

Perbandingan Jumlah dan Kerapatan Stomata pada Tanaman C₃, C₄, dan CAM Menggunakan Metode Cetakan Cat Kuku

Mohammad Ali Mudhor*¹, Ika Oktavia²

^{1,2}Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Pangan, Fakultas Pertanian, Politeknik Negeri Banyuwangi, Indonesia
Email: ¹alimudhor@poliwangi.ac.id, ²ikaoktavia01729@gmail.com

Abstrak

Stomata adalah struktur mikroskopis pada daun yang berperan dalam pertukaran gas (CO₂, O₂, dan H₂O) serta mengatur transpirasi dan fotosintesis. Jumlah dan kerapatan stomata bervariasi antar jenis tanaman, dipengaruhi oleh intensitas cahaya, suhu, ketersediaan air, dan konsentrasi CO₂. Berdasarkan mekanisme fiksasi karbon, tanaman dibedakan menjadi C₃, C₄, dan CAM yang memiliki strategi adaptasi berbeda terhadap lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi dan membandingkan kerapatan stomata pada padi (C₃), jagung (C₄), dan lidah mertua (CAM) sebagai representasi perbedaan adaptasi fisiologis. Pengamatan dilakukan di Laboratorium Teknologi Produksi Hasil Ternak Politeknik Negeri Banyuwangi menggunakan metode cetakan permukaan daun dengan cat kuku pada sisi bawah daun, dilanjutkan pengamatan mikroskopis perbesaran 400x. Hasil menunjukkan kerapatan stomata tertinggi terdapat pada padi, diikuti jagung, dan terendah pada lidah mertua. Padi dengan habitat tergenang air memiliki kerapatan tinggi untuk memaksimalkan pertukaran gas. Jagung sebagai tanaman C₄ memiliki kerapatan sedang karena efisiensi pemekatan CO₂ internal, sedangkan lidah mertua memiliki kerapatan rendah untuk meminimalkan kehilangan air di lingkungan kering. Perbedaan ini menegaskan bahwa kerapatan stomata berperan penting dalam strategi adaptasi tanaman terhadap kondisi lingkungan, efisiensi penggunaan air, dan ketahanan terhadap cekaman kekeringan. Temuan ini berpotensi dimanfaatkan dalam pemuliaan varietas adaptif, perencanaan pola tanam, dan pengelolaan sumber daya air, sehingga mendukung pengembangan pertanian berkelanjutan di tengah perubahan iklim.

Kata Kunci: *Adaptasi Morfologis, C₃, C₄, CAM, Kerapatan Stomata, Stomata*

Abstract

Stomata are microscopic structures on leaves that play a role in gas exchange (CO₂, O₂, and H₂O) and regulate transpiration and photosynthesis. The number and density of stomata vary between plant species, influenced by light intensity, temperature, air availability, and CO₂ concentration. Based on the carbon fixation mechanism, plants are divided into C₃, C₄, and CAM which have different adaptation strategies to the environment. This study aims to identify and compare the density of stomata in rice (C₃), corn (C₄), and snake plant (CAM) as a representation of differences in physiological adaptation. Observations were conducted at the Animal Production Technology Laboratory of the Banyuwangi State Polytechnic using the leaf surface print method with nail polish on the underside of the leaf, followed by microscopic observation at 400x magnification. The results showed that rice had the highest stomatal density, followed by corn, and the lowest was snake plant. Rice, in waterlogged habitats, has a high stomatal density to maximize gas exchange. Corn, as a C₄ plant, has a medium stomatal density due to its efficient internal CO₂ concentration, while snake plant has a low stomatal density to minimize water loss in dry environments. This difference confirms that stomatal density plays a crucial role in plant adaptation strategies to environmental conditions, water use efficiency, and drought stress resistance. These findings have the potential to be utilized in adaptive variety breeding, cropping pattern planning, and water resource management, thereby supporting the development of sustainable agriculture amidst climate change.

Keywords: *C₃, C₄, CAM, Morphological Adaptation, Stomatal Density, Stomata*

1. PENDAHULUAN

Stomata adalah salah satu bagian pada daun yang memiliki celah yang dikelilingi oleh dua sel penjaga. Stomata berfungsi pada proses pertukaran gas pada tanaman sedangkan fungsi dari sel penjaga

