

KARAKTERISTIK STOMATA DAN KUTIKULA TANAMAN KARET (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.) ASAL EMBRIOGENESIS SOMATIK

*Stomatal and Cuticular Characteristics of Rubber Plants (Hevea brasiliensis Muell Arg.)
Derived from Somatic Embryogenesis*

Andrea Akbar dan Fetrina Oktavia

Pusat Penelitian Karet
Pusat Penelitian Karet, Jl. Palembang – Pangkalan Balai Km. 29, Banyuasin 30953, Indonesia
Email:andreaakbar12@gmail.com

Diterima 5 Desember 2025 / Direvisi 27 Januari 2026 / Disetujui 8 April 2026

Abstrak

Embriogenesis somatik adalah proses pembentukan embrio tanaman yang berasal dari sel somatik (sel tubuh), bukan dari hasil pembuahan (zigot), dan biasanya terjadi secara in vitro dalam kondisi kultur jaringan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi kerapatan stomata dan ketebalan kutikula pada beberapa klon tanaman karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) hasil embriogenesis somatik dibandingkan klon PB 260, IRR 112, dan RRIC 100. Sampel daun diambil dari kebun entres Pusat Penelitian Karet pada Juli 2025. Preparasi stomata dilakukan menggunakan metode replika, sedangkan preparasi kutikula menggunakan metode irisan tangan. Pengamatan dilakukan menggunakan mikroskop cahaya CX33 dan kamera digital Olympus EP50. Kerapatan stomata dihitung per mm², sementara ketebalan kutikula diukur dengan aplikasi EPview 1.2. Hasil menunjukkan semua klon memiliki stomata bertipe anomositik dengan distribusi hipostomatik. Kerapatan stomata tertinggi terdapat pada klon RRIC 100 (231/mm²), diikuti IRR 112 (198/mm²), SE (176/mm²), dan PB 260 (175/mm²). Sebaliknya, ketebalan kutikula tertinggi ditemukan pada klon SE (10,27 µm), diikuti PB 260 (9,48 µm), RRIC 100 (9,44 µm), dan IRR 112 (7,64 µm). Variasi anatomi ini menunjukkan perbedaan karakter fisiologis antar klon, tetapi hubungan dengan efisiensi penggunaan air atau toleransi

cekaman tidak diuji dalam penelitian ini. Oleh karena itu, temuan ini hanya memberikan indikasi awal bahwa kerapatan stomata dan ketebalan kutikula berpotensi memengaruhi respons tanaman terhadap kondisi lingkungan, yang memerlukan konfirmasi melalui penelitian lanjutan di bawah kondisi cekaman terkontrol.

Kata kunci: *Hevea brasiliensis*, tanaman karet, morfologi daun, klon

Abstract

Somatic embryogenesis is the process of forming plant embryos derived from somatic (body) cells, rather than from fertilization (zygotes), and it usually occurs in vitro under tissue culture conditions. This study aimed to characterize stomatal density and cuticle thickness in several rubber tree (Hevea brasiliensis Muell. Arg.) clones derived from somatic embryogenesis (SE) compared to PB 260, IRR 112, and RRIC 100 clones. Leaf samples were collected from the rubber research center's scion garden in July 2025. Stomatal impressions were prepared using the replica method, while cuticle sections were prepared using the freehand section technique. Observations were conducted using a CX33 light microscope and an Olympus EP50 digital camera. Stomatal density was calculated per mm², whereas cuticle thickness was measured with EPview 1.2 software. Results showed that all clones exhibited anomocytic stomata with hypostomatic distribution. The highest stomatal density was recorded in RRIC 100

(231/mm²), followed by IRR 112 (198/mm²), SE (176/mm²), and PB 260 (175/mm²). Conversely, the thickest cuticle was found in SE clones (10.27 μ m), followed by PB 260 (9.48 μ m), RRIC 100 (9.44 μ m), and IRR 112 (7.64 μ m). These anatomical differences indicate physiological variation among clones, but their relationship with water-use efficiency or stress tolerance was not assessed in this study. Therefore, the findings provide preliminary insights suggesting that stomatal density and cuticle thickness may influence plant responses to environmental conditions, warranting further investigation under controlled stress treatments.

