

Scientific Article

HUBUNGAN KARAKTERISTIK STOMATA DAN PRODUKTIVITAS UMBI PADA AKSESI LOKAL TERPILIH *Dioscorea alata* L.

*Relationship of stomatal characteristics and tuber productivity on selected local accession *Dioscorea alata* L.*

Thania Ayu Pramesty¹, Sofia Ery Rahayu^{1*}, Fauziah²

¹Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang
Jl. Semarang 5, Malang 65145 Indonesia

²Pusat Riset Konservasi Tumbuhan, Kebun Raya, dan Kehutanan - BRIN
Jl. Ir. H. Juanda 18, Bogor, Jawa Barat

Informasi Artikel

Diterima/Received : 30 Mei 2022
Disetujui/Accepted : 6 Desember 2022
Diterbitkan/Published : 30 Desember 2022

*Koresponden E-mail :
sofia.ery.fmipa@um.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.55981/bkr.2022.792>

Cara mengutip

Pramesty TA, Rahayu SE, Fauziah. 2022.
Hubungan karakteristik stomata dan produktivitas umbi pada akses lokal terpilih *Dioscorea alata* L. Buletin Kebun Raya 25(3): 110–120.
DOI: <https://doi.org/10.55981/bkr.2022.792>

Kontributor

Kontributor Utama/Main author:

Thania Ayu Pramesty
Sofia Ery Rahayu
Fauziah

Kontributor Anggota/Author member:

-

Keywords: selected accessions, stomata characteristics, tuber productivity, water yam

Kata Kunci: akses lokal terpilih, karakteristik stomata, produktivitas umbi, uwi

Abstract

The stomata have a relationship with plant physiological activities, such as photosynthesis, respiration, and transpiration, that affect plant productivity. Water yam (*Dioscorea alata* L.) is one of the underutilized tuber plants that contain essential nutrients but get less attention from the public. The insufficiency of adequate information related to overflowing production factors is one cause of the lack of interest in the cultivation of this species. This study aimed to identify stomata characteristics, tuber productivity, and the relationship between stomatal characteristics and tuber productivity. The research was conducted in Pasuruan Regency, using 57 and 86 accessions selected based on high excess productivity. The analysis used the T-test, Mann-Whitney test, and Spearman correlation test. The results showed that the stomatal number, density, tuber weight, width, and diameter of 86 accession were higher than 57 accessions but smaller in terms of stomatal size and tuber length. Stomata number and density were positively correlated with tuber weight. On the other hand, the stomatal size and tuber weight showed a negative correlation. The tuber weight of 86 accession was higher than 57 accessions, even though not significantly different statistically. Both of these accessions have the potential to be cultivated by focusing on their environmental conditions for the optimum tubers yield can be achieved, as well as supporting the national food diversification based on the local food community.

Abstrak

Stomata diketahui memiliki hubungan dengan aktivitas fisiologis tanaman seperti fotosintesis, respirasi, dan transpirasi yang berpengaruh terhadap produktivitas tanaman. Uwi (*Dioscorea alata* L.) merupakan salah satu tanaman umbi-umbian yang mengandung sumber nutrisi penting dan potensi hasil tinggi, namun kurang mendapatkan perhatian dari masyarakat. Minimnya informasi terkait faktor yang berperan dalam mendukung produksi yang melimpah, menjadi salah satu penyebab kurangnya minat budidaya jenis ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik stomata, produktivitas umbi, serta hubungan antara karakteristik stomata dan produktivitas umbi. Penelitian dilakukan di Kabupaten Pasuruan, menggunakan akses 57 dan 86 yang dipilih berdasarkan keunggulan produktivitas tinggi (bobot umbi). Analisis menggunakan uji T, Mann-Whitney, dan uji korelasi Spearman. Hasil studi menunjukkan akses 86 lebih tinggi dibandingkan akses 57 dalam hal jumlah stomata, kerapatan stomata, bobot umbi, lebar umbi, dan diameter umbi, meskipun pada ukuran keliling stomata dan panjang umbi akses 57 lebih tinggi. Jumlah dan kerapatan stomata memiliki korelasi positif dengan bobot umbi, sedangkan ukuran keliling stomata dengan bobot umbi menunjukkan korelasi negatif. Data bobot umbi akses 86 lebih besar nilainya dibandingkan akses 57, namun tidak berbeda nyata secara signifikan. Kedua akses ini berpotensi untuk dibudidayakan dengan memperhatikan kondisi lingkungan tanam agar produktivitas umbi uwi dapat dihasilkan secara optimal dan mendukung upaya diversifikasi pangan nasional berbasis komoditas lokal.

