



Ensiklopedia : Adaptasi Struktural Dan Fungsional Organ Reproduksi Pada Tumbuhan Di Lingkungan Ekstrem

Ateng Supriyatna¹, Fikri Iqlilah Gunawan², Alfiah Rahmawati³, Anisa Zahra⁴, Devi Novianti⁵, Hanna Kamilah Suwarna⁶, Maulina Azizah⁷, Musabbih Najil Hakim⁸

Department of Biology, Faculty of Science and Technology UIN Sunan Gunung Djati,
Jl. AH. Nasution 105, Bandung - West Java, Indonesia, 40614
e-mail: fikriiqlilah@gmail.com

Abstract. *Plants living in extreme environments have developed significant adaptations in their reproductive organs to survive and reproduce. These adaptations include structural and functional changes in reproductive organs to overcome harsh environmental challenges such as drought, extreme temperatures, and infertile soil conditions. Examples of these adaptations include cacti with spiny stems and drought-resistant flowers, Arctic willows with their fast flowering times, and pine trees with their vigorous growth and efficient pollen cones. This research explores the mechanisms of plant adaptation in extreme environments, discusses the implications for plant survival and reproduction, and identifies structural and functional changes in reproductive organs in response to environmental stress.*

Keywords: *Adaptation, Plants, Reproductive Organs, Extreme Environments*

Abstrak. *Tumbuhan yang hidup di lingkungan ekstrim telah mengembangkan adaptasi yang signifikan pada organ reproduksi mereka untuk bertahan hidup dan bereproduksi. Adaptasi ini meliputi perubahan struktural dan fungsional pada organ reproduktif untuk mengatasi tantangan lingkungan yang keras seperti kekeringan, suhu ekstrim, dan kondisi tanah yang tidak subur. Contoh adaptasi ini termasuk kaktus dengan batang yang berduri dan bunga tahan kekeringan, Arctic willow dengan waktu berbunga yang cepat, serta pohon pinus dengan pertumbuhan yang kuat dan kerucut serbuk sari yang efisien. Penelitian ini mengeksplorasi mekanisme adaptasi tumbuhan di lingkungan ekstrim, mendiskusikan implikasi kelangsungan hidup dan reproduksi tumbuhan, serta mengidentifikasi perubahan struktural dan fungsional pada organ reproduksi sebagai respons terhadap tekanan lingkungan..*

Keywords: *Adaptasi, Tumbuhan, Organ Reproduksi, Lingkungan Ekstrem*

PENDAHULUAN

Perubahan iklim serta perkembangan teknologi mengakibatkan perubahan lingkungan. Perubahan ini, menciptakan kondisi yang ekstrim untuk tempat tinggal suatu organisme salah satunya tumbuhan. Lingkungan dengan karakteristik yang lembab, kering, serta kurang pencahayaan dan tanah dengan derajat keasaman yang tinggi merupakan beberapa kondisi lingkungan yang ekstrim untuk tumbuhan (Pratiwi, 2019). Tumbuhan merupakan bagian integral dari ekosistem, dan kemampuan mereka untuk bertahan hidup dan berkembang biak di lingkungan ekstrim memegang peran krusial dalam menjaga keberlanjutan ekosistem tersebut. Adaptasi struktural dan fungsional pada organ reproduktif tumbuhan di lingkungan ekstrim menjadi faktor penting yang memungkinkan kelangsungan hidup dan reproduksi spesies tersebut.

Setiap tumbuhan memiliki karakteristik adaptasi yang berbeda-beda dalam menghadapi kondisi lingkungan yang ekstrim seperti stress lingkungan terhadap salinitas, panas, kekeringan, genangan, logam berat, dan faktor nutrient. Stress lingkungan menjadi salah satu faktor pembatas dalam produktivitas tumbuhan yang kemudian dapat meningkatkan kegagalan panen dan mengancam sektor agrikultur dunia (Mahajan dkk, 2020). Selain mengancam tanaman pangan, hal tersebut juga berpengaruh terhadap tumbuhan obat karena metabolit sekunder yang dihasilkan oleh tumbuhan tergantung pada kondisi lingkungan, baik oleh faktor biotik maupun abiotik. Oleh karena itu, tumbuhan melakukan upaya untuk bertahan hidup melalui mekanisme adaptasi (Akmalia, 2021).