Keywords: *Hevea brasiliensis*, rubber plant, leaf morphology, characteristic

Pendahuluan

Tanaman karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) merupakan komoditas perkebunan strategis yang memiliki peran penting dalam penyediaan bahan baku lateks untuk berbagai industri. Upaya peningkatan produktivitas tanaman karet tidak hanya dilakukan melalui perbaikan teknik budidaya, tetapi juga melalui pengembangan metode perbanyakan tanaman yang lebih efisien, salah satunya melalui embriogenesis somatik (ES). Teknik embriogenesis somatik memungkinkan diperolehnya bibit dengan kualitas genetik seragam dan potensi pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan metode konvensional (Jayasree *et al.*, 1999; Li *et al.*, 2023).

Embriogenesis somatik adalah proses pembentukan embrio tanaman yang berasal dari sel somatik (sel tubuh), bukan dari hasil pembuahan (zigot), dan biasanya terjadi secara *in vitro* dalam kondisi kultur jaringan (Fehér, 2015). Embriogenesis somatik merupakan salah satu teknologi penting untuk pengembangan bahan tanam karet di masa depan (Mignon & Werbrouck, 2018). Tanaman hasil embriogenesis somatik dikenal sebagai *self-rooting juvenile clones* karena memiliki perakaran sendiri, sehingga tidak mengalami ketidaksesuaian antara batang bawah dan batang atas serta tetap mempertahankan tingkat juvenilitas yang

tinggi. Kondisi ini berpotensi meningkatkan pertumbuhan dan produksi lateks pada tanaman karet (Gireesh *et al.*, 2012).

Namun, bibit hasil embriogenesis somatik sering menunjukkan perbedaan karakter fisiologis dan morfologis dibandingkan bibit hasil perbanyakan generatif atau konvensional. Pada tanaman karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.), perbedaan karakter morfologis dan fisiologis pada bibit hasil embriogenesis somatik berkaitan dengan proses regenerasi *in vitro* yang melibatkan induksi kalus dan diferensiasi embrio somatik di bawah pengaruh zat pengatur tumbuh. Kondisi tersebut dapat memodifikasi pola perkembangan sistem perakaran dibandingkan embrio zigotik, sehingga menghasilkan variasi morfologi akar, seperti arsitektur perakaran, jumlah akar lateral, dan dominansi akar primer (Montoro *et al.*, 2012). Perubahan morfologi akar tersebut selanjutnya memengaruhi fungsi fisiologis akar, terutama dalam penyerapan air dan unsur hara serta kemampuan adaptasi bibit karet pada tahap aklimatisasi dan pertumbuhan awal di lapangan (Lardet *et al.*, 2009).

Selain itu, stomata dan kutikula sebagai bagian penting dari sistem epidermis daun memegang peran sentral dalam proses fisiologis, termasuk pertukaran gas, transpirasi, dan perlindungan terhadap cekaman lingkungan (Esau, 1977; Fahn, 1990). Variasi dalam kerapatan, ukuran, dan struktur stomata serta ketebalan kutikula dapat memengaruhi efisiensi fotosintesis, kemampuan adaptasi terhadap lingkungan, dan ketahanan terhadap stres biotik maupun abiotik (Taiz & Zeiger, 2010). Perbedaan karakter anatomi daun, seperti kepadatan stomata dan perkembangan kutikula antar klon, berhubungan erat dengan kemampuan pengaturan transpirasi dan adaptasi terhadap cekaman kekeringan. Klon dengan pengendalian stomata yang lebih baik dan struktur kutikula yang lebih berkembang menunjukkan strategi konservasi air yang lebih efektif (Carr, 2012; Surapaneni *et al.*, 2020). Oleh karena itu, karakterisasi stomata dan kutikula pada tanaman karet hasil

embriogenesis somatik penting dilakukan untuk memahami implikasinya terhadap kondisi fisiologis tanaman.

Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan di kebun entres dan Laboratorium Proteksi Tanaman Pusat Penelitian Karet, pada bulan Juli tahun 2025. Sampel penelitian berupa daun dari tanaman karet asal *Somatic Embryogenesis*, klon PB 260, klon IRR 112, dan klon RRIC 100. Daun yang digunakan adalah daun sehat dan bebas penyakit yang diambil dari karangan daun (payung), dengan masing-masing klon diambil 10 sampel daun.