adalah sebagai pengatur membuka dan menutupnya stomata. Stomata menjadi jalur masuk bagi CO₂ O₂ dan H₂O saat melakukan fotosintesis respirasi dan transpirasi. Stomata terdapat di permukaan atas atau bawah daun (Muthi'ah, 2022). Stomata merupakan bagian tanaman yang memiliki peranan penting dalam pertumbuhan tanaman, begitu juga sel penjaga (guard cell) yang terdapat pada stomata. Sel penjaga (guard cell) adalah sel epidermal khusus pada tumbuhan yang membentuk perbatasan stomata dan membantu menyeimbangkan kebutuhan tumbuhan untuk menghemat air terhadap kebutuhan fotosintesis (Sumadji, 2020). Setiap tanaman memiliki jumlah Stomata yang berbeda-beda tergantung dari tipe dan jenis tanaman sendiri (Winda, 2022) Jumlah stomata mempengaruhi tingkat kerapatan stomata, Jika jumlah stomata banyak, maka kerapatan stomata nya akan tinggi. Faktor lainnya yang mempengaruhi kerapatan stomata yaitu intensitas cahaya ketersediaan air suhu dan konsentrasi CO₂.

Berdasarkan struktur produk pertama reaksi fiksasi CO₂, tumbuhan dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama: Tanaman C₃, yang menghasilkan senyawa tiga karbon, 3-fosfoglisarat, atau tumbuhan C₄ yang mensintesis produk empat karbon, oksaloasetat (OAA) Fotosintesis C₄ lebih efisien daripada fotosintesis C₃ di iklim yang lebih hangat, dengan potensi hasil yang tinggi. Efisiensi fotosintesis yang lebih rendah pada tumbuhan C₃ disebabkan oleh aktivitas ganda pada enzim yang memfiksasi CO₂, yaitu Ribulosa-1,5-bifosfat karboksilase/oksigenase (Cui, 2021)

Tanaman C₃, C₄ dan CAM dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan terutama yang berkaitan dengan kebutuhan fotosintesis dan adaptasi terhadap kondisi lingkungan. Secara umum tanaman C₃ memiliki tingkat transpirasi yang tinggi dengan stomata yang selalu terbuka dan cenderung memiliki jumlah stomata banyak untuk memaksimalkan penyerapan CO₂. Sedangkan tanaman C₄ dan CAM yang tumbuh di lingkungan panas dan kering cenderung memiliki stomata lebih sedikit dibandingkan tanaman C₃ yang tumbuh di lingkungan yang lebih sejuk dan lembab. Tanaman C₄ telah mengembangkan mekanisme pemekatan CO₂ internal yang sangat efisien sehingga mereka dapat mengurangi kehilangan air dan memiliki jumlah Stomata yang lebih sedikit. Adapun tanaman cam memiliki adaptasi khusus terhadap lingkungan kering dan panas dengan membuka stomata hanya pada malam hari dan menutup nya di siang hari (Sondang et al., 2020). Mekanisme ini memungkinkan tanaman CAM meminimalkan kehilangan air akibat transpirasi. Sehingga tanaman cam memiliki umumnya memiliki jumlah Stomata paling sedikit dibandingkan dengan tanaman C₃ dan C₄.

Stomata adalah pori mikroskopis pada permukaan daun yang dikelilingi oleh dua sel penjaga (guard cell) dan berfungsi sebagai jalur utama pertukaran gas (CO₂, O₂, dan uap air) pada proses fotosintesis, respirasi, dan transpirasi (Mulyani, 2006; Muthi'ah, 2022). Sel penjaga berperan mengatur pembukaan dan penutupan stomata, menjaga keseimbangan antara kebutuhan tanaman untuk menghemat air dengan kebutuhan fotosintesis (Sumadji, 2020). Jumlah stomata bervariasi antar jenis tanaman dan memengaruhi kerapatan stomata (Winda, 2022). Faktor lingkungan seperti intensitas cahaya, ketersediaan air, suhu, dan konsentrasi CO₂ turut memengaruhi distribusi stomata (Simatauw et al., 2024)

Berdasarkan mekanisme fiksasi CO₂, tanaman dibedakan menjadi C₃, C₄, dan CAM (Crassulacean Acid Metabolism). Tanaman C₃, seperti padi dan gandum, memiliki tingkat transpirasi tinggi, stomata yang relatif banyak, dan cenderung terbuka pada siang hari untuk memaksimalkan penyerapan CO₂. Tanaman C₄, seperti jagung dan sorgum, memiliki mekanisme pemekatan CO₂ internal yang efisien, sehingga mampu mempertahankan fotosintesis dengan jumlah dan kerapatan stomata yang lebih rendah dibanding C₃ Sementara itu, tanaman CAM, seperti lidah mertua dan nanas, beradaptasi pada lingkungan kering dengan membuka stomata pada malam hari untuk mengurangi kehilangan air akibat transpirasi, sehingga memiliki kerapatan stomata paling rendah (Fajriyati et al., 2022)

