

Adaptasi Biologis *Rafflesia arnoldii* dan Implikasinya Terhadap Upaya Konservasi: Sebuah Studi Literatur

Suhendra Iskandar¹, Lita N Abd Rajak².

¹ Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam, Institu Agama Islam Negeri Sultan Amai, Gorontalo, Indonesia.

² Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam, Institu Agama Islam Negeri Sultan Amai, Gorontalo, Indonesia.

Received: 8 Januari 2026

Revised: 9 Januari 2026

Accepted: 10 Januari 2026

Published: 30 Januari 2026

Corresponding Author: Suhendra Iskandar

Email*:

suhendra_iskandar@iaingorontalo.ac.id

DOI:

© 2025 The Authors. This open access article is distributed under a (CC-BY License)



Phone*: +62...

Abstrak: *Rafflesia arnoldii* merupakan tumbuhan holoparasit obligat endemik Indonesia yang menunjukkan adaptasi biologis ekstrem berupa ketiadaan organ vegetatif dan klorofil serta ketergantungan total pada tanaman inang dari genus *Tetrastigma*. Adaptasi ini memungkinkan spesies tersebut bertahan pada relung ekologis yang sangat sempit, namun sekaligus menjadikannya sangat rentan terhadap perubahan lingkungan dan gangguan habitat. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif bentuk-bentuk adaptasi biologis *R. arnoldii* serta implikasinya terhadap upaya konservasi. Metode yang digunakan adalah studi literatur sistematis terhadap publikasi ilmiah bereputasi yang membahas aspek biologi, ekologi, morfologi, mikrobiologi, distribusi habitat, reproduksi, dan konservasi *Rafflesia*, dengan penekanan pada hasil penelitian lapangan dan pemodelan spasial. Hasil kajian menunjukkan bahwa adaptasi biologis *R. arnoldii* mencakup holoparasitisme ekstrem, siklus hidup yang panjang dengan tingkat mortalitas kuncup yang tinggi, embriogenesis deterministik, serta ketergantungan kuat terhadap kondisi mikrohabitat seperti kelembapan tinggi, kedekatan dengan sumber air, karakteristik tanah tertentu, dan struktur vegetasi hutan yang stabil. Selain itu, *R. arnoldii* berasosiasi dengan komunitas mikroorganisme dan penyerbuk tertentu yang membentuk jejaring ekologi kompleks. Pemodelan distribusi spesies mengindikasikan bahwa habitat potensial *R. arnoldii* bersifat terbatas dan sebagian besar berada di luar kawasan konservasi, sementara upaya konservasi *ex situ* masih menghadapi kendala besar akibat kompleksitas biologi holoparasit. Kajian ini menyimpulkan bahwa adaptasi biologis *R. arnoldii* merupakan faktor kunci yang menjelaskan tingginya kerentanan spesies ini terhadap kepunahan. Oleh karena itu, konservasi *R. arnoldii* memerlukan pendekatan holistik berbasis ekosistem dan lanskap, yang mengintegrasikan perlindungan habitat inang, pengelolaan mikrohabitat, penguatan kebijakan konservasi, serta pengembangan riset lanjutan terkait interaksi molekuler *Rafflesia*–*Tetrastigma* dan teknologi perbanyak berkelanjutan.

Kata Kunci: holoparasit; endemik; siklus hidup panjang; bunga bangkai, lalat

Pendahuluan

Rafflesia arnoldii merupakan salah satu tumbuhan paling unik di dunia sekaligus ikon keanekaragaman hayati Indonesia. Spesies ini dikenal sebagai bunga terbesar di dunia, namun memiliki karakteristik biologis yang sangat tidak lazim dibandingkan tumbuhan berbunga pada umumnya. *Rafflesia arnoldii* tidak memiliki daun, batang, maupun akar sejati, serta sepenuhnya kehilangan kemampuan fotosintesis akibat ketiadaan klorofil. Kondisi ini menjadikannya sebagai tumbuhan holoparasit obligat

yang sepenuhnya bergantung pada inang, terutama tumbuhan dari genus *Tetrastigma*, untuk memenuhi kebutuhan nutrisi dan energi selama siklus hidupnya.

Kehilangan organ vegetatif dan fungsi fotosintesis pada *Rafflesia arnoldii* bukanlah suatu keterbatasan biologis semata, melainkan hasil dari proses adaptasi evolusioner jangka panjang terhadap lingkungan hutan hujan tropis. Adaptasi tersebut tercermin dalam penyederhanaan struktur tubuh, mekanisme penyerapan nutrisi melalui jaringan inang, serta strategi reproduksi yang sangat spesifik dan terbatas. Keberhasilan *Rafflesia arnoldii* dalam bertahan hidup sangat ditentukan oleh kesesuaian mikrohabitat, keberadaan inang yang sesuai, serta interaksi ekologis dengan organisme lain, termasuk penyerbuk dan faktor lingkungan sekitar.