Pembuatan Preparat Stomata

Metode yang digunakan dalam pembuatan preparat stomata mengacu pada Haryanti (2010), yaitu metode replika. Daun dicuci bersih dan dikeringkan menggunakan tisu. Kutek bening dioleskan pada bagian bawah, tengah dan ujung bagian abaksial daun, kemudian dikering anginkan. Kemudian selotip bening ditempelkan pada bagian daun yang sudah diolesi kutek, lepas selotip perlahan-lahan dan tempelkan pada gelas benda untuk diamati. Tahapan pembuatan preparat stomata disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pembuatan preparat stomata

Pengamatan Kerapatan Stomata

Kerapatan stomata diukur dengan cara menghitung jumlah stomata yang diamati pada setiap bidang pandang. Kemudian hasil yang diperoleh dikonversikan ke dalam 1 mm^2 . Perbesaran yang digunakan dalam pengamatan ini adalah 20x. Pengamatan dan dokumentasi stomata dilakukan dengan menggunakan mikroskop cahaya CX33 dan kamera mikroskop digital Olympus EP50. Rumus untuk menghitung kerapatan stomata mengacu pada Willmer & Fricker (1996) yaitu sebagai berikut:

$$KS = \frac{\text{Jumlah Stomata}}{\text{Luas bidang pandang}/\text{mm}^2} \quad (1)$$

dengan KS menyatakan kerapatan stomata (jumlah stomata per mm^2).

Pembuatan Preparat Kutikula

Pengambilan sampel kutikula dilakukan menggunakan metode *free hand section* (Ribeiro & Leitão, 2020). Daun dipotong berukuran $\pm 1 \text{ mm}$, kemudian dijepit pada media penyangga berupa kentang. Selanjutnya, dibuat irisan melintang setipis mungkin hingga diperoleh lapisan kutikula. Sampel hasil irisan tersebut dimasukkan ke dalam cawan petri berisi akuades. Irisan yang paling tipis kemudian dipilih, diletakkan di atas kaca preparat, ditetesi akuades, dan ditutup dengan kaca penutup.

Pengamatan Ketebalan Kutikula

Ketebalan kutikula diukur dengan aplikasi EPview 1.2 yang diamati pada setiap bidang pandang. Pengukuran dilakukan dengan mengambil 3 titik pengukuran pada satu

bidang pandang, lalu dirata-ratakan untuk mendapatkan tebal kutikula pada daun. Perbesaran yang digunakan dalam pengamatan ketebalan kutikula adalah 100x. Pengamatan dan dokumentasi stomata dilakukan dengan menggunakan mikroskop cahaya CX33 dan kamera mikroskop digital Olympus EP50.

Uji Statistik

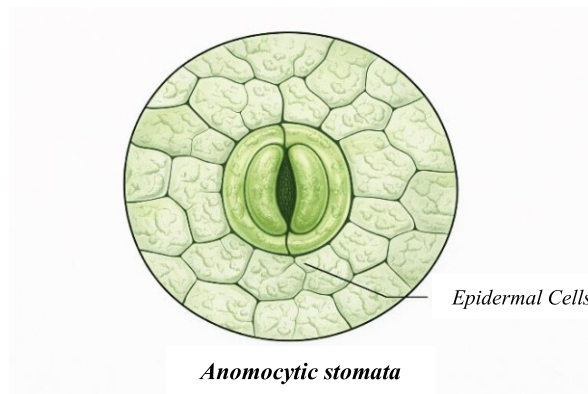
Data hasil pengamatan dianalisis secara statistik menggunakan analisis ragam (ANOVA) berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan satu faktor, yaitu klon, yang terdiri atas tiga ulangan. Apabila hasil ANOVA menunjukkan pengaruh yang signifikan, analisis dilanjutkan dengan uji beda nilai tengah menggunakan Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf signifikansi 5%. Seluruh analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak R Studio.