Pemahaman tentang perbedaan kerapatan stomata antar tipe fotosintesis penting dalam konteks perubahan iklim, ketahanan pangan, dan pengelolaan sumber daya air. Pengetahuan ini dapat membantu pemilihan varietas adaptif terhadap kekeringan dan optimasi pola tanam pada lahan terbatas air. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan membandingkan jumlah dan kerapatan stomata pada tanaman C₃, C₄, dan CAM sebagai dasar analisis adaptasi morfologis terhadap lingkungan, yang dapat mendukung strategi pertanian berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan daun tanaman padi (*Oryza sativa*) sebagai perwakilan tanaman C3, daun jagung (*Zea mays*) sebagai perwakilan tanaman C4, dan daun lidah mertua (*Sansevieria trifasciata*) sebagai perwakilan tanaman CAM. Lokasi pengambilan sampel daun dilakukan di lingkungan sekitar kampus Politeknik Negeri Banyuwangi pada bulan Februari 2025.

2.1. Bahan dan Alat

Alat yang digunakan meliputi mikroskop cahaya, kaca objek, kamera digital, gunting, dan penggaris. Bahan penelitian terdiri dari sampel daun segar, cat kuku (kuteks) transparan, selotip bening, dan kertas label.

2.2. Pengambilan Sampel

Setiap jenis tanaman diamati menggunakan tiga ulangan (3 helai daun) dari tanaman yang berbeda. Pemilihan daun dilakukan dengan teknik pengambilan sampel yang konsisten, yaitu memilih daun pada posisi tengah tanaman, umur relatif sama (daun dewasa), menghadap sinar matahari langsung, bebas dari kerusakan fisik, dan tidak menunjukkan gejala penyakit. Kondisi lingkungan saat pengambilan cuaca cerah, dan pengambilan dilakukan pada pukul 08.00–09.00 WIB.

2.3. Pembuatan Preparat

Pengamatan stomata dilakukan dengan metode replika cetakan kuteks. Permukaan bawah daun dioleskan cat kuku transparan pada area $\pm 1-2$ cm, lalu dibiarkan kering selama $\pm 5-10$ menit. Setelah kering, lapisan cat kuku dikelupas secara perlahan dan ditempatkan di atas kaca objek. Selotip bening ditempelkan di atas cetakan untuk mencegah pergeseran. Preparat kemudian diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 40×10 .

2.4. Pengamatan

Pengamatan dilakukan tiga kali ulangan bidang pandang pada setiap preparat daun, sehingga setiap jenis tanaman memiliki total 9 data pengamatan (3 daun \times 3 bidang pandang). Parameter yang diamati meliputi:

- Jumlah stomata membuka
- Kerapatan Stomata dihitung dengan menggunakan rumus dari (Lestari, 2006):

$$\text{Kerapatan Stomata} = \frac{\text{Jumlah stomata}}{\text{Satuan luas bidang pandang}} \quad (1)$$

Untuk mengukur kerapatan stomata, bidang pandang yang digunakan yaitu pada perbesaran 40×10 dengan luas bidang pandang diukur dengan rumus :

$$\text{Luas bidang pandang} = \frac{1}{4} \pi d^2 \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga Di dapat luas bidang pandang sebesar} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 0,5^2 \text{ mm} = 0,196 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

2.5. Analisis Data

Data jumlah dan kerapatan stomata yang diperoleh dari tiap bidang pandang dirata-ratakan untuk setiap sampel daun, kemudian dihitung nilai rata-rata dan standar deviasi untuk setiap jenis tanaman. Data selanjutnya dianalisis secara statistik menggunakan uji ANOVA satu arah (One Way ANOVA) untuk mengetahui perbedaan nyata antar kelompok tanaman (C3, C4, dan CAM). Jika terdapat perbedaan signifikan, dilanjutkan dengan uji lanjut DMRT pada taraf signifikansi 5%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Preparat stomata dari daun padi, jagung, dan lidah mertua berhasil dibuat menggunakan metode replika kuteks. Lapisan kuteks transparan yang sudah kering dapat dikelupas dengan baik sehingga menghasilkan cetakan permukaan bawah daun yang jelas. Hasil preparat menunjukkan adanya bentuk stomata berbeda antar jenis tanaman. Pada padi, stomata tampak berukuran kecil namun jumlahnya padat; pada jagung jumlahnya sedang dengan ukuran stomata relatif lebih besar; sedangkan pada lidah mertua stomata lebih jarang dengan ukuran yang lebih besar.

Pengamatan menggunakan mikroskop cahaya dengan perbesaran 40×10 memperlihatkan variasi jumlah stomata pada tiap bidang pandang. Data mentah diperoleh dari tiga helai daun per tanaman, dengan masing-masing diamati pada tiga bidang pandang berbeda, sehingga terkumpul sembilan data pengamatan untuk setiap jenis tanaman. Jumlah stomata kemudian dihitung secara manual dari citra mikroskopis, kemudian dikonversi ke satuan luas bidang pandang (mm^2).