Namun demikian, karakter adaptasi biologis yang sangat terspesialisasi tersebut juga menjadikan *Rafflesia arnoldii* rentan terhadap perubahan lingkungan. Kerusakan habitat hutan, fragmentasi ekosistem, penurunan populasi inang, serta gangguan aktivitas manusia berdampak langsung terhadap kelangsungan hidup spesies ini. Tingkat ketergantungan yang tinggi terhadap kondisi ekologis tertentu menyebabkan *Rafflesia arnoldii* memiliki daya adaptasi yang terbatas terhadap tekanan lingkungan yang cepat dan berskala luas sehingga meningkatkan risiko penurunan populasi hingga kepunahan lokal.

Berbagai penelitian telah mengkaji aspek morfologi, fisiologi, ekologi, dan reproduksi *Rafflesia arnoldii* secara terpisah. Namun, sintesis komprehensif yang mengaitkan adaptasi biologis spesies ini dengan implikasinya terhadap upaya konservasi masih relatif terbatas. Pemahaman yang terfragmentasi berpotensi menghambat perumusan strategi konservasi yang efektif karena upaya perlindungan tidak dapat dilepaskan dari karakter biologis dan ekologi spesies yang dilindungi.

Oleh karena itu, studi literatur ini bertujuan untuk mengkaji secara sistematis adaptasi biologis *Rafflesia arnoldii*, meliputi aspek morfologi, fisiologi, ketergantungan terhadap inang, serta strategi reproduksinya, dan mengaitkannya dengan implikasi terhadap upaya konservasi. Dengan mensintesis temuan-temuan ilmiah dari berbagai sumber terpercaya, artikel ini diharapkan dapat memberikan landasan konseptual yang kuat bagi pengembangan strategi konservasi *Rafflesia arnoldii* yang berbasis pada pemahaman biologis dan ekologis spesies secara menyeluruh.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi literatur untuk mengkaji adaptasi biologis *Rafflesia arnoldii* serta implikasinya terhadap upaya konservasi. Studi literatur dipilih untuk menghimpun dan mensintesis temuan-temuan ilmiah yang telah dipublikasikan terkait karakter morfologi, fisiologi, strategi reproduksi, ketergantungan terhadap inang, serta aspek ekologi yang memengaruhi keberlangsungan hidup spesies ini. Pendekatan ini memungkinkan pemahaman konseptual yang komprehensif terhadap pola adaptasi biologis *Rafflesia arnoldii* berdasarkan bukti empiris yang tersedia.

Penelusuran literatur dilakukan secara sistematis melalui beberapa basis data ilmiah bereputasi, meliputi Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, dan Google Scholar. Kata kunci yang digunakan mencakup kombinasi istilah “*Rafflesia arnoldii*”, “holoparasitic plant”, “biological adaptation”, “host–parasite interaction”, dan “conservation”. Penelusuran dibatasi pada artikel jurnal internasional dan nasional terakreditasi yang diterbitkan dalam rentang tahun 2016 hingga 2026 untuk memastikan relevansi dan keterkinian informasi.

Literatur yang diperoleh diseleksi melalui penyaringan judul, abstrak, dan teks lengkap berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang ditetapkan. Artikel yang dipilih merupakan publikasi hasil penelitian atau ulasan ilmiah yang secara langsung membahas adaptasi biologis *Rafflesia arnoldii* atau spesies *Rafflesia* yang relevan, serta kaitannya dengan aspek ekologis dan konservasi. Sumber non-ilmiah, artikel populer, dan publikasi yang tidak memiliki kejelasan metodologis dikecualikan dari analisis.

Analisis data dilakukan secara tematik dan sintesis naratif dengan mengelompokkan temuan berdasarkan pola adaptasi biologis utama dan mengaitkannya dengan tingkat kerentanan serta tantangan konservasi *Rafflesia arnoldii*. Hasil sintesis diinterpretasikan secara kritis untuk menyoroti keterkaitan antara adaptasi ekstrem spesies ini dan kebutuhan akan strategi konservasi yang berbasis pada karakter biologis dan ekologisnya. Pendekatan ini diharapkan dapat menghasilkan pemahaman yang terintegrasi dan relevan bagi pengembangan upaya konservasi *Rafflesia arnoldii* yang berkelanjutan.

Hasil dan Pembahasan

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa *Rafflesia arnoldii* merupakan tumbuhan holoparasit obligat dengan tingkat adaptasi biologis yang sangat ekstrem. Sebagai tumbuhan endemik Indonesia, khususnya Pulau Sumatra dengan Provinsi Bengkulu sebagai salah satu habitat utamanya, *R. arnoldii* sepenuhnya bergantung pada tanaman inang dari genus *Tetrastigma* untuk memperoleh nutrisi dan energi karena ketiadaan daun, batang, akar sejati, serta klorofil (Meliah et al., 2023). Ketergantungan total ini mencerminkan strategi adaptasi evolusioner yang mengorbankan kemampuan fotosintesis demi efisiensi pemanfaatan sumber daya inang dalam lingkungan hutan hujan tropis yang lembap dan relatif stabil.