Hasil dan Pembahasan

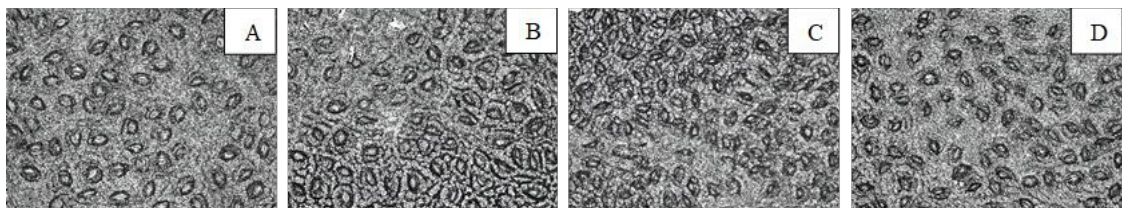
Karakteristik Anatomi Stomata

Setiap klon memiliki distribusi stomata daun karet yang bersifat hipostomatik yang berarti stomata hanya terdapat di bagian bawah (abaxial) daun (Gambar 2). Hasil pengamatan menunjukkan tipe stomata berdasarkan susunan sel epidermis yang berdekatan dengan sel tetangga adalah tipe anomositik (Gambar 3), yaitu stomata dikelilingi oleh sel epidermis yang tidak berbeda dengan sel lain di sekitarnya dan tanpa susunan khusus (Evert, 2006).

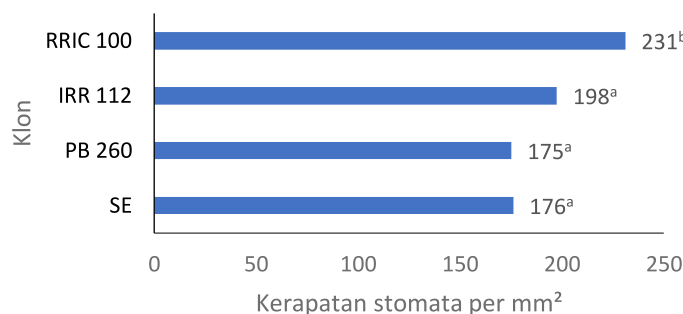
Hasil pengamatan dibawah mikroskop cahaya menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata dalam kerapatan stomata (Gambar 4). Kerapatan stomata tertinggi terdapat pada klon RRIC 100 (231/mm²), diikuti IRR 112 (198/mm²), SE (176/mm²) dan kerapatan stomata terendah terdapat pada klon PB 260 (175/mm²). Menurut Haryanti (2010)



Gambar 2. Stomata Anomositik (Obembe, 2015)



Gambar 3. Stomata SE (A), PB 260 (B), IRR 112(C), dan RRIC 100 (D).



Gambar 4. Kerapatan stomata setiap klon

Tabel 1. Kerapatan stomata per mm² pada berbagai klon karet

Klon	Kerapatan stomata pada sisi daun			Rata-rata (/mm ²)
	Pangkal (/mm ²)	Tengah (/mm ²)	Ujung (/mm ²)	
SE	153	186	189	176 ^a
PB 260	165	171	189	175 ^a
IRR 112	181	228	184	198 ^a
RRIC 100	207	265	221	231 ^b

Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji lanjut Duncan 5%.

Kerapatan stomata dalam rentang 101-200 diklasifikasikan kedalam kelompok banyak, sedangkan kerapatan stomata dalam rentang 201-300 tergolong sangat banyak. Laju fotosintesis dan transpirasi sangat berhubungan kerapatan stomata. Kerapatan stomata yang tinggi dapat meningkatkan serapan CO₂ tetapi berpotensi meningkatkan laju kehilangan air (Hughes *et al.*, 2017; Wang *et al.*, 2016). Hasil ini sejalan dengan Franks *et al.* (2015) yang melaporkan bahwa kerapatan stomata memengaruhi efisiensi penggunaan air dan laju pertumbuhan tanaman. Karakter anatomi, seperti ketebalan kutikula dan kerapatan stomata dapat menjadi penanda dalam penilaian cekaman kekeringan (Pasaribu *et al.*, 2022).