Penyesuaian diri terhadap lingkungan atau yang sering disebut sebagai adaptasi dapat dikelompokkan menjadi empat jenis yaitu adaptasi secara anatomi, adaptasi secara morfologi, adaptasi perilaku, dan adaptasi secara fisiologi. Adaptasi morfologi mencakup penyesuaian pada struktur luar tumbuhan, yang terlihat dari bentuk dan susunan organ tubuh yang mudah diamati. Adaptasi perilaku tercermin dalam tingkah laku makhluk hidup untuk sesuai dengan lingkungannya. Sementara itu, adaptasi fisiologi melibatkan penyesuaian fungsi alat tubuh bagian dalam makhluk hidup terhadap lingkungannya. Di sisi lain, adaptasi anatomi berkaitan dengan penyesuaian struktur bagian dalam tumbuhan (Pratiwi, 2019).

Berdasarkan penelitian Pratiwi (2019), Spider plants (*Lili paris*) yang terpapar cahaya kurang menunjukkan keberadaan batang dengan epidermis dan ikatan pembuluh yang tersebar di seluruh batang, khususnya di wilayah yang berdekatan dengan kulit batang. Pembuluh floem bersisian dengan floem. Daun tanaman ini memiliki 180 stomata, termasuk dalam kategori stomata yang banyak. Stomata yang diamati termasuk tipe anomositik atau ranunculaceae. Kehadiran stomata di epidermis bawah lebih dominan, sementara epidermis atas diyakini tidak memiliki stomata karena minimnya cahaya yang mencapai tanaman Lili paris. Pada akar, epidermis berperan sebagai jalur masuk air dan garam mineral, dan secara umum, korteks masih hadir sebagai bagian organ akar.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian kali ini metode yang digunakan berdasarkan sumber literatur dan dijelaskan secara deskriptif sehingga hasil akan berupa berbagai penelitian - penelitian yang telah ada terkait dengan Adaptasi Struktural dan Fungsional Organ Reproduksi pada Tumbuhan di Lingkungan Ekstrem. Berdasarkan dari salah satu penelitian yang dilakukan oleh Rina (2019), dengan menggunakan salah satu jenis tumbuhan yang kemudian diamati pada bagian akar, daun dan batangnya. Kemudian organ - organ tersebut dilakukan penyayatan

secara melintang dan dibuat preparat untuk diamati bagian selnya. Dari spesimen tersebut secara fisiologis tumbuhan akan memberikan suatu respon yang berpengaruh terhadap bentuk struktur dari organ karena melakukan penyesuaian terhadap cekaman lingkungan ekstrim.

Adapun jika penelitian dilakukan secara pengumpulan database yang terdapat di literature lainnya seperti yang telah dilakukan oleh Hafida (2021), dengan melakukan pengumpulan database terkait suatu jenis atau spesies tanaman yang kemudian dari database tersebut dapat diketahui karakteristik dari respon adaptasi dan anatomis yang ada terkait hubungan cekaman lingkungan yang ekstrim pada organ - organ tumbuhan yang ada. Pengamatan terkait respon suatu faktor lingkungan terhadap organ tentunya akan memerlukan penelitian dan pengamatan terkait dua hal antara lingkungan dan tumbuhan secara berhubungan.

PEMBAHASAN

Perbandingan Struktur Organ Reproduksi pada Tumbuhan di Lingkungan Ekstrim dan Non-Ekstrim

Lingkungan menjadi aspek yang sangat penting karena dapat mempengaruhi struktur organ, sifat adaptasi, dan toleransi tumbuhan (Mutaqin, 2014). Pada tanaman yang hidup di lingkungan normal (non-ekstrim), tumbuhan memiliki struktur reproduksi yang cenderung umum seperti bunga yang lengkap. Bunga merupakan struktur reproduksi krusial dan sangat penting yang dimiliki oleh tumbuhan untuk memfasilitasi proses reproduksi menggunakan organ putik dan benang sari. Secara botani, bunga dapat dikatakan bagian tumbuhan untuk menghasilkan biji setelah proses penyerbukan dan pembuahan berlangsung (Syahadat, 2022).