Adaptasi biologis *R. arnoldii* tidak hanya tercermin pada hubungan parasitiknya dengan inang, tetapi juga pada interaksi mikrobiologis yang menyertainya. Studi terhadap bunga *R. arnoldii* yang mengalami pembusukan menunjukkan keberadaan komunitas bakteri yang beragam, dengan dominasi filum Proteobacteria, diikuti oleh Firmicutes, Bacteroidota, Actinobacteriota, dan Cyanobacteria (Meliah et al., 2023). Isolat bakteri dari berbagai bagian bunga, seperti bract, disk, lobus perigon, proses, dan ramenta, diketahui memiliki kemampuan menghasilkan enzim hidrolitik, termasuk protease dan lipase. Keberadaan bakteri penghasil enzim tersebut mengindikasikan peran mikroorganisme dalam proses dekomposisi jaringan *R. arnoldii*, yang berpotensi berkontribusi pada siklus nutrien di sekitar habitat tumbuhan ini serta memengaruhi interaksi ekologis pasca-mekarnya bunga.

Lingkungan sekitar *R. arnoldii* juga terbukti menjadi sumber mikroorganisme dengan potensi bioaktif. Bakteri *Serratia nematodiphila* yang diisolasi dari tanah rizosfer *R. arnoldii* diketahui mampu menghasilkan pigmen merah prodigiosin dengan aktivitas antioksidan yang signifikan, baik secara in vitro maupun pada tingkat seluler (Hutasoit et al., 2025). Temuan ini menunjukkan bahwa ekosistem *R. arnoldii* tidak hanya unik dari sisi botani, tetapi juga merupakan habitat mikrobiologis yang kaya dan berpotensi tinggi. Dengan demikian, konservasi *R. arnoldii* tidak dapat dilepaskan dari perlindungan komunitas mikroba yang menyertai habitat alaminya.

Dari sisi morfologi, struktur ramenta pada *Rafflesia* memainkan peran penting sebagai karakter adaptif sekaligus taksonomi. *Rafflesia arnoldii* dicirikan oleh tipe ramenta filiform, yang membedakannya dari beberapa kompleks spesies *Rafflesia* lainnya (Susatya et al., 2017). Variasi ramenta, baik dalam bentuk, kepadatan, maupun distribusinya, tidak hanya mencerminkan diferensiasi antarspesies, tetapi juga berpotensi berkaitan dengan adaptasi terhadap kondisi mikrohabitat dan interaksi dengan penyerbuk. Kejelasan terminologi dan klasifikasi ramenta menjadi krusial, tidak hanya untuk kepentingan sistematika, tetapi juga untuk mendukung identifikasi populasi dalam konteks konservasi.

Adaptasi biologis *R. arnoldii* juga tercermin dalam strategi reproduksi dan siklus hidupnya yang panjang serta kompleks. Penelitian lapangan di Bengkulu menunjukkan bahwa siklus hidup lengkap *R. arnoldii* memerlukan waktu antara 3,5 hingga 5 tahun, dengan tingkat mortalitas kuncup yang tinggi, terutama pada fase awal perkembangan (Susatya, 2020). Meskipun pertumbuhan kuncup mengikuti pola eksponensial, hanya sebagian kecil yang berhasil mencapai tahap mekar. Struktur populasi yang dinamis dan rendahnya tingkat rekrutmen kuncup bunga ini menunjukkan bahwa keberhasilan reproduksi *R. arnoldii* sangat rentan terhadap gangguan lingkungan, baik yang bersifat alami maupun antropogenik.

Kerentanan biologis tersebut selaras dengan sejarah panjang kesulitan manusia dalam mempelajari dan melestarikan *R. arnoldii*. Sejak pertama kali dilaporkan pada awal abad ke-19, spesies

ini dikenal sebagai organisme yang sulit dikoleksi, diawetkan, dan dipelajari di luar habitat alaminya karena ukuran bunga yang besar, bau menyengat, serta sifat jaringan yang cepat membusuk (Ayers, 2023). Keterbatasan material historis ini mencerminkan tantangan konservasi yang masih relevan hingga saat ini, di mana keberlangsungan *R. arnoldii* sangat bergantung pada keutuhan habitat alaminya.

Temuan dari pemodelan distribusi spesies semakin menegaskan bahwa adaptasi biologis *R. arnoldii* tidak dapat dilepaskan dari distribusi tanaman inangnya. Pemodelan habitat menggunakan pendekatan Maximum Entropy (MaxEnt) menunjukkan bahwa prediksi kesesuaian habitat *R. arnoldii* berdasarkan distribusi *Tetrastigma* menghasilkan nilai AUC > 0,70, yang menunjukkan kinerja model yang memadai (Renjana et al., 2022). Habitat potensial *R. arnoldii* diprediksi tersebar sepanjang Pegunungan Bukit Barisan dari Lampung hingga Aceh, dengan konsentrasi utama di Lampung, Bengkulu, Sumatra Barat, Sumatra Utara, dan Aceh. Hal ini menegaskan bahwa adaptasi holoparasitik *R. arnoldii* secara langsung membatasi distribusinya pada wilayah yang mendukung pertumbuhan inang dan kondisi lingkungan tertentu.

