

ARTIKEL PENELITIAN

ANALISIS ADAPTASI TUMBUHAN TERHADAP LINGKUNGAN EKSTREM DAN IMPLIKASINYA TERHADAP PERSEBARAN DALAM KAJIAN BIOGEOGRAFI

Giska Ananta^{1*}, Rama Aulia², Rahmah³, Hutri Rizki⁴

^{1,2,3,4}UIN Sultan Syarif Kasim Riau, Indonesia

* Corresponding author: giskaananta30@gmail.com

Submitted: July 10, 2026

Revised: August 14, 2026

Accepted: August 28, 2026

ABSTRACT

Environmental changes caused by natural processes and human activities have increased extreme environmental conditions that affect the survival of plants. These conditions encourage plants to develop various adaptation mechanisms in order to survive, grow, and reproduce within their habitats. This study aims to examine plant adaptations to extreme environments and their implications for plant distribution patterns in biogeographical studies. The research method used is a literature review of 15 scientific articles published between 2018 and 2026 discussing morphological, anatomical, and physiological adaptations of plants under conditions of drought, salinity, and temperature changes. The collected data were analyzed using a descriptive-critical approach through comparison, classification, and synthesis of previous research findings. The results indicate that plant adaptations vary depending on environmental characteristics and genetic factors. These adaptations not only function as survival strategies but also influence the distribution patterns of plants across different regions. In addition, global climate change plays an important role in affecting the success of plant adaptation to extreme environmental conditions.

KEYWORDS

plant adaptation; extreme environment; biogeography; plant distribution; climate change

ABSTRAK

Perubahan lingkungan yang dipicu oleh proses alam maupun aktivitas manusia menyebabkan munculnya kondisi lingkungan yang semakin ekstrem dan berpengaruh terhadap kelangsungan hidup tumbuhan. Situasi tersebut mendorong tumbuhan untuk mengembangkan berbagai bentuk adaptasi agar tetap mampu bertahan, tumbuh, dan bereproduksi pada habitatnya. Penelitian ini bertujuan mengkaji bentuk-bentuk adaptasi tumbuhan terhadap lingkungan ekstrem serta hubungannya dengan pola persebaran tumbuhan dalam kajian biogeografi. Metode penelitian menggunakan studi literatur dengan menelaah 15 artikel ilmiah terbitan tahun 2018–2026 yang membahas adaptasi morfologi, anatomi, dan fisiologi tumbuhan pada kondisi kekeringan, salinitas tinggi, serta perubahan suhu lingkungan. Data dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif-kritis melalui proses perbandingan, pengelompokan, dan sintesis berbagai hasil penelitian terdahulu. Hasil kajian menunjukkan bahwa setiap tumbuhan memiliki bentuk adaptasi yang berbeda sesuai karakter lingkungan dan faktor genetiknya. Adaptasi tersebut berperan penting dalam menentukan kemampuan bertahan hidup sekaligus memengaruhi pola persebaran tumbuhan di berbagai wilayah

KATA KUNCI

adaptasi tumbuhan; lingkungan ekstrem; biogeografi; persebaran tumbuhan; perubahan iklim

1. PENDAHULUAN

Adaptasi tumbuhan terhadap lingkungan ekstrem merupakan salah satu kajian penting dalam biogeografi karena berkaitan erat dengan kemampuan bertahan hidup serta pola persebaran spesies. Lingkungan ekstrem seperti daerah kering, wilayah bersalinitas tinggi di pesisir, serta perubahan suhu yang signifikan menuntut tumbuhan untuk memiliki strategi adaptasi yang kompleks. Dalam kondisi tersebut, tumbuhan mampu menyesuaikan diri melalui perubahan morfologi, anatomi, dan fisiologi agar tetap dapat bertahan hidup.