Sedangkan pada tumbuhan yang hidup di lingkungan ekstrim, cenderung menggunakan metode reproduksi secara aseksual seperti tunas, rimpang, atau bulb yang memungkinkan untuk dapat membantu proses penyerbukan (Purwati, 2008). Pertumbuhan tunas terjadi pada tumbuhan dengan adanya pemanjangan pucuk yang memiliki sel meristematik dan dibantu pula oleh hormon sitokinin untuk dapat merangsang pembelahan (Arimbawa, 2016). Rimpang adalah modifikasi batang pada tumbuhan yang menjalar dibawah permukaan tanah serta dapat menghasilkan akar dan tunas baru (Feberian, 2022).

Pada adaptasi tanaman kaktus (*Cactus sp.*) Struktur Adaptasinya berupa Struktur Berduri pada Batang karena Kaktus memiliki batang yang diadaptasi sebagai organ fotosintesis dan penyimpanan air. Taju dan bulu-bulu pada batangnya membantu mengurangi penguapan air serta melindungi tumbuhan dari predator. Sedangkan untuk fungsi adaptifnya ada pada Penyimpanan Air, dimana Struktur berduri pada batang kaktus membantu dalam penyimpanan

air dalam jumlah besar. Ini memungkinkan kaktus untuk bertahan hidup di lingkungan gurun yang kering.

Interpretasi Fungsi Adaptif dari Perubahan Struktur Organ Reproduksi

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Pratiwi (2019), Pada tanaman Soka yang tumbuh pada daerah dengan cahaya yang minim, ditemukan adaptasi di daun dengan adanya trikoma dan jumlah serta ukuran stomata yang beragam. Jumlah stomata yang ditemukan sebanyak 180, jumlah ini termasuk banyak. stomata merupakan bagian dari tumbuhan yang memiliki peran dalam pertukaran gas pada proses respirasi dan alat untuk adaptasi. Pada bagian epidermis daun tumbuhan ini tidak ditemukan adanya stomata sebagai bentuk adaptasi dari lingkungannya yang minim cahaya. Hal ini disebabkan oleh paparan cahaya matahari yang minim akan mengurangi laju fotosintesis yang dapat berpengaruh pada perluasan daun dan sebaran stomata pada epidermisnya.

Menurut Mutaqin (2014), tumbuhan yang tumbuh di tempat yang kering serta penyinaran yang tinggi akan memiliki kerapatan stomata yang lebih besar dibandingkan dengan tumbuhan yang tumbuh di daerah sebaliknya. Frekuensi stomata juga dapat dipengaruhi oleh kondisi penyinaran yang tinggi, kelembaban yang rendah, serta temperatur yang tinggi. Adaptasi lainnya bisa berupa memindahkan waktu pembungaan ke waktu yang lebih dingin misalnya malam hari. Beberapa tumbuhan di lingkungan kering menyesuaikan waktu berbunga mereka untuk menarik polinator pada waktu yang lebih dingin, seperti malam hari, untuk mengurangi penguapan air selama siang hari. Biji tumbuhan yang berada di lingkungan kering membentuk suatu lapisan yang melindungi embrio dari kekeringan dan mempermudah proses dormansi biji hingga lingkungan tumbuh menjadi lebih menguntungkan.