Faktor lingkungan yang paling berpengaruh terhadap keberadaan *R. arnoldii* dan tanaman inangnya meliputi suhu rata-rata, kemiringan lereng, ketinggian tempat, kandungan karbon organik tanah, serta tipe tanah (Renjana et al., 2022). Meskipun *Rafflesia* dapat ditemukan pada berbagai jenis tanah, spesies ini lebih sering dijumpai pada tanah dengan karakteristik kesuburan dan kelembapan tertentu, seperti Humic Andosols, Humic Acrisols, dan Dystric Cambisols. Ketergantungan terhadap parameter lingkungan yang relatif spesifik ini menunjukkan bahwa adaptasi biologis *R. arnoldii* bersifat sempit (*narrow ecological niche*), sehingga perubahan kecil pada kondisi habitat berpotensi berdampak signifikan terhadap kelangsungan populasinya.

Kajian lapangan di Bengkulu memperkuat temuan tersebut dengan menunjukkan bahwa *R. arnoldii* umumnya ditemukan sangat dekat dengan sumber air dan pada kondisi mikroklimat yang stabil. Observasi menunjukkan keberadaan bunga pada jarak sekitar 12 m dari sumber air, dengan suhu lingkungan 24–25 °C dan kelembapan relatif 80–85 % (Samidjo et al., 2022). Fase perkembangan bunga, mulai dari copula, brakta, hingga perigon mekar, berlangsung dalam rentang waktu yang panjang dan sangat bergantung pada kestabilan lingkungan. Penurunan ukuran mahkota bunga yang dilaporkan dalam penelitian tersebut mengindikasikan adanya tekanan ekologis yang berpotensi memengaruhi kualitas reproduksi *R. arnoldii*.

Hasil serupa juga dilaporkan dari kawasan Pandam Gadang, Sumatra Barat, di mana keberadaan dan kelangsungan hidup *R. arnoldii* dipengaruhi oleh pH tanah yang relatif netral (7–7,8), kelembapan lingkungan yang tinggi (83–91,8%), serta kedekatan dengan aliran sungai (3–27,8 m) (Pranata et al., 2019). Studi ini menunjukkan bahwa *R. arnoldii* hidup secara parasitik pada *Tetrastigma leucostaphyllum* dalam komunitas hutan dengan struktur vegetasi yang kompleks dan keanekaragaman spesies yang tinggi, menegaskan bahwa adaptasi biologisnya tidak hanya terkait dengan inang, tetapi juga dengan struktur ekosistem hutan secara keseluruhan.

Dari perspektif konservasi, pemodelan habitat menunjukkan bahwa sebagian besar habitat potensial *R. arnoldii* berada di luar kawasan konservasi, meskipun sekitar 46 kawasan lindung masih diprediksi memiliki habitat yang sesuai (Renjana et al., 2022). Temuan ini mengimplikasikan bahwa perlindungan *R. arnoldii* tidak dapat hanya bergantung pada kawasan konservasi yang ada, melainkan memerlukan pendekatan berbasis lanskap yang mencakup perlindungan habitat inang, pengelolaan mikrohabitat, serta integrasi hasil pemodelan distribusi spesies dalam perencanaan pengelolaan hutan.

Kajian di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan menunjukkan bahwa meskipun ditemukan 49 individu *Rafflesia*, sekitar 33% di antaranya telah mati, terutama pada lokasi yang dekat dengan akses jalan dan aktivitas manusia (Ramadhani et al., 2017). Kondisi lingkungan yang mendukung keberadaan individu hidup meliputi suhu 25–29 °C, kelembapan sangat tinggi, lereng curam, serta jarak yang dekat dengan sumber air. Temuan ini menegaskan bahwa *R. arnoldii* mampu bertahan pada kondisi lingkungan

yang relatif ekstrem, tetapi tetap sangat rentan terhadap gangguan habitat, bahkan di dalam kawasan konservasi.

Ketergantungan ekologis *R. arnoldii* juga mencakup interaksi dengan penyerbuk, yang sebagian besar berasal dari ordo Diptera, Hymenoptera, dan Coleoptera (Ramadhani et al., 2017). Ketergantungan pada penyerbuk tertentu, dikombinasikan dengan keterbatasan distribusi inang, menunjukkan bahwa keberhasilan reproduksi *R. arnoldii* bergantung pada stabilitas jejaring ekologi yang kompleks, sehingga gangguan terhadap salah satu komponen jejaring tersebut dapat menurunkan keberhasilan regenerasi alami.

Upaya konservasi *Rafflesia* menghadapi tantangan besar karena keterbatasan metode perbanyakan. Hingga saat ini, pencangkokan menggunakan tanaman inang *Tetrastigma* yang telah terinfeksi merupakan satu-satunya metode perbanyakan vegetatif yang terbukti berhasil (Wichaksono et al., 2016). Kultur jaringan masih sangat sulit dilakukan akibat kompleksitas perkembangan holoparasit dan tingginya tingkat kontaminasi, meskipun induksi kalus telah berhasil dicapai. Kondisi ini menegaskan bahwa adaptasi biologis *Rafflesia* yang ekstrem justru membatasi peluang konservasi *ex situ* dan memperkuat pentingnya perlindungan habitat alami.