Jumlah stomata pada permukaan daun sangat bervariasi antar jenis tumbuhan dan bergantung pada jalur fotosintesis (C3, C4, CAM) yang digunakan. Umumnya, tumbuhan C₃ memiliki jumlah stomata lebih banyak dibandingkan C₄ dan CAM. Hal ini berkaitan dengan kebutuhan CO₂ yang tinggi akibat efisiensi rendah dari enzim Rubisco serta tingginya laju fotorespirasi. Oleh karena itu, tumbuhan C₃ seperti *Oryza sativa* (padi) atau *Triticum aestivum* (gandum) cenderung memiliki kerapatan dan jumlah stomata tinggi untuk mendukung fotosintesis maksimal, meskipun hal ini meningkatkan kehilangan air melalui transpirasi. Hasil identifikasi jumlah stomata dari ketiga jenis tanaman menunjukkan adanya variasi yang signifikan. Hal ini Rata-rata jumlah stomata pada permukaan bawah daun masing-masing jenis tanaman dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Stomata Pada Tanaman C3, C4 dan CAM

No	Nama komoditas	Jumlah Stomata Permukaan Bawah
1	Padi	221
2	Jagung	153
3	Lidah mertua	140

Jumlah stomata pada suatu bidang pandang, yang berperan penting dalam proses pertukaran gas dan pengaturan transpirasi pada tanaman. Semakin tinggi jumlah stomata, semakin banyak jumlah stomata pada permukaan daun. Hasil identifikasi pada Tabel. 1 menunjukkan adanya variasi jumlah stomata yang signifikan antara tanaman C₃ (padi), C₄ (jagung), dan CAM (lidah mertua). Tanaman padi memiliki jumlah stomata tertinggi (221 stomata pada permukaan bawah daun), diikuti jagung (153), dan lidah mertua (140). Tingginya jumlah stomata pada padi diduga berkaitan dengan strategi adaptasi tanaman terhadap lingkungan tergenang air. Tumbuhan C₄, seperti *Zea mays* (jagung) atau *Sorghum*, memiliki jumlah stomata lebih sedikit karena efisiensi fotosintesisnya tinggi. Mereka memanfaatkan mekanisme pemisahan spasial antara fiksasi CO₂ awal (oleh PEP karboksilase) dan fiksasi CO₂ oleh Rubisco di sel bundle sheath. Efisiensi ini memungkinkan mereka mempertahankan laju fotosintesis tinggi meskipun dengan jumlah stomata lebih sedikit, sehingga lebih hemat air.

Tingginya jumlah stomata pada padi dapat dikaitkan dengan kondisi habitatnya yang umumnya berada pada lahan tergenang air. Lingkungan yang kaya air memungkinkan padi membuka lebih banyak stomata tanpa menghadapi risiko besar kehilangan air. Stomata yang banyak mendukung peningkatan difusi CO₂ ke dalam jaringan mesofil, sehingga laju fotosintesis dapat dimaksimalkan. Fenomena ini sejalan dengan temuan Serna (2022) yang menyatakan bahwa tanaman yang hidup di habitat basah umumnya memiliki jumlah stomata lebih banyak dibandingkan tanaman xerofit. Sebaliknya, jagung sebagai tanaman C₄ memiliki jumlah stomata lebih sedikit daripada padi, namun lebih banyak dibandingkan lidah mertua. Mekanisme fotosintesis C₄ yang memanfaatkan pemisahan spasial fiksasi CO₂ memungkinkan jagung tetap efisien meskipun jumlah stomatanya relatif lebih sedikit. Dengan demikian, jagung dapat beradaptasi pada kondisi lingkungan dengan intensitas cahaya tinggi dan ketersediaan air yang lebih terbatas dibandingkan padi. Lidah mertua (CAM) memiliki jumlah stomata paling sedikit karena strategi fotosintesisnya berfokus pada konservasi air. Tanaman CAM membuka stomata hanya pada malam hari untuk menyerap CO₂, sementara pada siang hari stomata tetap tertutup

untuk mengurangi transpirasi. Jumlah stomata yang sedikit ini sejalan dengan morfologi khas CAM, seperti kutikula tebal dan jaringan sukulen sebagai cadangan air

