., Hennekens, S. M., ... & Jandt, U. (2018). Global trait–environment relationships of plant communities. *Nature Ecology & Evolution*, 2(12), 1906-1917.
- Curtis, P. G., Slay, C. M., Harris, N. L., Tyukavina, A., & Hansen, M. C. (2018). Classifying drivers of global forest loss. *Science*, 361(6407), 1108-1111.
- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: New climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302-4315.
- Franklin, J., Serra-Diaz, J. M., Syphard, A. D., & Regan, H. M. (2017). Global change and terrestrial plant community dynamics. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 114(14), 3725-3734.
- Harrison, S., Spasojevic, M. J., & Li, D. (2020). Climate and plant community diversity in space and time. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 117(9), 4464-4470.

- Higgins, S. I., Langan, L., & Scheiter, S. (2016). A physiological analogy of the niche for projecting the potential distribution of plants. *Global Ecology and Biogeography*, 25(8), 977-989.
- Körner, C. (2016). Plant adaptation to cold climates. *F1000Research*, 5, 2769.
- Kraft, N. J. B., Adler, P. B., Godoy, O., James, E. C., Fuller, S., & Levine, J. M. (2015). Community assembly, coexistence and the environmental filtering metaphor. *Functional Ecology*, 29(5), 592-599.
- Lenoir, J., Bertrand, R., Comte, L., Bourgeaud, L., Hattab, T., Murienne, J., & Grenouillet, G. (2020). Species better track climate warming in the oceans than on land. *Nature Ecology & Evolution*, 4(8), 1044-1059.
- Maestre, F. T., Delgado-Baquerizo, M., Jeffries, T. C., Eldridge, D. J., Ochoa, V., Gozalo, B., ... & Singh, B. K. (2015). Increasing aridity reduces soil microbial diversity and differs in its effects on bacterial and fungal communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 112(51), 15684-15689.
- Newbold, T., Hudson, L. N., Arnell, A. P., Contu, S., De Palma, A., Ferrier, S., ... & Purvis, A. (2016). Has land use pushed terrestrial biodiversity beyond the planetary boundary? A global assessment. *Science*, 353(6296), 288-291.
- Pecl, G. T., Araújo, M. B., Bell, J. D., Blanchard, J., Bonebrake, T. C., Chen, I. C., ... & Williams, S. E. (2017). Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. *Science*, 355(6332), eaai9214.
- Sardans, J., & Peñuelas, J. (2015). Potassium control of plant functions: Ecological and agricultural implications. *Plants*, 4(3), 334-353.
- Svenning, J. C., Sandel, B., & others. (2015). The influence of climate and environment on species distributions as revealed by phylogenetic analysis. *Journal of Biogeography*, 42(1), 1-12.
- Wiens, J. J. (2016). Climate-related local extinctions are already widespread among plant and animal species. *PLoS Biology*, 14(12), e2001104.