Struktur vegetasi hutan turut memainkan peran penting dalam menopang keberadaan *R. arnoldii*. Studi di hutan Bukit Pinang Mancuang menunjukkan tingkat keanekaragaman vegetasi pohon yang tinggi ($H' = 3,31$), dengan dominasi famili Phyllanthaceae, Moraceae, Lauraceae, dan Meliaceae (Dimas, 2022). Keanekaragaman vegetasi ini berkontribusi pada kestabilan mikroklimat dan ketersediaan habitat yang mendukung pertumbuhan inang *Tetrastigma*, sehingga secara tidak langsung menopang kelangsungan hidup *R. arnoldii*.

Tingginya mortalitas kuncup juga merupakan ciri kerentanan adaptasi biologis *Rafflesia*. Studi pada *Rafflesia tuan-mudae* menunjukkan bahwa sebagian besar kuncup mati sebelum mencapai fase mekar akibat kombinasi faktor lingkungan, seperti kelembapan udara yang sangat tinggi, kemiringan lereng ekstrem, kematian inang, dan tertimbunnya serasah (Darwati et al., 2025). Pola ini menunjukkan bahwa meskipun genus *Rafflesia* mampu beradaptasi pada relung ekologis yang sempit, keberhasilan perkembangan kuncup sangat sensitif terhadap perubahan mikrohabitat.

Dari sisi perkembangan embrio, adaptasi biologis *Rafflesiaceae* bersifat sangat deterministik. Biji *Rafflesia* tidak berkecambah secara konvensional, melainkan melepaskan sel-sel proembrional ke dalam jaringan inang *Tetrastigma*, yang kemudian berkembang menjadi protokorm dan embrio tanpa fase pembentukan organ tambahan (Lembaga Penelitian Kehutanan Malaysia, 2025). Pola embriogenesis tertutup ini menunjukkan tingkat spesialisasi evolusioner yang tinggi, tetapi sekaligus mengurangi fleksibilitas perkembangan yang umumnya dimiliki tumbuhan berbunga lainnya.

Ketergantungan *Rafflesia* terhadap kondisi edafik tertentu semakin menegaskan sempitnya relung ekologis spesies ini. Studi lintas pulau di Sumatra, Kalimantan, dan Jawa menunjukkan bahwa habitat *Rafflesia* memiliki kemiripan sifat tanah, terutama pH, kandungan karbon dan nitrogen, serta kapasitas tukar kation, meskipun tekstur tanah bervariasi (Siahaan et al., 2024). Informasi edafik ini menjadi dasar penting dalam perencanaan konservasi berbasis habitat, baik untuk perlindungan *in situ* maupun pengembangan strategi konservasi *ex situ* yang lebih realistik.

Secara evolusioner, *Rafflesia* juga menunjukkan penyimpangan ekstrem dari ciri-ciri angiosperma pada umumnya. Hampir seluruh struktur morfolohnya tidak homolog dengan organ angiosperma lain, termasuk ketiadaan karpel, ovarium, dan buah dalam pengertian konvensional (Lembaga Penelitian Kehutanan Malaysia, 2019). Ketidakjelasan hubungan taksonomi ini mencerminkan jalur evolusi yang sangat khusus dan memperkuat pandangan bahwa adaptasi biologis *Rafflesia* merupakan hasil tekanan seleksi jangka panjang yang unik, tetapi sekaligus menjadikannya salah satu kelompok tumbuhan paling rentan terhadap kepunahan.

Keanekaragaman dan sebaran genus *Rafflesia* di Asia Tenggara menunjukkan bahwa tumbuhan holoparasit ini memiliki nilai ekologis sekaligus strategis dalam konservasi hutan hujan tropis. Genus *Rafflesia* hanya ditemukan di kawasan Asia Tenggara dengan pusat keanekaragaman di Indonesia dan Malaysia, yang menjadikannya ikon ekowisata berbasis keanekaragaman hayati (Norhazlini et al., 2021). Namun, pemanfaatan ekowisata tanpa regulasi yang ketat berpotensi meningkatkan tekanan terhadap habitat, terutama melalui gangguan fisik pada kuncup dan degradasi mikrohabitat inang.

Ketidakjelasan hubungan taksonomi dalam genus *Rafflesia* mencerminkan jalur evolusi yang sangat terspesialisasi dan memperkuat pandangan bahwa adaptasi biologis ekstrem pada kelompok ini merupakan hasil tekanan seleksi jangka panjang yang unik, namun sekaligus menempatkannya sebagai salah satu tumbuhan paling rentan terhadap kepunahan. Sebagai holoparasit obligat, *Rafflesia arnoldii* menunjukkan ketergantungan ekologis yang sangat tinggi terhadap faktor biotik dan abiotik habitatnya. Studi lapangan di Ngarai Sianok menunjukkan bahwa spesies ini hanya terdiri atas organ generatif dan sepenuhnya bergantung pada inang *Tetrastigma leucostaphyllum*, dengan populasi yang kecil dan terfragmentasi. Faktor abiotik seperti kelembapan lingkungan, pH tanah, dan diameter inang berkorelasi positif dengan keberadaan dan perkembangan individu *Rafflesia*, menegaskan bahwa perubahan mikrohabitat yang relatif kecil dapat berdampak signifikan terhadap kelangsungan hidup populasi alami (Pranata et al., 2020).