Kondisi tersebut memungkinkan tanaman mempertahankan stomata terbuka lebih banyak untuk memaksimalkan pertukaran gas, tanpa risiko besar kehilangan air (Oktaviani & Daningsih, 2022). Fenomena ini sejalan dengan temuan (Serna, 2022), yang menyatakan bahwa spesies dengan habitat basah umumnya memiliki jumlah stomata lebih tinggi dibandingkan spesies dari habitat kering. Sebaliknya, lidah mertua sebagai tanaman CAM memiliki jumlah stomata paling sedikit. Hal ini merupakan bentuk adaptasi terhadap lingkungan kering atau kondisi dengan ketersediaan air terbatas. Tanaman CAM membuka stomata pada malam hari untuk mengurangi kehilangan air, sehingga secara struktural memiliki jumlah stomata yang lebih rendah, kutikula tebal, dan jaringan sukulen sebagai penyimpan air (Norma et al., 2022). Jagung, sebagai tanaman C₄, menempati posisi tengah dengan jumlah stomata yang lebih sedikit dibanding padi, namun lebih banyak daripada lidah mertua. Adaptasi fotosintesis C₄ membuat jagung mampu memanfaatkan CO₂ secara efisien meskipun jumlah stomatanya tidak setinggi tanaman C₃.

Dengan demikian, perbedaan jumlah stomata pada tanaman C₃, C₄, dan CAM bukan hanya menggambarkan variasi morfologi, tetapi juga strategi fisiologis yang khas dalam merespons ketersediaan air dan kebutuhan fotosintesis. Padi sebagai tanaman C₃ menekankan pada peningkatan jumlah stomata untuk memaksimalkan difusi CO₂ di lingkungan tergenang, jagung sebagai tanaman C₄ menyeimbangkan jumlah stomata dengan efisiensi fotosintesis tinggi untuk mengurangi kehilangan air, sedangkan lidah mertua sebagai tanaman CAM justru menekan jumlah stomata untuk meminimalkan transpirasi pada kondisi kering. Perbandingan ini menegaskan bahwa jumlah stomata tidak dapat dipandang semata-mata sebagai data kuantitatif, melainkan mencerminkan strategi adaptasi yang berbeda antar kelompok tanaman.

Kerapatan stomata merupakan jumlah stomata per satuan luas permukaan daun dan memainkan peran penting dalam regulasi gas (CO₂/O₂) serta transpirasi. Tumbuhan C₃ umumnya memiliki kerapatan stomata lebih tinggi karena membutuhkan asupan CO₂ langsung ke mesofil. Efisiensi Rubisco yang rendah dan kecenderungan mengalami fotorespirasi membuat C₃ sangat bergantung pada ketersediaan CO₂, sehingga kerapatan stomata tinggi. Sebaliknya, tumbuhan C₄ memiliki kerapatan stomata sedang hingga rendah. Mereka menggunakan enzim PEP karboksilase untuk fiksasi awal CO₂ di sel mesofil sebelum dipindahkan ke sel bundel seludang, menciptakan lingkungan kaya CO₂ untuk Rubisco dan menekan fotorespirasi. Ini membuat mereka efisien meski dengan lebih sedikit stomata.

Jumlah stomata pada setiap tanaman memiliki pengaruh terhadap kerapatan stomata, semakin banyak stomata, maka akan semakin tinggi pula jumlah kerapatan stomata. Selain itu perbedaan jumlah unsur hara juga mempengaruhi jumlah kerapatan stomata, terutama pada unsur Mg (Bukhari & Safridar, 2022). Dari data jumlah stomata per bidang pandang, dilakukan perhitungan kerapatan stomata menggunakan rumus menurut Lestari (2006). Nilai rata-rata dari setiap sampel daun dihitung, lalu dilanjutkan dengan perhitungan rata-rata keseluruhan untuk tiap jenis tanaman. Hasilnya ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah Kerapatan Stomata Pada Tanaman C₃, C₄ dan CAM

No	Nama komoditas	Kerapatan Stomata
1.	Padi	1.126,11 stomata/mm ²
2.	Jagung	779,62 stomata/mm ²
3	Lidah mertua	713,38 stomata/mm ²

Data kerapatan stomata pada Tabel 2. menunjukkan bahwa jumlah dan kerapatan stomata berbeda nyata pada tanaman C₃ (padi), C₄ (jagung), dan CAM (lidah mertua). Padi memiliki jumlah dan kerapatan stomata tertinggi, yakni 221 stomata dengan kerapatan 1.126,11 stomata/mm². Jagung berada pada posisi menengah dengan jumlah 153 stomata dan kerapatan 779,62 stomata/mm², sedangkan lidah mertua memiliki nilai terendah, yaitu 140 stomata dengan kerapatan 713,38 stomata/mm². Perbedaan ini mengindikasikan adanya strategi adaptasi fisiologis dan morfologis yang khas dari masing-masing kelompok tanaman. Keterkaitan antara jumlah dan kerapatan stomata ini didukung oleh (Marantika et