Kerapatan stomata berhubungan dengan ketahanan terhadap kekeringan, dimana jumlah stomata menurun untuk mengurangi kehilangan air selama proses transpirasi (Hidayati *et al.*, 2017). Aktivitas stomata juga

berkurang saat terjadi cekaman kekeringan (Salsinha *et al.*, 2021). Sel tanaman dapat beradaptasi dengan menurunkan potensi air, sementara intensitas pertukaran karbon dioksida (CO₂) pada jaringan parenkim palisade maupun spons menurun sehingga menghambat pertumbuhan dan menurunkan laju fotosintesis (Zhou & Shao, 2008).

Berdasarkan Tabel 1. Pola distribusi menunjukkan bahwa sisi tengah daun umumnya memiliki kepadatan stomata tertinggi, sebagaimana terlihat pada klon RRIC 100 (265/mm²) dan IRR 112 (228/mm²), sementara sisi pangkal dan ujung memiliki nilai lebih rendah. Menurut Harrison *et al.* (2020), pola distribusi stomata, termasuk rasio stomata antara permukaan adaksial dan abaksial, kerapatan stomata, serta pola penyebarannya, memiliki pengaruh penting terhadap proses fisiologis tanaman. Distribusi stomata di kedua permukaan daun (*amphistomy*) umumnya meningkatkan

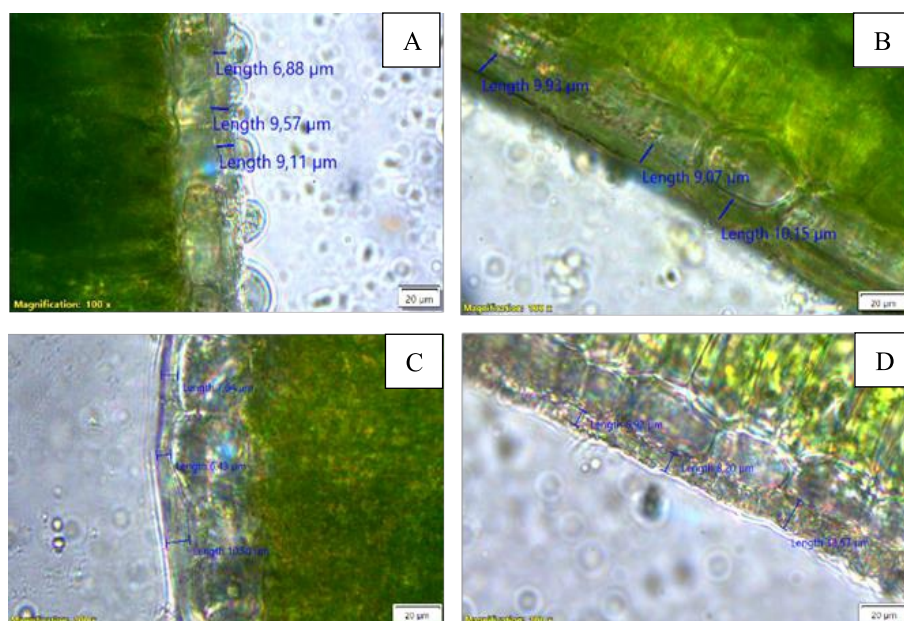
penyerapan CO_2 dan konduktansi stomata maksimum, terutama pada kondisi intensitas cahaya tinggi. Tanaman dengan pola stomata yang berkelompok (*clustering*) dapat mengurangi efisiensi pertukaran gas karena meningkatkan resistensi difusi, sehingga daun dengan distribusi stomata yang lebih merata cenderung memiliki efisiensi fotosintesis dan penggunaan air yang lebih tinggi. Secara fisiologis, kepadatan stomata yang lebih tinggi sering dikaitkan dengan peningkatan laju fotosintesis karena masuknya CO_2 ke mesofil lebih optimal. Hal ini juga dapat menyebabkan transpirasi meningkat, sehingga kebutuhan air tanaman pun meningkat (Franks *et al.*, 2015). Sebaliknya, tanaman dengan kepadatan stomata lebih rendah cenderung memiliki efisiensi penggunaan air lebih baik dan toleransi terhadap kekeringan yang lebih tinggi, tanpa menurunkan laju penyerapan nitrogen (Hepworth *et al.*, 2015; Hughes *et al.*, 2017).