Kerentanan ekologis tersebut diperparah oleh tekanan antropogenik dan lemahnya perlindungan habitat. Sintesis global menunjukkan bahwa sekitar 60% spesies *Rafflesia* berada pada risiko kepunahan kritis, sementara lebih dari dua pertiga habitat alaminya berada di luar kawasan lindung. Ketidakpastian taksonomi, keterbatasan data populasi, serta rendahnya keberhasilan budidaya memperumit upaya konservasi. Oleh karena itu, pendekatan konservasi *Rafflesia* tidak dapat hanya mengandalkan perlindungan habitat, tetapi harus bersifat multipronged, mencakup penguatan taksonomi, pengembangan teknik konservasi ex situ, pemanfaatan ekowisata berbasis konservasi, serta pelibatan aktif masyarakat lokal sebagai aktor utama perlindungan spesies (Malabriga et al., 2025).

Dari sisi reproduksi, tingkat mortalitas *Rafflesia* pada fase awal perkembangan tergolong sangat tinggi. Studi terhadap *Rafflesia consueloae* menunjukkan bahwa lebih dari 77% kuncup mati sebelum mencapai fase mekar, terutama pada tahap pasca-kemunculan dan pembentukan braktea. Pola pembungaan musiman, waktu anthesis yang singkat, serta ketergantungan pada penyerbuk tertentu mengindikasikan bahwa keberhasilan reproduksi alami sangat dipengaruhi oleh stabilitas lingkungan dalam jendela waktu yang sempit, sehingga berkontribusi terhadap rendahnya regenerasi populasi di alam (Tolod et al., 2020).

Pendekatan spasial melalui pemodelan kesesuaian habitat semakin memperjelas batas ekologis *R. arnoldii*. Pemodelan Maxent di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan menunjukkan bahwa hanya sekitar 11% wilayah taman nasional yang tergolong sangat sesuai, dengan karakteristik spesifik seperti curah hujan tinggi, kedekatan dengan sumber air, jarak tertentu dari aktivitas pertanian, serta rentang ketinggian dan suhu yang sempit. Temuan ini menegaskan bahwa *Rafflesia* memiliki relung ekologis yang sangat sempit, sehingga perubahan penggunaan lahan dan fragmentasi hutan secara langsung mengancam keberadaan populasinya (Ellen et al., 2019).

Upaya konservasi ex situ masih menghadapi tantangan besar, khususnya dalam perbanyakan melalui biji. Meskipun teknik pencangkokan inang menunjukkan keberhasilan terbatas, inokulasi biji masih sulit diterapkan secara konsisten. Studi viabilitas biji mengindikasikan bahwa biji *Rafflesia* memiliki potensi hidup yang relatif tinggi, namun variasi morfologi antarspesies serta kompleksitas interaksi fisiologis dengan jaringan inang menjadi kendala utama dalam regenerasi buatan. Hal ini menunjukkan bahwa konservasi *Rafflesia* memerlukan integrasi riset fisiologi biji, biologi inang, dan teknologi perbanyakan lanjutan untuk mendukung pelestarian jangka panjang (Latifah et al., 2017).

Dari sisi biologi molekuler dan evolusi, *Rafflesia* merepresentasikan adaptasi ekstrem tumbuhan berbunga dengan penyederhanaan genom yang drastis, termasuk hilangnya genom kloroplas dan tingginya tingkat *horizontal gene transfer* dari inang *Tetrastigma* (Mursyidah et al., 2023; Wilke, 2024). Karakter evolusioner yang unik ini menjadikan *Rafflesia* sebagai model penting dalam studi evolusi tumbuhan parasit, sekaligus menegaskan kompleksitas upaya budidaya dan konservasi *ex situ*.

Secara ekologi, keberhasilan hidup *R. arnoldii* sangat ditentukan oleh kesesuaian habitat inang dan struktur vegetasi hutan. Penelitian di Sumatra dan Semenanjung Malaysia menunjukkan bahwa kelimpahan kuncup dan individu *Rafflesia* berkorelasi positif dengan ukuran dan kesehatan tanaman inang, kerapatan kanopi sedang, serta kondisi mikroklimat yang stabil, khususnya kelembapan udara dan kedekatan dengan sumber air (Kedri et al., 2018). Gangguan habitat, baik akibat aktivitas manusia maupun faktor alami seperti injakan satwa liar, terbukti menurunkan keberhasilan perkembangan kuncup hingga fase mekar.

Analisis struktur vegetasi pada tingkat pohon dan tumbuhan bawah mengungkap bahwa habitat *R. arnoldii* didukung oleh komunitas tumbuhan hutan yang relatif beragam dan stabil. Dominansi famili Moraceae, Lauraceae, Meliaceae, Rubiaceae, dan Urticaceae berperan penting dalam menjaga kondisi mikrohabitat yang sesuai bagi inang *Tetrastigma* dan perkembangan *Rafflesia* (Sefmaliza & Chairul, 2022). Hal ini menegaskan bahwa konservasi *Rafflesia* tidak dapat dipisahkan dari perlindungan ekosistem hutan secara utuh.