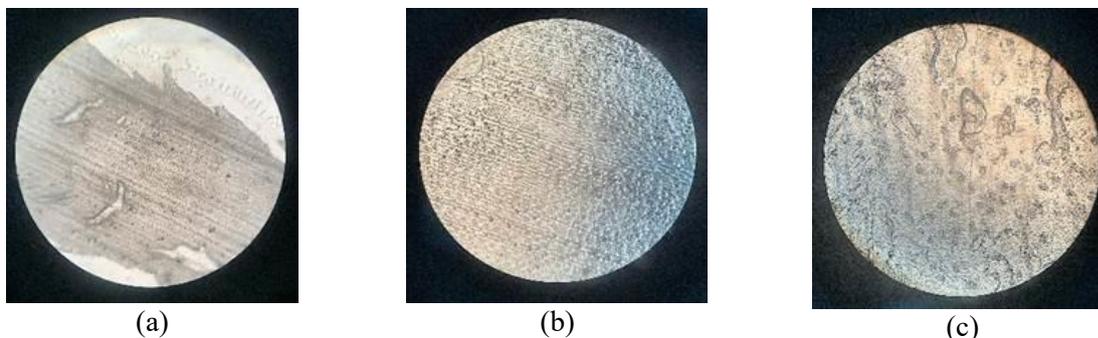
al., 2021), yang menyatakan bahwa peningkatan jumlah stomata akan meningkatkan kerapatan stomata, dengan besarnya dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti intensitas cahaya, ketersediaan air, suhu, dan konsentrasi CO₂. Jumlah stomata yang tinggi pada padi berkaitan erat dengan lingkungan tumbuhnya yang selalu tergenang air. Ketersediaan air yang melimpah memungkinkan padi membuka stomata lebih banyak tanpa risiko kehilangan air berlebihan. Kondisi ini penting untuk mendukung difusi CO₂ secara maksimal dalam proses fotosintesis

Sebaliknya, lidah mertua sebagai tanaman CAM memperlihatkan jumlah dan kerapatan stomata paling rendah. Adaptasi ini merupakan strategi efisiensi air di lingkungan kering. Stomata pada tanaman CAM hanya terbuka pada malam hari untuk mengurangi kehilangan air akibat evaporasi, sedangkan pada siang hari stomata tetap tertutup. Selain itu, struktur morfologis lidah mertua yang memiliki stomata berukuran besar, kutikula tebal, dan jaringan sukulen berfungsi sebagai cadangan air, sekaligus mengurangi kerapatan stomata. Jagung sebagai tanaman C4 menempati posisi menengah. Mekanisme fotosintesis C4 yang memisahkan fiksasi awal CO₂ oleh PEP karboksilase dan fiksasi lanjutan oleh Rubisco di sel bundle sheath memungkinkan efisiensi fotosintesis tetap tinggi meskipun dengan jumlah stomata lebih sedikit

Faktor lingkungan lokal saat penelitian juga berpengaruh. Pengambilan sampel dilakukan pada cuaca cerah. Suhu yang relatif tinggi dapat memicu peningkatan pembukaan stomata pada spesies toleran air seperti padi, sementara spesies CAM tetap menjaga pembukaan stomata minimal untuk menghindari kehilangan air. Intensitas cahaya yang tinggi di area pengambilan sampel juga dapat berkontribusi pada kerapatan stomata yang lebih besar pada padi dan jagung dibandingkan lidah mertua, mengingat cahaya memacu pembentukan stomata selama pertumbuhan daun (Nunes et al., 2022) Tumbuhan CAM beradaptasi di lingkungan kering, membuka stomata hanya pada malam hari. Karena itu, mereka memiliki kerapatan stomata terendah sebagai strategi konservasi air. Malat disimpan dalam vakuola dan didekarboksilasi pada siang hari untuk memasok CO₂ secara internal.

Secara morfologis, hubungan antara ukuran stomata dan kerapatan juga terlihat. Stomata kecil pada padi memungkinkan kerapatan yang tinggi, sedangkan stomata besar pada lidah mertua cenderung memiliki kerapatan lebih rendah. Penelitian Hasana et al., (2022) bahkan menunjukkan bahwa perlakuan kolkisin dapat memperbesar ukuran stomata, yang umumnya akan menurunkan kerapatan. Dengan demikian, kombinasi adaptasi fisiologis, morfologi stomata, dan faktor lingkungan lokal membentuk pola kerapatan stomata yang diamati pada penelitian ini.

Kerapatan stomata memiliki hubungan erat dengan ketahanan tanaman pada kondisi cekaman kekeringan. Tanaman dalam merespon cekaman kekeringan akan menunjukkan dua respon yaitu peka dan toleran, pada tanaman yang peka kerapatan stomata akan menurun apabila kapasitas lapang menurun, sedangkan pada tanaman yang toleran pada saat kondisi kapasitas lapang menurun maka kerapatan stomata meningkat (Dama et al., 2020). Perbedaan kerapatan ini berkaitan erat dengan adaptasi fisiologis terhadap stres lingkungan, efisiensi fotosintesis, dan kebutuhan air.