Implikasi Adaptasi Terhadap Keberlangsungan Hidup dan Reproduksi Tumbuhan di Lingkungan Ekstrem

Adaptasi tumbuhan terhadap lingkungan ekstrim memiliki implikasi yang signifikan terhadap kelangsungan hidup dan reproduksinya. Ketika tumbuhan beradaptasi dengan lingkungan yang keras, seperti gurun, pegunungan tinggi, atau daerah yang sangat dingin, organ reproduksi mereka sering mengalami perubahan struktural dan fungsional yang memungkinkan tumbuhan untuk tetap bereproduksi. Berikut ini beberapa implikasi adaptasi terhadap kelangsungan hidup dan reproduksi tumbuhan di lingkungan ekstrim :

1. Ketahanan Terhadap Stres Lingkungan : Tumbuhan di lingkungan ekstrim menghadapi stres lingkungan yang tinggi seperti kekeringan, suhu ekstrem, atau tanah yang tidak

subur. Adaptasi pada organ reproduksi memungkinkan tumbuhan untuk bertahan hidup dan bereproduksi di kondisi ini. Sebagai contoh, tumbuhan gurun seperti kaktus memiliki struktur yang dapat menyimpan air dalam jumlah besar untuk bertahan hidup dalam kondisi kekeringan yang ekstrim (Pugnaire & Valladares, 2007)

2. Penyesuaian Waktu Berbunga dan Pembuahan : Tumbuhan sering mengatur waktu berbunga dan pembuahan sesuai dengan kondisi lingkungan. Misalnya, beberapa tumbuhan di daerah beriklim dingin membutuhkan waktu yang singkat untuk berbunga dan berbuah sebelum musim dingin tiba kembali. Hal ini memungkinkan mereka untuk menyelesaikan siklus hidupnya dalam waktu yang singkat (Adam, 2019).
3. Penggunaan Vektor Pembuahan yang Berbeda : Tumbuhan di lingkungan ekstrim mungkin menggunakan vektor pembuahan yang berbeda. Beberapa tumbuhan mungkin mengandalkan angin, serangga, atau hewan lainnya untuk membantu dalam penyebaran serbuk sari atau biji, tergantung pada ketersediaan sumber daya yang ada (Adam, 2019).
4. Pengurangan Investasi Energi dalam Produksi Bunga dan Buah : Tumbuhan di lingkungan ekstrim mungkin membatasi produksi bunga dan buah yang memerlukan investasi energi yang tinggi. Sebaliknya, mereka mungkin fokus pada reproduksi aseksual atau mengurangi produksi organ reproduksi untuk bertahan hidup dalam kondisi sulit (Khan, M.A et al 2018).

Contoh dari Kejadian ini dapat berdampak pada beberapa tumbuhan diantaranya :

1. Adaptasi Struktural pada Kaktus (*Cactus sp*) menurut Alsos et al (2013) :
 - Struktur Berduri pada Batang: Kaktus memiliki batang yang diadaptasi menjadi organ fotosintesis. Batangnya dilengkapi dengan taju dan bulu-bulu yang membantu mengurangi penguapan air serta melindungi tumbuhan dari predator.
 - Bunga yang Tahan Kekeringan: Bunganya memiliki struktur khusus yang mampu mempertahankan air dan mengurangi penguapan. Selain itu, bunga kaktus seringkali berukuran kecil dan muncul dengan cepat setelah hujan, memaksimalkan peluang untuk penyerbukan.
2. Adaptasi Fungsional pada Arctic Willow (*Salix arctica*) menurut Forbes et al (2016) :
 - Waktu Berbunga yang Cepat: Arctic willow memiliki adaptasi untuk berbunga dan menghasilkan biji dalam waktu yang sangat singkat setelah musim dingin yang pendek. Ini memungkinkan mereka untuk bereproduksi dengan cepat sebelum musim dingin kembali.

- **Penyerbukan Sendiri:** Tumbuhan ini memiliki kemampuan untuk melakukan penyerbukan mandiri, memungkinkan mereka untuk bereproduksi bahkan dengan jumlah serangga penyerbuk yang terbatas di lingkungan kutub.