PENDAHULUAN

Optimalisasi dalam pertumbuhan dan perkembangan suatu tanaman bergantung pada faktor internal meliputi gen, hormon, serta struktur anatomi, dan faktor eksternal yang mencakup intensitas cahaya, suhu udara, kelembapan udara, dan karakteristik tanah (Lynch *et al.* 2012; A'yuningsih 2017; Mahanani *et al.* 2020). Penampilan tanaman bisa cenderung berubah dalam kondisi lingkungan yang berbeda, meskipun secara genotipe sama (Haryanti 2010; Gratani 2014). Dampak langsung dari pengaruh lingkungan ditanggapi dan diekspresikan oleh tumbuhan, salah satunya adalah dalam wujud perubahan morfologi dan anatomi daun (Hafiz *et al.* 2013; Rindyastuti & Hapsari 2017).

Bagian struktur anatomi daun yang responsif dalam menanggapi kondisi lingkungan salah satunya adalah stomata (A'yuningsih 2017). Stomata merupakan lubang atau celah pada epidermis daun yang dikelilingi oleh dua sel penutup (Nugroho *et al.* 2006) dan berhubungan dengan aktivitas fisiologis tanaman, seperti fotosintesis, respirasi, dan transpirasi (Hong *et al.* 2018). Stomata tidak hanya memfasilitasi penyerapan CO₂, tetapi juga pertukaran semua gas antara bagian tanaman dan atmosfer (Harrison *et al.* 2020). Stomata memiliki berbagai bentuk dan ukuran yang mempengaruhi fungsinya secara langsung melalui perubahan transportasi, akumulasi ion, dan zat terlarut osmotik, atau pergerakan terbatas pada lateral dinding sel (Woolfenden *et al.* 2018). Hal tersebut dapat mempengaruhi dinamisme stomata dan rentang total pergerakan yang akan berdampak pada ketersediaan CO₂ untuk fotosintesis (Harrison *et al.* 2020). Kerapatan dan ukuran keliling stomata berpengaruh terhadap jumlah CO₂ yang difiksasi oleh tanaman, di mana CO₂ digunakan sebagai salah satu bahan mentah fotosintesis (Grant & Vatnick 2004; Franks & Beerling 2009). Proses fotosintesis yang berjalan dengan baik dapat menghasilkan fotosintat yang akan disimpan sebagai karbohidrat di dalam umbi atau digunakan untuk pertumbuhan organ lain (Khoiroh *et al.* 2014). Oleh sebab itu, fotosintesis memiliki peran penting dalam produktivitas tanaman (Verma *et al.* 2020).

Komoditas pangan berbasis lokal masih kurang mendapatkan perhatian dari masyarakat, terutama yang berasal dari umbi-umbian (Hanafie 2010). Hal ini disebabkan karena pola konsumsi masyarakat Indonesia masih sangat bergantung pada beras (Kinasih *et al.* 2017; Wuryantoro & Arifin 2017). Tingginya tingkat konsumsi beras oleh masyarakat Indonesia dan belum terpenuhinya swasembada beras menjadi alasan utama Indonesia mengimpor beras dalam jumlah yang besar (Ariska & Qurniawan 2021). Oleh sebab itu, diversifikasi pangan non beras dari jenis umbi-umbian perlu dioptimalkan sebagai

upaya dalam menekan impor beras dan mengoptimalkan sumber pangan berbasis komoditas lokal, salah satunya adalah tanaman uwi (*Dioscorea alata* L.).

Uwi merupakan jenis tanaman herba monokotil dari suku Dioscoreaceae yang memiliki karakter batang menjalar dan menghasilkan umbi di dalam tanah serta umbi udara (Ogidi *et al.* 2017; Agre *et al.* 2019; Fauziah *et al.* 2020; Shan *et al.* 2020). Umbi uwi diketahui mengandung sumber nutrisi penting seperti karbohidrat, protein, lemak, serat, dan vitamin. Umbi uwi memiliki kandungan karbohidrat 17,10–29,37%, protein 1,29–3%, lemak 0–0,29%, serat 6,7–11,62%, kadar air 65,47–82,46%, dan kadar abu 0,85–1,44% (Fauziah *et al.* 2020). Selain itu, perbandingan kandungan vitamin C pada umbi uwi lebih tinggi dibanding ubi jalar (Dufie *et al.* 2013; Chandrasekara & Kumar 2016), dan kandungan protein lebih tinggi dari singkong, yaitu sebesar 0,2–1,8% (Ferraro *et al.* 2015). Ditinjau dari potensi nutrisinya yang tinggi, maka tanaman uwi perlu dibudidayakan dan dikembangkan dalam mendukung upaya diversifikasi pangan nasional.