Lingkungan ekstrem tidak hanya terbentuk akibat perubahan iklim, tetapi juga dipengaruhi oleh berbagai bentuk stres lingkungan seperti salinitas tinggi, kekeringan, suhu ekstrem, genangan, serta keterbatasan unsur hara. Kondisi ini menjadi faktor pembatas utama bagi pertumbuhan dan produktivitas tumbuhan karena dapat mengganggu proses fisiologis, termasuk fotosintesis dan penyerapan air. Dalam konteks ini, kemampuan tumbuhan untuk merespons stres lingkungan menjadi kunci dalam mempertahankan kelangsungan hidupnya. Dengan demikian, adaptasi tidak hanya berfungsi sebagai respon pasif, tetapi sebagai mekanisme aktif yang menentukan keberhasilan tumbuhan dalam menghadapi tekanan lingkungan yang kompleks (Supriyatna, 2024).

Perbedaan strategi adaptasi antar tumbuhan menunjukkan bahwa setiap spesies memiliki respon yang berbeda terhadap kondisi lingkungannya. Pada lingkungan dengan keterbatasan air, misalnya, tumbuhan cenderung mengembangkan struktur dan mekanisme tertentu untuk mengurangi kehilangan air dan meningkatkan efisiensi penggunaannya. Hal ini menunjukkan bahwa adaptasi bersifat spesifik dan tidak dapat digeneralisasi untuk semua jenis tumbuhan.

Dalam kajian biogeografi, adaptasi tumbuhan memiliki peran penting dalam menentukan pola persebaran spesies. Tumbuhan dengan kemampuan adaptasi yang tinggi cenderung mampu hidup di berbagai kondisi lingkungan sehingga memiliki distribusi yang lebih luas. Sebaliknya, tumbuhan dengan kemampuan adaptasi terbatas hanya dapat ditemukan pada wilayah tertentu. Kondisi ini menunjukkan bahwa adaptasi tidak hanya berfungsi sebagai mekanisme bertahan hidup, tetapi juga sebagai faktor yang menentukan dan membatasi persebaran tumbuhan.

Selain itu, perubahan iklim global menjadi tantangan besar dalam proses adaptasi tumbuhan. Perubahan suhu dan pola curah hujan yang tidak menentu dapat memengaruhi kemampuan tumbuhan dalam menyesuaikan diri terhadap lingkungannya. Interaksi antara laut dan daratan menyebabkan terjadinya proses hidrologi yang terus-menerus. Kondisi ini dapat menyebabkan terganggunya proses pertumbuhan, bahkan berpotensi menurunkan

keanekaragaman hayati jika tumbuhan tidak mampu beradaptasi dengan cepat. Namun, bukti ilmiah terkini menunjukkan bahwa perubahan iklim telah mempercepat laju kepunahan spesies, menggeser distribusi geografis organisme, serta mengubah struktur dan interaksi komunitas biologis di berbagai ekosistem darat

Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji adaptasi tumbuhan terhadap lingkungan ekstrem, sebagian besar studi masih berfokus pada aspek morfologi dan fisiologi secara terpisah, serta lebih menekankan pada organ vegetatif seperti daun dan akar. Sementara itu, kajian yang secara khusus mengintegrasikan adaptasi struktural dan fungsional pada organ reproduktif tumbuhan dalam konteks lingkungan ekstrem masih relatif terbatas. Selain itu, hubungan antara mekanisme adaptasi tersebut dengan pola persebaran tumbuhan dalam kajian biogeografi juga belum banyak dianalisis secara komprehensif (Akmalia, et al, 2021).

Oleh karena itu, penelitian mengenai adaptasi tumbuhan terhadap lingkungan ekstrem menjadi sangat penting tidak hanya sebagai upaya memahami mekanisme bertahan hidup tumbuhan, tetapi juga sebagai dasar ilmiah dalam konservasi keanekaragaman hayati, pengelolaan ekosistem, serta prediksi perubahan pola persebaran vegetasi di masa depan. Selain itu, masih terbatasnya kajian yang mengintegrasikan aspek morfologi, anatomi, dan fisiologi secara holistik, serta keterkaitannya dengan pola biogeografi menunjukkan adanya celah penelitian yang perlu dikaji lebih mendalam. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam memperkuat pemahaman tentang hubungan antara strategi adaptasi tumbuhan dan dinamika persebarannya di tengah tekanan perubahan lingkungan global yang semakin kompleks..