KESIMPULAN

Tumbuhan yang hidup di lingkungan ekstrim telah mengalami adaptasi struktural dan fungsional pada organ reproduksi mereka untuk bertahan hidup dan bereproduksi di kondisi lingkungan yang keras. Adaptasi ini berupa perubahan pada struktur dan fungsi organ reproduksi seperti bunga, batang, dan bagian lainnya guna mengatasi tantangan lingkungan yang meliputi kekeringan, suhu ekstrem, dan kondisi tanah yang tidak subur.

Adaptasi tumbuhan terhadap lingkungan ekstrim memberikan implikasi signifikan terhadap kelangsungan hidup dan reproduksi mereka. Tumbuhan ini menunjukkan penyesuaian dalam berbunga, pembuahan, serta penggunaan vektor pembuahan yang berbeda. Selain itu, ada pengurangan investasi energi dalam produksi bunga dan buah untuk bertahan hidup dalam kondisi yang sulit. Contohnya, kaktus memiliki batang berduri yang mengurangi penguapan air dan bunga tahan kekeringan, sementara Arctic willow memiliki waktu berbunga yang cepat dan kemampuan penyerbukan mandiri.

Adaptasi tumbuhan, baik secara struktural maupun fungsional pada organ reproduksi, menjadi kunci dalam kelangsungan hidup spesies di lingkungan ekstrim. Memahami adaptasi ini penting untuk memprediksi bagaimana tumbuhan akan berevolusi dalam menghadapi perubahan lingkungan yang terus menerus, terutama dalam konteks perubahan iklim dan perkembangan teknologi yang dapat memengaruhi kondisi lingkungan secara global.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, R. P. (2019). *Desert Terrestrial Ecosystems*. Academic Press.
- Akmalia, H. A. (2021). Adaptasi Anatomis Tumbuhan Terhadap Perbedaan Stress Lingkungan. *STIGMA: Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Unipa*, 14(01), 18-27.
- Alsos, I.G. et al. (2013). *Poleward Bound: Biological Impacts of a Rapidly Changing Arctic*. One Ecosystem 2016.
- Arimbawa, I. W. P., (2016). *Dasar-Dasar Agronomi*. Denpasar : Universitas Udayana.
- Feberian, Y., & Fitriati, D. (2022). Klasifikasi Rimpang Menggunakan Convolution Neural Network. *Journal of Informatics and Advanced Computing (JIAC)*, 3(1), 10-14.
- Forbes, B.C. et al. (2016). *Arctic Biodiversity Assessment: Status and Trends in Arctic Biodiversity*. Conservation of Arctic Flora and Fauna.

- Hafidha, A. (2021). Adaptasi Anatomis Tumbuhan Terhadap Perbedaan Stress Lingkungan. *STIGMA*, 14(1).
- Khan, M. A., & Ungar, I. A. (Eds.). (2018). *Ecophysiology and Responses of Plants under Salt Stress*. Springer.
- Mahajan, M., Kuiry, R., & Pal, P. K. (2020). Understanding the consequence of environmental stress for accumulation of secondary metabolites in medicinal and aromatic plants. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 18, 100255.
- Mutaqin, A. Z. 2014. Adaptasi Mangrove Cerips tangal L. Terhadap Cahaya di Bedul dan Grajagan Taman Nasional Alas Purwo. *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Environmental, and Learning*, 11(1), 279-283
- Pratiwi, R. H. (2019, December). Studi adaptasi tumbuhan secara anatomi terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim. In *Symposium on Biology Education (Symbion) (Vol. 2)*.
- Pugnaire, F. I., & Valladares, F. (Eds.). (2007). *Functional Plant Ecology*. CRC Press.
- Purwati, P., dan Dwiono, S. A. P. (2008). Reproduksi Aseksual Sebagai Alternatif Pemulihan Populasi Teripang. *Ilmu Kelautan*. 13 (1) : 37 – 42.
- Rina, H. P. (2019). Studi adaptasi tumbuhan secara anatomi terhadap kondisi lingkungan yang ekstrim. *Prosiding Symbion (Symposium on Biology Education)*, 1 (1).
- Syahadat, R. M., Saleh, I., & Christalista, A. A. F. A. (2022). Tren riset pascapanen edible flower. *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, 1(2), 488-497.