Berbagai macam varietas lokal uwi yang diperoleh dari kegiatan eksplorasi di kawasan Jawa Timur, meliputi daerah Nganjuk, Malang, dan Pasuruan telah dikonservasi di Kebun Raya Purwodadi. Beberapa aksesori terpilih seperti aksesori 28, 29, 30, 31, 32, 36, 42, 43, 57, 58, 63, 64, 66, 82, dan 86 diketahui memiliki keunggulan baik dari sisi karakter morfologi, produktivitas, dan kandungan nutrisi umbi (Fauziah *et al.* 2020; Fiqa *et al.* 2021). Tingginya variasi karakteristik morfologi umbi dan potensi produktivitas pada sejumlah aksesori (Hapsari 2014; Mas'udah *et al.* 2019), menjadi alasan pentingnya penelitian lebih lanjut terkait faktor-faktor yang berperan dalam produktivitas uwi. Hasil penelitian Egbucha *et al.* (2021) menunjukkan adanya hubungan antara ukuran keliling stomata dan bobot umbi pada tanaman *D. cayenensis* subsp. *rotundata* (Poir.) J. Miège. Hasil berbeda ditunjukkan oleh *Amorphophallus muelleri* Blume dan *A. variabilis* Blume, di mana tidak ada hubungan antara kerapatan stomata dan bobot umbi (Khoiroh *et al.* 2014). Oleh sebab itu, hal ini menjadi menarik diteliti pada tanaman uwi terkait bagaimana karakteristik stomata dan produktivitas umbinya serta adakah hubungan antara karakteristik stomata dengan produktivitas umbi.

Penelitian mengenai tanaman uwi telah banyak dikaji, seperti karakteristik stomata (Abdulrahman *et al.* 2009), karakter morfologi (Purnomo *et al.* 2012; Trimanto 2012; Trimanto & Hapsari 2015; Fauziah & Mas'udah 2015; Kinasih *et al.* 2017), karakter anatomi (Purnomo *et al.* 2020), genetika (Purnomo *et al.* 2016; Mas'udah *et al.* 2019), komposisi kimia dan kandungan nutrisi (Fauziah *et al.* 2020), serta pertumbuhan uwi yang ditinjau dari faktor lingkungan (Fiqa *et al.* 2021). Namun demikian, di

Indonesia belum ada kajian tentang karakteristik stomata pada tanaman uwi yang dikaitkan dengan produktivitas umbi. Informasi terkait hubungan karakteristik stomata dan produktivitas umbi diperlukan sebagai data dasar dalam pengembangan produktivitas budidaya uwi. Untuk itu tujuan dari penelitian ini adalah: (1) mengidentifikasi karakteristik stomata dan produktivitas umbi uwi pada aksesori lokal terpilih koleksi Kebun Raya Purwodadi; (2) mengetahui hubungan antara karakteristik stomata dan produktivitas umbi. Kami menghipotesiskan bahwa: (1) terdapat perbedaan karakteristik stomata dan produktivitas umbi uwi antar aksesori; (2) terdapat hubungan antara karakteristik stomata dengan produktivitas umbi.

BAHAN DAN METODE

Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Januari–Desember 2021 di lahan percobaan Ds. Tejowangi, Kec. Purwosari, Kab. Pasuruan. Penelitian tentang paradermal daun dan stomata dilakukan di Laboratorium Kebun Raya Purwodadi - Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) dan Laboratorium Biologi Universitas Negeri Malang.

Iklim Kawasan Ds. Tejowangi, Kec. Purwosari, Kab. Pasuruan yaitu memiliki kondisi lingkungan sesuai dengan yang tertera pada Tabel 1. Intensitas cahaya antara 29200–67000 Lux, di mana lahan percobaan berada di lahan terbuka sehingga dapat dikatakan intensitas cahaya cukup tinggi, dengan kelembapan udara berkisar antara 23–44%. Kelembapan tanah sekitar 15–50% dengan tingkat keasaman (pH) tanah cenderung asam yaitu berkisar antara 5,3–6,8.