Gambar 1. Penampang Melintang Stomata, Keterangan : a) Pada Tanaman Padi (C₃), b) Tanaman Jagung, (C₄), c) Tanaman Lidah Mertua (CAM)

Berdasarkan Gambar (1a). Pada tanaman padi (C₃), stomata umumnya tersebar merata di permukaan daun bagian bawah. Sel penjaga berbentuk ginjal dengan ukuran relatif kecil, sehingga memungkinkan kerapatan stomata yang tinggi. Susunan ini mendukung difusi CO₂ secara maksimal,

sesuai kebutuhan fotosintesis pada lingkungan sawah yang tergenang air. Stomata yang rapat menjadi ciri khas tanaman C3 dalam mengoptimalkan pertukaran gas tanpa khawatir kehilangan air berlebihan.

Pada Gambar (1b) tanaman jagung (C4), stomata memiliki struktur sel penjaga berbentuk dumbbell (seperti halter), berbeda dengan bentuk ginjal pada C3. Bentuk ini memungkinkan mekanisme buka-tutup stomata yang lebih efisien dalam mengatur transpirasi. Stomata jagung berukuran sedang dengan distribusi cukup teratur, namun jumlah dan kerapatannya lebih rendah dibanding padi. Adaptasi ini sejalan dengan efisiensi fotosintesis C4, di mana pemisahan spasial antara fiksasi CO₂ awal dan siklus Calvin mengurangi kebutuhan stomata dalam jumlah tinggi.

Pada Gambar (1c) tanaman lidah mertua (CAM), stomata berukuran relatif besar tetapi jumlahnya sedikit. Posisi stomata umumnya lebih jarang, dengan sel penjaga berbentuk ginjal. Adaptasi ini mendukung strategi khusus tanaman CAM yang membuka stomata pada malam hari untuk mengurangi kehilangan air. Secara internal, CO₂ yang masuk disimpan dalam bentuk asam malat, kemudian didekarboksilasi pada siang hari untuk proses fotosintesis. Struktur stomata yang jarang dan besar menjadi ciri adaptasi pada lingkungan kering.

Secara umum, terdapat hubungan antara kerapatan dan ukuran stomata, di mana stomata yang berukuran kecil cenderung memiliki kerapatan yang tinggi, sedangkan stomata berukuran besar umumnya memiliki kerapatan yang lebih rendah. Ukuran stomata bisa dipeengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu dengan pemberian kolkisin. Hasil penelitian dari (Sofiyanti et al., 2022) menduga pemberian kolkisin pada tanaman dapat memperbesar ukuran stomata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman padi memiliki nilai kerapatan tertinggi yang menunjukkan ukuran stomata kecil. Sedangkan nilai kerapatan stomata terendah dimiliki oleh lidah mertua yang menunjukkan ukuran stomatanya besar.

Dari sisi implikasi praktis, temuan ini penting untuk program pemuliaan tanaman dan strategi adaptasi terhadap perubahan iklim. Tanaman dengan kerapatan stomata tinggi, seperti padi, cenderung lebih efisien dalam memanfaatkan CO₂ untuk fotosintesis pada kondisi lingkungan basah, namun berpotensi lebih rentan terhadap cekaman kekeringan. Sebaliknya, tanaman dengan kerapatan stomata rendah, seperti spesies CAM, memiliki kemampuan lebih baik dalam konservasi air dan berpotensi menjadi sumber genetik untuk meningkatkan ketahanan kekeringan pada tanaman budidaya. Pemahaman ini dapat dimanfaatkan dalam pemilihan varietas atau pengembangan genotipe unggul yang sesuai dengan kondisi lingkungan spesifik, termasuk menghadapi variabilitas iklim global yang semakin ekstrem.