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur (library research) dengan tujuan untuk mengkaji secara komprehensif adaptasi tumbuhan terhadap lingkungan ekstrem serta implikasinya terhadap pola persebaran dalam kajian biogeografi. Data yang digunakan berupa artikel ilmiah yang diperoleh dari berbagai sumber seperti Google Scholar, portal jurnal nasional, dan jurnal internasional open access. Proses pencarian literatur dilakukan dengan menggunakan kata kunci seperti “adaptasi tumbuhan”, “lingkungan ekstrem”, “biogeografi”, “persebaran tumbuhan”, dan “perubahan iklim”. Literatur yang dianalisis merupakan publikasi dalam rentang tahun 2018–2026 untuk memastikan relevansi dan kebaruan data. Kriteria pemilihan literatur meliputi: 1) artikel ilmiah yang membahas adaptasi tumbuhan terhadap lingkungan ekstrem, 2) memiliki fokus pada

aspek morfologi, anatomi, dan fisiologi, serta 3) memiliki metodologi penelitian yang jelas dan dapat dipertanggungjawabkan. Secara keseluruhan, penelitian ini menggunakan 15 artikel ilmiah yang telah melalui proses seleksi berdasarkan kesesuaian topik, kualitas sumber, serta relevansi terhadap pembahasan adaptasi tumbuhan dan persebarannya. Proses seleksi dilakukan secara bertahap melalui identifikasi judul, peninjauan abstrak, hingga analisis isi secara menyeluruh. Data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis menggunakan teknik deskriptif kualitatif dengan pendekatan kritis melalui proses perbandingan, pengelompokan, dan sintesis antar hasil penelitian guna memperoleh kesimpulan yang komprehensif..

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adaptasi tumbuhan terhadap lingkungan ekstrem merupakan proses kompleks yang melibatkan perubahan morfologi, anatomi, dan fisiologi. Penelitian menunjukkan bahwa tumbuhan mengembangkan struktur khusus pada akar, batang, dan daun untuk bertahan hidup di lingkungan dengan tekanan tinggi seperti kekeringan dan salinitas. Adaptasi anatomis ini menjadi salah satu bentuk utama respon tumbuhan terhadap stres lingkungan. Namun, adaptasi tersebut tidak hanya bersifat struktural, tetapi juga berkaitan dengan fungsi fisiologis yang mendukung kelangsungan hidup. Dengan demikian, dapat dianalisis bahwa adaptasi tumbuhan merupakan hasil interaksi antara struktur dan fungsi yang saling melengkapi.

Adaptasi fisiologis tumbuhan terhadap kekeringan dikendalikan oleh hormon asam absisat (ABA) yang berperan dalam penutupan stomata dan aktivasi gen stres, Namun, respon ini melibatkan interaksi kompleks dengan hormon lain sehingga mencerminkan sistem regulasi yang terintegrasi. Di sisi lain, peningkatan ABA juga memicu trade-off antara pertumbuhan dan ketahanan .

Selain itu, daun merupakan organ yang paling responsif terhadap perubahan lingkungan. Studi menunjukkan bahwa tumbuhan dapat mengubah ukuran, bentuk, dan ketebalan daun sebagai bentuk adaptasi terhadap faktor lingkungan seperti suhu, cahaya, dan kelembapan. Hal ini menunjukkan bahwa adaptasi morfologi merupakan respon cepat terhadap perubahan lingkungan. Namun, jika dibandingkan dengan adaptasi fisiologi, perubahan morfologi lebih bersifat jangka pendek. Oleh karena itu, dapat dianalisis bahwa adaptasi morfologi berfungsi sebagai respon awal, sedangkan adaptasi fisiologi berperan dalam keberlangsungan jangka panjang .