Variasi kepadatan stomata dan ukuran daun diketahui berperan penting dalam pengaturan transpirasi dan efisiensi penggunaan air, yang menjadi bagian dari adaptasi morfofisiologis terhadap kondisi cekaman kekeringan tanpa mengganggu

proses penyerapan unsur hara utama. Pengaturan kepadatan dan konduktansi stomata merupakan bagian dari adaptasi morfofisiologis daun dalam mengendalikan laju transpirasi dan mempertahankan status air tanaman dalam kondisi cekaman kekeringan, sehingga mendukung efisiensi penggunaan air yang lebih baik (Carr, 2012). Adaptasi tersebut pada akhirnya berkontribusi terhadap akumulasi biomassa dan potensi daya hasil tanaman, karena keseimbangan antara fotosintesis dan efisiensi penggunaan air memungkinkan tanaman mempertahankan pertumbuhan dan produksi asimilat secara optimal, terutama pada kondisi ketersediaan air terbatas (Blum, 2009; Flexas *et al.*, 2016).

Karakter Anatomi Kutikula

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa klon tidak berpengaruh nyata terhadap ketebalan kutikula daun ($p = 0,162$). Walaupun tidak berbeda nyata, Gambar 5 menunjukkan tanaman karet asal Embriogenesis Somatik cenderung memiliki kutikula yang lebih tebal, yaitu rata-rata di 10,27 μm diikuti oleh klon PB 260 (9,48 μm), RRIC 100 (9,44 μm) dan IRR 112 (7,64 μm). Serrano *et al.* (2014) melaporkan bahwa



Gambar 5. Kutikula daun RRIC 100 (A), SE (B), IRR 112 (C), dan PB 260 (D)

kutikula berfungsi sebagai penghalang fisik terhadap patogen serta kehilangan air. Kerusakan pada kutikula dapat memicu respons pertahanan, seperti akumulasi ROS (*reactive oxygen species*) dan aktivasi gen ketahanan terhadap cekaman.

Perbedaan ketebalan kutikula ini menunjukkan tingkat adaptasi pada setiap klon. Kutikula yang lebih tebal berperan dalam mengurangi kehilangan air melalui transpirasi dan merupakan salah satu bentuk adaptasi anatomi daun terhadap kondisi cekaman kekeringan (Shepherd & Wynne Griffiths, 2006; Taiz *et al.*, 2015). Agrios (1997) juga menekankan bahwa ketebalan epidermis, termasuk kutikula dan kekuatan dinding sel epidermis, berperan penting dalam ketahanan tanaman terhadap penyakit. Dinding sel yang kuat dan tebal dapat mempersulit bahkan mencegah penetrasi patogen secara langsung. Meskipun demikian, ketebalan kutikula tidak selalu berkorelasi dengan tingkat ketahanan, karena beberapa varietas tanaman dengan kutikula tebal tetap rentan terhadap serangan patogen yang menembus jaringan secara langsung (Junita *et al.*, 2017).

Variasi morfologi daun antar klon, ketebalan kutikula dan struktur epidermis pada tanaman karet merupakan karakter klon-spesifik yang dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan. Kecenderungan kutikula yang lebih tebal pada tanaman hasil embriogenesis somatik dibandingkan klon konvensional menunjukkan adanya perbedaan ekspresi morfofisiologis akibat perbedaan metode perbanyakan tanaman (Bernadete *et al.*, 2003; Priyadarshan, 2011). Perbedaan ini mengindikasikan potensi variasi adaptasi terhadap cekaman lingkungan, meskipun kestabilan sifat tersebut perlu dievaluasi lebih lanjut dibandingkan klon konvensional yang umumnya lebih stabil secara genetik.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan adanya variasi kerapatan stomata dan ketebalan kutikula di antara klon karet. Klon RRIC 100 memiliki kerapatan stomata yang paling tinggi dan

tanaman karet asal *Embriogenesis Somatik* memiliki kutikula daun yang paling tebal. Variasi ini memberikan indikasi awal bahwa sifat anatomi daun berbeda antar klon, namun implikasinya terhadap ketahanan cekaman air atau ketahanan terhadap penyakit masih perlu di uji di bawah kondisi terkontrol.