4. KESIMPULAN

Penelitian menunjukkan bahwa jumlah dan kerapatan stomata tertinggi terdapat pada padi (C3), sedangkan terendah pada lidah mertua (CAM). Perbedaan ini mencerminkan strategi adaptasi tanaman terhadap ketersediaan air, di mana tanaman CAM beradaptasi dengan mengurangi kehilangan air, sementara padi beradaptasi dengan lingkungan tergenang. Hasil ini dapat menjadi dasar pemilihan varietas tanaman yang sesuai dengan kondisi lingkungan, misalnya varietas dengan kerapatan stomata rendah lebih adaptif terhadap kekeringan. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan pengamatan pada musim atau kondisi lingkungan berbeda guna memperkaya pemahaman tentang respon stomata pada berbagai tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Bukhari, B., & Safridar, N. (2022). Identifikasi Ketahanan Beberapa Varietas Jagung Terhadap Cekaman Hara. *Jurnal Real Riset*, 4(1), 47–58. <https://doi.org/10.47647/jrr.v4i1.550>
- Cui, H. (2021). Challenges and Approaches to Crop Improvement Through C3-to-C4 Engineering. *Frontiers in Plant Science*, 12(September). <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.715391>
- Dama, H., Aisyah, S. I., & Dewi, A. K. (2020). Respon Kerapatan Stomata dan Kandungan Klorofil Padi (*Oryza sativa* L .) Mutan terhadap Toleransi Kekeringan. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi*, 16(1), 1–6.
- Fajriyati, A, F., S. Anwar, & F. Kusmiyati. (2022). Aplikasi ekstrak daun tapak dara (*Catharanthus*

- roseus l.) terhadap pertumbuhan dan morfologi tanaman bawang daun (*Allium fistulosum* l.). *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 19(1), 29–37. <https://doi.org/10.31849/jip.v19i1.9445>
- Hasana, N., Sarno, S., & Hanum, L. (2022). Ukuran Stomata Pakcoy (*Brassica Rapa* L.) Hasil Rendaman Kolkisin Sebagai Sumber Belajar Biologi. *Didaktika Biologi: Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi*, 6(2), 85. <https://doi.org/10.32502/dikbio.v6i2.4430>
- Lestari, E. G. (2006). The relation between stomata index and drought resistant at rice somaclones of Gajahmungkur, Towuti, and IR 64. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 7(1), 44–48. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d070112>
- Marantika, M., Hiariej, A., & Sahertian, D. E. (2021). Kerapatan dan Distribusi Stomata Daun Spesies Mangrove di Desa Negeri Lama Kota Ambon. *Jurnal Ilmu Alam Dan Lingkungan*, 12(1), 1–6. <http://journal.unhas.ac.id>
- Muthi'ah, S. N. (2022). Identifikasi Dan Karakterisasi Tipe Stomata Pada Hibiscus Rosa-Sinensis, Tamarindus Indica, Dan Mangifera Indica Dengan Teknik Replika. *Indigenous Biologi : Jurnal Pendidikan Dan Sains Biologi*, 5(1), 9–14. <https://doi.org/10.33323/Indigenous.V5i1.295>
- Norma, A. A., Sholihah, A., Hanuun, C. J., Naimah, K., Putri Ryni, A., & Novia Ardani, S. (2022). CAM: Crassulacen Acid Metabolism. *Indonesian Chemistry and Application Journal*, 5(2), 56–62.
- Nunes, T. D. G., Slawinska, M. W., Lindner, H., & Raissig, M. T. (2022). Quantitative effects of environmental variation on stomatal anatomy and gas exchange in a grass model. *Quantitative Plant Biology*, 3. <https://doi.org/10.1017/qpb.2021.19>
- Oktaviani, E., & Daningsih, E. (2022). Distribusi dan Luas Stomata pada Tanaman Hias Monokotil. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(1), 34–39. <https://doi.org/10.18343/jipi.27.1.34>
- Serna, L. (2022). Maize stomatal responses against the climate change. *Frontiers in Plant Science*, 13(September), 1–9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.952146>
- Simatauw, A., Tupan, C. I., & Mamesah, J. A. B. (2024). *Ekosistem Mangrove Di Perairan Desa Waiheru Dan Desa Leahari (Stomatal Characteristics and Forms of Mangrove Utilization Activities as A Basis for Mangrove Ecosystem Management in The Waters of Waiheru Village and Leahari Village)*. 20(2), 165–178.
- Sofiyanti, N., Wahyuni, P. I., & Iriani, D. (2022). Stomatal Characteristics of 5 Citrus L. Species (Rutaceae) From Pekanbaru, Riau Province. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(1), 173–178. <https://doi.org/10.29303/jbt.v22i1.3100>
- Sondang, Y., Elita, N., & Anidarfi. (2020). *Fisiologi Tanaman* (Issue July). http://repository.ppp.ac.id/461/3/Buku_Ajar_Praktek_Fisiologi_Tanaman_Yun_Sondang_dkk_2020_oke.pdf
- Sumadji, A. R. (2020). Kerapatan Stomata dan Kaitannya terhadap Kekeringan Pada Tanaman Padi Varietas IR64. *Widya Warta Jurnal Ilmiah*, Tahun XLIV(1), 43–54.
- Winda. (2022). Pengamatan Kerapatan Stomata Pulutan (*Urena lobata* L.) Sebagai Penduga Pencemaran Udara Di Sumatera Utara. *Skripsi*.