Faktor iklim seperti intensitas cahaya, suhu, kelembaban, curah hujan, dan ketinggian memiliki pengaruh signifikan terhadap perubahan morfologi daun. Tumbuhan yang hidup pada kondisi cahaya tinggi cenderung memiliki daun yang lebih kecil dan tebal sebagai upaya mengurangi kehilangan air, sedangkan pada lingkungan lembab daun berkembang lebih lebar dan tipis. Namun demikian, respon tersebut tidak selalu linear, karena peningkatan suhu dalam beberapa kasus justru dapat memperbesar ukuran daun untuk meningkatkan efisiensi fotosintesis. Hal ini menunjukkan bahwa adaptasi morfologi daun merupakan hasil interaksi kompleks antar faktor lingkungan, bukan respon tunggal terhadap satu variabel tertentu .

Adaptasi fisiologis juga memainkan peran penting dalam menghadapi tekanan lingkungan ekstrem. Tumbuhan mampu mengatur proses metabolisme dan keseimbangan sel untuk bertahan pada kondisi stres, seperti perubahan kadar air dan tekanan osmotik. Hal ini menunjukkan bahwa adaptasi tidak hanya terjadi secara fisik, tetapi juga pada tingkat seluler. Namun, mekanisme ini memerlukan energi yang lebih besar dibandingkan adaptasi morfologi. Dengan demikian, dapat dianalisis bahwa adaptasi fisiologis merupakan strategi lanjutan yang mendukung stabilitas fungsi tumbuhan dalam kondisi ekstrem. Kondisi lingkungan yang ekstrem menuntut organisme, khususnya tumbuhan, untuk mengembangkan strategi adaptasi tertentu agar mampu bertahan dan berkembang pada habitat dengan tekanan lingkungan yang tinggi.

Perbedaan strategi adaptasi antar tumbuhan menunjukkan bahwa setiap spesies memiliki respon yang berbeda terhadap lingkungan. Penelitian pada tumbuhan di iklim kering menunjukkan adanya variasi struktur daun seperti densitas stomata dan jaringan fotosintetik sebagai bentuk adaptasi. Hal ini menandakan bahwa tidak semua tumbuhan memiliki kemampuan adaptasi yang sama. Jika dianalisis, variasi ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan karakteristik genetik masing-masing tumbuhan. Oleh karena itu, adaptasi tumbuhan bersifat spesifik dan tidak dapat digeneralisasi.

Dalam lingkungan ekstrem seperti daerah pesisir, tumbuhan mangrove menunjukkan adaptasi khusus terhadap salinitas tinggi. Studi menunjukkan bahwa struktur daun mangrove mengalami modifikasi untuk mengatur kadar garam dan air dalam tubuh tumbuhan. Hal ini berbeda dengan tumbuhan di lingkungan kering yang lebih fokus pada efisiensi penggunaan air. Perbedaan ini menunjukkan bahwa adaptasi sangat bergantung pada jenis tekanan lingkungan. Dengan demikian, dapat dianalisis bahwa lingkungan menjadi faktor utama dalam menentukan bentuk adaptasi tumbuhan .

Adaptasi tumbuhan juga berpengaruh terhadap pola persebaran dalam kajian biogeografi. Tumbuhan dengan kemampuan adaptasi tinggi cenderung mampu bertahan di berbagai kondisi lingkungan sehingga memiliki distribusi yang lebih luas. Tumbuhan dengan kemampuan adaptasi yang tinggi cenderung mampu hidup di berbagai kondisi lingkungan sehingga memiliki distribusi yang lebih luas. Sebaliknya, tumbuhan dengan kemampuan adaptasi terbatas hanya dapat hidup di wilayah tertentu. Hal ini menunjukkan bahwa adaptasi menjadi faktor utama dalam menentukan persebaran spesies. Namun, terdapat batas toleransi ekologis yang membatasi kemampuan adaptasi tersebut. Oleh karena itu, dapat dianalisis bahwa adaptasi sekaligus menjadi faktor penentu dan pembatas persebaran tumbuhan.