Implikasi konservasi dari keseluruhan temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan tunggal tidak memadai untuk menjaga keberlanjutan *Rafflesia*. Diperlukan strategi multipendekatan yang mencakup perlindungan habitat alami, penguatan kebijakan konservasi, pemanfaatan ekowisata berbasis masyarakat secara terkendali, serta pengembangan konservasi *ex situ* melalui teknik pencangkokan dan eksplorasi fisiologi benih (Kedri et al., 2018; Wilke, 2024). Dengan karakter biologi yang sangat spesifik dan tingkat ancaman yang tinggi, *Rafflesia* layak diposisikan sebagai spesies payung (*umbrella species*) sekaligus ikon konservasi tumbuhan hutan hujan tropis Asia Tenggara.

Kesimpulan

Kajian literatur ini menunjukkan bahwa *Rafflesia arnoldii* merupakan tumbuhan holoparasit obligat dengan adaptasi biologis yang sangat ekstrem, ditandai oleh hilangnya organ vegetatif, ketiadaan klorofil, serta ketergantungan total pada tanaman inang *Tetrastigma* dan kondisi mikrohabitat yang sangat spesifik. Adaptasi ini memungkinkan *R. arnoldii* bertahan pada relung ekologis yang sempit, namun sekaligus menyebabkan tingginya kerentanan terhadap gangguan habitat, perubahan mikroklimat, fragmentasi hutan, serta rendahnya keberhasilan reproduksi alami. Ketergantungan yang kuat terhadap inang, komunitas mikroorganisme, penyebuk, dan struktur vegetasi hutan menegaskan bahwa konservasi *R. arnoldii* tidak dapat dilakukan secara parsial, melainkan harus berbasis ekosistem dan lanskap. Oleh karena itu, strategi konservasi yang efektif perlu mengintegrasikan perlindungan habitat alami, penguatan kawasan lindung, pengelolaan ekowisata secara terkendali, serta pengembangan konservasi *ex situ* yang realistik sebagai pelengkap upaya *in situ*. Penelitian ke depan perlu difokuskan pada pemahaman mekanisme molekuler interaksi *Rafflesia–Tetrastigma*, dinamika populasi jangka panjang, serta pengembangan teknologi perbanyakan yang berbasis fisiologi inang untuk memperkuat konservasi spesies ini secara berkelanjutan.

Referensi

- Ayers, E. (2023). Flesh, “Discovery”, and Loss in Colonial Sumatra: The Case of the Corpse Flower in Eighteenth- and Nineteenth-Century Botany. *Huntington Library Quarterly*, 86(1), 47–72. <https://doi.org/https://doi.org/10.1353/hlq.2023.a927371>
- Darwati, H., Azahra, N., & Destiana. (2025). The Mortality Factor of Rafflesia Buds (*Rafflesia Tuan-Mudae*) in Sungai Betung District, Bengkayang Regency. *Global Forest Journal*, 3(1), 51–58. <https://doi.org/https://doi.org/10.32734/gfj.v3i01.15941>