Tabel 1. Nilai faktor lingkungan pada lahan percobaan uwi di Ds. Tejowangi, Kec. Purwosari, Kab. Pasuruan

Faktor lingkungan	Nilai
Intensitas cahaya (lux)	29200–67000
Kelembapan udara (%)	23–44
Suhu udara (°C)	24–44,3
Kelembapan tanah (%)	15–50
pH tanah	5,3–6,8

Bahan dan alat penelitian

Sampel daun yang digunakan adalah daun *D. alata* aksesori 57 (uwi ketan putih) dan 86 (uwi cemeng). Pemilihan aksesori didasarkan pada keunggulan nutrisi, rendah karbohidrat dan lemak, serta rerata bobot umbi paling tinggi diantara aksesori yang lain (Fiqa et al. 2021). Pengambilan sampel daun dilakukan pada 10 individu tanaman pada masing-masing aksesori, di mana daun yang dipilih adalah daun dewasa (dengan umur tanaman \pm 6–7 bulan)

Sampel umbi yang digunakan adalah umbi aksesori 57 dan 86 dari individu tanaman yang sama dengan pengamatan karakteristik stomata. Pengambilan sampel umbi dilakukan pada seluruh umbi yang diperoleh dari setiap 10 individu tanaman pada masing-masing aksesori.

Tahapan penelitian

Pembuatan sediaan sayatan paradermal daun

Pembuatan preparat menggunakan metode *whole mount* (Sass 1951), diawali dengan proses fiksasi pada daun menggunakan alkohol 70% (15 menit). Selanjutnya daun yang telah difiksasi dan direndam dalam larutan HNO₃ 20% (4–6 jam). Langkah berikutnya, lapisan epidermis abaksial disayat menggunakan pinset dan silet, kemudian dilanjutkan dengan proses pewarnaan menggunakan safranin 1% (5 menit) dan hasil sayatan dipindahkan pada gelas obyek. Preparat epidermis diberi media gliserin 85% dan ditutup dengan kaca penutup, dan selanjutnya diamati menggunakan Mikroskop Olympus CX31 yang terhubung dengan lensa Dino-Lite Eye pada pembesaran 100x dan 400x.

Parameter karakter stomata yang diamati adalah tipe kompleks stomata, persentase frekuensi tipe kompleks stomata (%), jumlah stomata, kerapatan stomata (mm⁻²), dan ukuran keliling stomata (μ m). Tipe kompleks stomata dianalisis berdasarkan jumlah sel tetangga yang mengelilingi stomata dan bentuk serta ukuran sel epidermis dibandingkan dengan sel tetangga. Pengklasifikasian tipe kompleks stomata merujuk pada Metcalfe & Chalk (1957). Persentase frekuensi tipe kompleks stomata merujuk pada Abdulrahman et al (2009) yang diperoleh dari persentase kemunculan setiap tipe kompleks stomata dalam total 60 bidang pandang pada setiap aksesori. Jumlah stomata dihitung per satuan luas bidang pandang, sedangkan kerapatan stomata dihitung berdasarkan jumlah stomata dibagi satuan luas bidang pandang. Selanjutnya ukuran keliling stomata dihitung menggunakan bantuan aplikasi ImageJ (Matthaeus et al. 2020).

Pengambilan sampel umbi uwi

Umbi dipanen ketika tanaman mengalami dormansi (umur tanaman \pm 9 bulan). Parameter produktivitas umbi yang diamati adalah jumlah umbi per individu tanaman, bobot umbi (kg), panjang umbi (cm), lebar umbi (cm), dan diameter umbi (cm). Panjang umbi diukur dengan bantuan meteran dari bagian pangkal sampai ujung umbi. Lebar umbi diukur dari sisi terlebar umbi. Diameter umbi diperoleh dari pengukuran keliling umbi dibagi ϕ (3,14).

Pengamatan faktor lingkungan habitat uwi

Parameter lingkungan yang diamati meliputi intensitas cahaya (menggunakan luxmeter), kelembapan udara, dan suhu udara (menggunakan thermohygrometer), kelembapan tanah dan pH (menggunakan soil

tester). Pengambilan data lingkungan dilakukan di saat musim penghujan dan kemarau, di mana pada setiap musim dilakukan pengukuran sebanyak lima kali pada lokasi penanaman.