Daftar Pustaka

- Agrios, G. N. (1997). Ilmu Penyakit Tumbuhan. In Terjemahan Munzir Busnia. Gadjah Mada University Press.
- Blum, A. (2009). Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. *Field Crops Research*, 112 (2 - 3) , 119 - 123 . doi : 10.1016/j.fcr.2009.03.009
- Carr, M. K. V. (2012). The water relations of rubber (*Hevea brasiliensis*): A review. In *Experimental Agriculture* (Vol. 48, Number 2, pp. 176–193). doi: 10.1017/S0014479711000901
- Esau, K. (1977). *Anatomy of Seed Plants* (2nd, Ed.). John Wiley & Sons.
- Evert, R. F. (2006). *Esau's Plant Anatomy: Meristems, Cells, and Tissues of the Plant Body*. John Wiley & Sons.
- Fahn, A. (1990). *Plant Anatomy* (4th, Ed.). Pergamon Press.
- Fehér, A. (2015). Somatic embryogenesis — Stress-induced remodeling of plant cell fate. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - Gene Regulatory Mechanisms*, 1849(4), 385 – 402 . doi : 10.1016/j.bbagr.2014.07.005
- Flexas, J., Díaz-Espejo, A., Conesa, M. A., Coopman, R. E., Douthe, C., Gago, J., Gallé, A., Galmés, J., Medrano, H., Ribas-Carbo, M., Tomás, M., & Niinemets, Ü. (2016). Mesophyll conductance to CO₂ and Rubisco as targets for improving intrinsic water use efficiency in C₃ plants. *Plant, Cell & Environment*, 39(5), 965–982. doi: 10.1111/pce.12622

- Franks, P. J., W. Doheny-Adams, T., Britton-Harper, Z. J., & Gray, J. E. (2015). Increasing water-use efficiency directly through genetic manipulation of stomatal density. *New Phytologist*, 207(1), 188–195. doi: 10.1111/nph.13347
- Gireesh, T., Varghese, Y. A., Woeste, K. E., Mercykutty, V. C., & Marattukalam, J. G. (2012). Effect of monoclonal and assorted seedling rootstocks on long term growth and yield of Hevea clones. *Silvae Genetica*, 61(1), 52–57. doi: 10.1515/sg-2012-0007
- Guan, Y., Li, S.-G., Fan, X.-F., & Su, Z.-H. (2016). Application of Somatic Embryogenesis in Woody Plants. *Frontiers in Plant Science*, Volume 7-2016. doi: 10.3389/fpls.2016.00938
- Harrison, E. L., Arce Cubas, L., Gray, J. E., & Hepworth, C. (2020). The influence of stomatal morphology and distribution on photosynthetic gas exchange. *The Plant Journal*, 101(4), 768–779. doi: 10.1111/tpj.14560
- Haryanti, S. (2010). Jumlah dan Distribusi Stomata pada Daun Beberapa Spesies Tanaman Dikotil dan Monokotil. In *Buletin Anatomi dan Fisiologi: XVIII (Number 2)*.
- Hepworth, C., Doheny-Adams, T., Hunt, L., Cameron, D. D., & Gray, J. E. (2015). Manipulating stomatal density enhances drought tolerance without deleterious effect on nutrient uptake. *New Phytologist*, 208(2), 336–341. doi: 10.1111/nph.13598
- Hidayati, N., Hendrati, R. L., Triani, A., & Sudjino. (2017). pengaruh kekeringan terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman nyamplung (*Callophyllum inophyllum* L.) dan johar (*Cassia florida* Vahl.) dari provenan yang berbeda. *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 11(2), 99–111.
- Hughes, J., Hepworth, C., Dutton, C., Dunn, J. A., Hunt, L., Stephens, J., Waugh, R., Cameron, D. D., & Gray, J. E. (2017). Reducing stomatal density in barley improves drought tolerance without impacting on yield. *Plant Physiology*, 174(2), 776–787. doi: 10.1104/pp.16.01844
- Jayasree, P. K., Asokan, M. P., Sobha, S., Ammal, L. S., Rekha, K., Kala, R. G., Jayasree, R., & Thulaseedharan, A. (1999). Somatic embryogenesis and plant regeneration from immature anthers of *Hevea brasiliensis* (Muell.) Arg. *Current Science*, 76(9), 1242–1245.
- Junita, R., Lubis, L., & Dalimunthe, C. I. (2017). Hubungan antara Anatomi Daun dengan Ketahanan Penyakit Gugur Daun pada Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg). 5(1), 160–166.
- Lardet, L., Dessailly, F., Carron, M.-P., Montoro, P., & Monteuis, O. (2009). Influences of aging and cloning methods on the capacity for somatic embryogenesis of a mature *Hevea brasiliensis* genotype. *Tree Physiology*, 29(2), 291–298. doi: 10.1093/treephys/tpn027
- Li, L., Sun, X., Yu, W., Gui, M., Qiu, Y., Tang, M., Tian, H., & Liang, G. (2023). Comparative transcriptome analysis of high- and low-embryogenic *Hevea brasiliensis* genotypes reveals involvement of phytohormones in somatic embryogenesis. *BMC Plant Biology*, 23(1). doi: 10.1186/s12870-023-04432-3
- Mignon, E., & Werbrouck, S. (2018). Somatic embryogenesis as key technology for shaping the rubber tree of the future. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1804. doi: 10.3389/fpls.2018.01804
- Montoro, P., Carron, M.-P., Granet, F., Lardet, L., Leclercq, J., Dessailly, F., Martin, F., Gaurel, S., Uche, E., Rio, M., & Oliver, G. (2012). Development of new varietal types based on rejuvenation by somatic embryogenesis and propagation by conventional budding or microcutting in *hevea brasiliensis*. *Acta Horticulturae*, (9 6 1) , 5 5 3 – 5 7 6 . d o i : 10.17660/ActaHortic.2012.961.73
- Obembe, O. A. (2015). Structural Variation of Stomata in Some Dicotyledonous Trees. *Global Journal of Biology, Agriculture & Health Sciences*, 4(2), 173–181.