- Dimas, S. P. (2022). *Komposisi dan Struktur Pohon pada Habitat Flora Langka Rafflesia arnoldii R.Br. di Hutan Bukik Pinang Mancuang, Kamang Mudiak, Agam*. Universitas Andalas.
- Ellen, A., Nasihin, I., & Supartono, T. (2019). Pemetaan Kesesuaian Habitat Rafflesia (Rafflesia arnoldii R.Br) di Taman Nasional Bukit Barisan Selatan. *Konservasi Untuk Kesejahteraan Masyarakat*, 174–183.
- Hutasoit, C. M., Sipriyadi, Budiati, S., & Wahyudi, A. T. (2025). Prodigiosin berasal dari Serratia nematodiphila RR16 sebagai Agen Antioksidan. *Jurnal Penelitian Farmasi Dan Teknologi*, 18(5), 2305–4. [https://doi.org/https://doi.org/10.52711/0974-360X.2025.00330](https://doi.org/10.52711/0974-360X.2025.00330)
- Kedri, F. K., Hamzah, Z., Sukri, N. S., Yaacob, S. H., Majid, N. K. S. A., Mokhtar, N., & Amir, S. F. (2018). Distribution and Ecology of Rafflesia in Royal Belum State Park, Perak, Malaysia. *SPC: International Journal of Engineering & Technology*, 7(2.29), 292–296.
- Latifah, D., Riswati, M. K., Handini, E., & Wawangningrum, H. (2017). Viability Tests on The Seeds of Rafflesia arnoldii R.Br. and R. patma Blume. In *Buletin Kebun Raya* (Vol. 20, Issue 1).
- Lembaga Penelitian Kehutanan Malaysia. (2019). Is Rafflesia An Angiospermae? *JSTOR*, 31(3), 286–297. <https://doi.org/https://doi.org/10.26525/jtfs2019.31.3.286>
- Lembaga Penelitian Kehutanan Malaysia. (2025). The Reproductive Biology of Rafflesiaceae. *Journal of Tropical Forest Science*, 37(2), 131–139. <https://doi.org/https://doi.org/10.26525/jtfs2025.37.2.131>
- Malabriga, P. J., Tobias, A. B., Witono, J., Mursidawati, S., Susatya, A., Siti-Munirah, M. Y., Wicaksono, A., Raihandhany, R., Edwards, S., & Thorogood, C. J. (2025). Most of The World's Largest Flowers (Genus Rafflesia) are Now on The Brink of Extinction. *PPP: Plants People Planet*, 7, 331–346. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10431>
- Melia, S., Purnaningsih, I., Ewaldo, M. F., Sulistiyani, T. R., & Sipriyadi. (2023). Eksplorasi Penghasil Enzim Hidrolitik dari Komunitas Bakteri yang Berada di dalam Tumbuhan Rafflesia arnoldii yang Membusuk. *PROSIDING ISIBIO KE-10 & ISISM KE-13 DALAM RANGKA PERTEMUAN ACM KE-20*, 020025. <https://doi.org/https://doi.org/10.1063/5.0279727>
- Mursyidah, A., Hafizzudin-Fedeli, M., Muhammad, N. A. N., Latiff, A., Firdaus-Raih, M., & Wan, K.-L. (2023). Dissecting the Biology of Rafflesia Species: Current Progress and Future Directions Made Possible with High-Throughput Sequencing Data. *PCP: Plant & Cell Physiology*, 64(4), 368–377. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/pcp/pcad004>
- Norhazlini, M. Z., Latiff, A., Farah, K. K., Nasihah, M., Siti-Munirah, M. Y., & Zulhazman, H. (2021). A review of Species Diversity of Rafflesia in Malaysia. *Malayan Nature Journal*, 73(4), 531–552.
- Pranata, S., Sulistijorini, & Chikmawati, T. (2019). Ecology of Rafflesia arnoldii (Rafflesiaceae) in Pandam Gadang West Sumatra. *Journal of Tropical Life Science*, 9(3), 243–251. <https://doi.org/10.11594/jtls.09.03.05>
- Pranata, S., Sulistijorini, & Chikmawati, T. (2020). Habitat Vegetation of Rafflesia arnoldii (RAFFLESIACEAE) in Panorama Baru Ngarai Sianok West Sumatra. *Journal of Engineering and Health Sciences*, 4, 135–148.
- Ramadhani, D. N., Setiawan, A., & Master, J. (2017). Populasi dan Kondisi Lingkungan Rafflesia arnoldii di Rhino-Camp Resort Sukaraja Atas Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS). *Jurnal Sylva Lestari*, 5(2), 128–141. <https://doi.org/https://doi.org/10.23960/jsl25128-141>
- Renjana, E., Astuti, I. P., Munawaroh, E., Mursidawati, S., Witono, J. R., Yuzammi, Fijridiyanto, I. A., Raharjo, P. D., Solihah, S. M., Robiansyah, I., Cropper, W. P. J., & Yudaputra, A. (2022). Assessing Potential Habitat Suitability of Parasitic Plant: A Case Study of Rafflesia arnoldii and Its Host Plants. *Global Ecology and Conservation*, 34, e02063. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02063>
- Samidjo, G. S., Oktavidiati, E., & Sunaryadi. (2022). Ecophysiology Identification and Flower Morphology of Rafflesia arnoldii at Forest Ecosystem of Bengkulu Province. *4th International Conference of Sustainable Agriculture (ICoSA 2021)*, 985012014. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/985/1/012014>
- Sefmaliza, R., & Chairul. (2022). Composition and Structure of Undergrowth Habitats of Flora Rafflesia arnoldii R.Br. in The Forest of Bukik Pinang Mancuang, Kamang Mudiak, Agam. *Jurnal Biologi*

- Universitas Andalas*, 10(2), 42–46. <https://doi.org/10.25077/jbioua.10.2.42-46.2022>
- Siahaan, F. A., Iryadi, R., & Lestari, D. (2024). Edaphic Characteristics of Rafflesia Habitats in Indonesia: Implications for Conservation and Propagation. *EBSCO*, 9(3), 1. <https://doi.org/https://doi.org/10.22146/jtbb.89231>
- Susatya, A. (2020). Pertumbuhan Kuncup Bunga, Riwayat Hidup, dan Struktur Populasi Rafflesia arnoldii (Rafflesiaceae) di Bengkulu, Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas: Journal of Biology Diversity*, 21, 792–798. <https://doi.org/https://doi.org/10.13057/biodiv/d210247>
- Susatya, A., Hidayati, S. N., Mat-Salleh, K., & Mahyuni, R. (2017). Morfologi Ramenta dan Variasinya pada Rafflesia (Rafflesiaceae). *Flora*, 230, 39–46. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.03.001>
- Tolod, J. R., Galindon, J. M. M., Atienza, R. R., Duya, M. V., Fernando, E. S., & Ong, P. S. (2020). Flower and Fruit Development and Life History of Rafflesia consueloae (Rafflesiaceae). *Philippine Journal of Science*, 150, 321–334.
- Wichaksono, A., Mursidawati, S., Sukamto, L. A., & da Silva, J. A. T. (2016). Rafflesia spp.: Perbanyak dan Konservasi. *Planta: International Journal of Plant Biology*, 244, 289–296. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00425-016-2512-8>
- Wilke, C. (2024). *The Biology of The Enigmatic Corpse Flower Provides Clues to Its Conservation* (Vol. 121, Issue 41). <https://doi.org/https://doi.org/10.1073/pnas.2418824121>