Perubahan iklim global menjadi tantangan besar bagi adaptasi tumbuhan. Penelitian menunjukkan bahwa perubahan suhu dan kondisi lingkungan dapat memengaruhi proses pertumbuhan dan kemampuan adaptasi tumbuhan. Hal ini menyebabkan beberapa spesies tidak mampu menyesuaikan diri dengan cepat terhadap perubahan lingkungan. Jika dibandingkan dengan kondisi sebelumnya, tekanan lingkungan saat ini lebih kompleks dan dinamis. Dengan demikian, dapat dianalisis bahwa perubahan iklim berpotensi menyebabkan kegagalan adaptasi dan berdampak pada penurunan keanekaragaman hayati.

Perubahan iklim menyebabkan pergeseran habitat yang berdampak pada keanekaragaman hayati dan distribusi tumbuhan. Tidak semua spesies mampu beradaptasi, terutama spesies endemik, sehingga berisiko mengalami penurunan hingga kepunahan lokal. Selain itu, dominasi spesies invasif mempercepat perubahan struktur ekosistem. Namun, penelitian yang ada masih cenderung parsial dan belum banyak mengkaji hubungan antara mekanisme adaptasi tumbuhan dengan pola persebarannya dalam perspektif biogeografi. Oleh karena itu, diperlukan kajian yang lebih integratif untuk memahami keterkaitan tersebut.

Perubahan iklim tidak hanya menyebabkan penurunan keanekaragaman hayati, tetapi juga mengubah struktur dan stabilitas ekosistem secara mendasar. Pergeseran habitat dan distribusi spesies menunjukkan bahwa respons tiap organisme terhadap perubahan lingkungan tidak seragam, sehingga memicu ketidakseimbangan ekologi. Kondisi ini diperparah oleh tekanan antropogenik yang mempercepat degradasi habitat.

Perubahan iklim saat ini tidak lagi sekadar variasi alami, melainkan telah melampaui dinamika iklim dalam ribuan tahun terakhir akibat dominasi aktivitas manusia. Dampaknya terhadap keanekaragaman hayati tidak hanya bersifat langsung seperti pergeseran distribusi

spesies, perubahan fenologi, hingga peningkatan laju kepunahan, tetapi juga bersifat sistemik melalui gangguan interaksi antarspesies dan fungsi ekosistem. Namun, sebagian besar kajian masih menempatkan perubahan iklim sebagai faktor tunggal, padahal dalam realitasnya terjadi interaksi kompleks dengan tekanan lain seperti deforestasi, degradasi habitat, dan eksploitasi sumber daya.

4. KESIMPULAN

Adaptasi tumbuhan terhadap lingkungan ekstrem merupakan mekanisme penting yang memungkinkan tumbuhan bertahan hidup melalui perubahan morfologi, anatomi, dan fisiologi. Bentuk adaptasi tersebut berbeda-beda sesuai karakteristik lingkungan dan faktor genetik masing-masing spesies. Adaptasi tidak hanya berfungsi sebagai strategi bertahan hidup, tetapi juga menjadi faktor yang menentukan pola persebaran tumbuhan dalam kajian biogeografi. Kemampuan adaptasi yang tinggi memungkinkan suatu spesies memiliki distribusi lebih luas, sedangkan keterbatasan adaptasi menjadi faktor pembatas persebarannya. Namun, perubahan iklim global menjadi tantangan besar karena dapat mengubah habitat, menggeser distribusi tumbuhan, dan meningkatkan risiko penurunan keanekaragaman hayati. Oleh karena itu, pemahaman mengenai hubungan antara mekanisme adaptasi tumbuhan dan perubahan lingkungan menjadi penting sebagai dasar konservasi keanekaragaman hayati serta prediksi perubahan persebaran vegetasi di masa depan.