- Pasaribu, S. A., Basyuni, M., Purba, E., & Tistama, R. (2022). Growth and leaf anatomy of rubber clones (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) IRR 400 series toward drought stress. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 977(1). doi: 10.1088/1755-1315/977/1/012042
- Ribeiro, V. C., & Leitão, C. A. E. (2020). Utilisation of Toluidine blue O pH 4.0 and histochemical inferences in plant sections obtained by free-hand. Protoplasma, 257(3), 993–1008. doi: 10.1007/s00709-019-01473-0
- Salsinha, Y. C. F., Maryani, Indradewa, D., Purwestri, Y. A., & Rachmawati, D. (2021). Morphological and anatomical characteristics of Indonesian rice roots from East Nusa Tenggara contribute to drought tolerance. Asian Journal of Agriculture and Biology, 2021(1), 1–11. doi: 10.35495/ajab.2020.05.304
- Serrano, M., Coluccia, F., Torres, M., L'Haridon, F., & Métraux, J. P. (2014). The cuticle and plant defense to pathogens. In Frontiers in Plant Science (Vol. 5, Number JUN). Frontiers Research Foundation. doi: 10.3389/fpls.2014.00274
- Surapaneni, V. A., Bold, G., Speck, T., & Thielen, M. (2020). Spatio-temporal development of cuticular ridges on leaf surfaces of *Hevea brasiliensis* alters insect attachment: Leaf growth and insect walking forces. Royal Society Open Science, 7(11). doi: 10.1098/rsos.201319
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2010). Plant Physiology (5th, Ed.). Sinauer Associates.
- Wang, C., Liu, S., Dong, Y., Zhao, Y., Geng, A., Xia, X., & Yin, W. (2016). PdEPF1 regulates water-use efficiency and drought tolerance by modulating stomatal density in poplar. Plant Biotechnology Journal, 14(3), 849–860. doi: 10.1111/pbi.12434
- Willmer, C., & Fricker, M. (1996). Stomata. 2nd Edition. Chapman & Hall.
- Zhou, Y., & Shao, H. B. (2008). The responding relationship between plants and environment is the essential principle for agricultural sustainable development on the globe. In Comptes Rendus - Biologies (Vol. 331, Number 4, pp. 321–328). doi: 10.1016/j.crvi.2008.01.008