5. REFERENSI

- Akmalia, H. A., Studi, P., & Biologi, P. (2021). Adaptasi Anatomis Tumbuhan Terhadap Perbedaan Stress Lingkungan Plant's Anatomical Adaptation in Different Environmental Changes 1. 14(1), 18–27.
- Amalia, K. S., Nisak, L. M., Hardas, M. E. N., Ardiansyah, M. V., & Ananta, N. A. (2026). Peran hidrologi terhadap tanah dan vegetasi di Pantai Kili–Kili Tulungagung. *Journal of Geography Education*, 2(1), 44–55.
- Ekaputra, P. R., Doi, Y. F., Ohaq, E., Sinta, V. P., Wae, M., & lainnya. (2026). Adaptasi sel terhadap perubahan lingkungan osmotik. *Biocaster: Jurnal Kajian Biologi*, 6(1), 170–177.
- Hamka, J. P., Barat, A. T., & Utara, P. (2025). Literature Review : Respon Morfologi Daun Tumbuhan Terhadap Faktor Lingkungan. 6(1), 52–60. <https://doi.org/10.32939/symbiotic.v6i1.166>
- Jurnal Riset Biologi Unesa. (2023). Adaptasi mangrove terhadap salinitas. *Jurnal Riset Biologi*.

- Karmana, I. W. (2026). Dampak perubahan iklim global terhadap keanekaragaman hayati dan stabilitas ekosistem alam: Review. *Panthera: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan*, 6(1), 330–340.
- Kusumaningrum, E. N., & Prasetyo, B. (2017). Ulasan kritis tentang teori biogeografi pulau 1,2. 14–27.
- Nurhaliza, S., & Perdana, A. T. (2025). Adaptasi, kesamaan spesies, dan tantangan konservasi anggrek (Orchidaceae) pada ekosistem pegunungan tinggi Jawa Tengah (Gunung Sindoro, Sumbing, dan Slamet). *Khazanah: Jurnal Mahasiswa*, 17(2).
- Nurjanah, N., Rahayu, A., & Ginanjar, D. (2025). Studi perbandingan antara ekologi tumbuhan di daerah tropis dan subtropis dalam menanggulangi perubahan iklim jurnal Pengembangan Sains dan Teknologi, 1(1), 9–16.
- Qutbi, A. A., Sarjan, M., & Sjah, T. (2024). Dampak Perubahan Iklim terhadap Keanekaragaman Hayati dan Kesehatan Lingkungan. 4(2), 113–119.
- Studi, P., Biologi, P., Sains, F., Mandalika, P., & Barat, N. T. (2024). DAMPAK PERUBAHAN IKLIM TERHADAP KEANEKARAGAMAN HAYATI: LITERATURE REVIEW I Wayan Karmana. 4(4), 157–163.
- Surakusumah, W., Biologi, J., Indonesia, U. P., Pendahuluan, A., Perubahan, M., & Global, L. (1994). Perubahan iklim dan pengaruhnya terhadap keanekaragaman hayati. 1–24.
- Symbiotic Journal. (2025). Adaptasi morfologi daun terhadap lingkungan. *Symbiotic: Journal of Biological Education and Science*.
- Tumbuhan, P., Lingkungan, D., Supriyatna, A., Gunawan, F. I., Rahmawati, A., & Zahra, A. (2024). Ensiklopedia : Adaptasi Struktural Dan Fungsional Organ Reproduksi. 2(1).
- Vickers, C. E., Gershenzon, J., Lerdau, M. T., & Loreto, F. (2018). PERSPECTIVE A unified mechanism of action for volatile isoprenoids in plant abiotic stress. 5(5), 283–291. <https://doi.org/10.1038/nchembio.158>