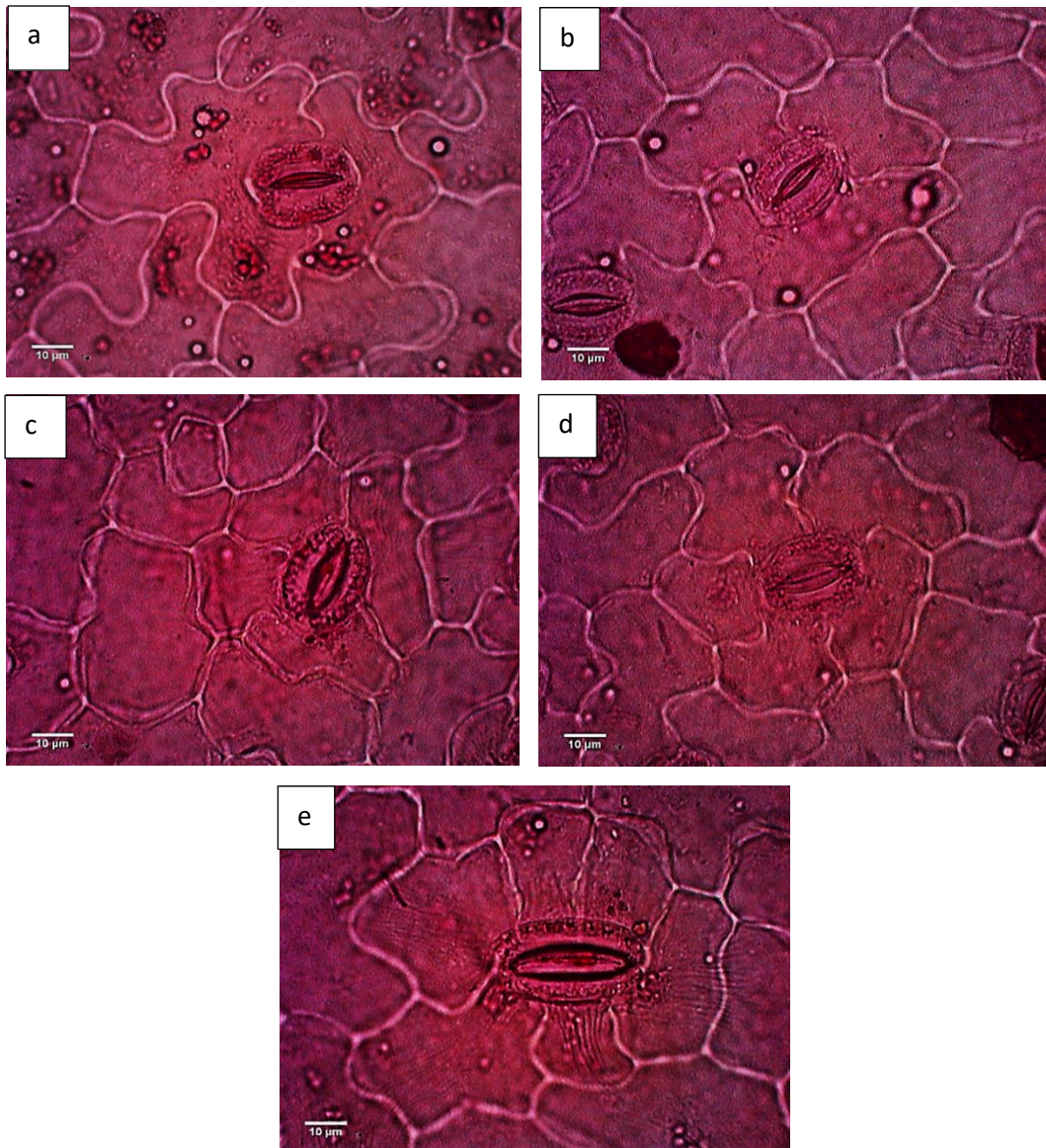
Analisis data

Data kuantitatif karakteristik stomata dan produktivitas umbi antar aksesori dibandingkan dengan menggunakan uji T untuk data terdistribusi secara normal dan uji Mann-Whitney untuk data tidak terdistribusi secara normal (Quraisy & Madya 2021). Hubungan antara parameter karakteristik stomata (jumlah stomata, kerapatan stomata, dan ukuran keliling stomata) dan produktivitas umbi (bobot umbi) dianalisis menggunakan uji korelasi Spearman dengan bantuan *software* SPSS 25 (Sarmigi et al. 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik stomata

Tipe kompleks stomata uwi aksesori 57 dan 86 (Gambar 1), terdiri atas tipe diasitik (sel penutup dikelilingi dua sel tetangga), anisositik (sel penutup dikelilingi tiga sel tetangga), tetrasitik (sel penutup dikelilingi empat sel tetangga), dan tipe anomositik (sel penutup dikelilingi oleh lima hingga lebih sejumlah sel tetangga yang tidak berbeda dengan sel epidermis lain, baik bentuk maupun ukuran) (Metcalf & Chalk 1957; Mustika et al. 2018; Yunilasari 2018). Hasil penelitian ini sejalan dengan Huber (1998) dan Rudall et al. (2017) yang menyatakan bahwa tipe kompleks stomata pada suku Dioscoreaceae adalah anisositik dan anomositik. Selain itu, hasil penelitian Purnomo et al. (2020) juga mengungkapkan bahwa tipe kompleks stomata yang ditemukan pada uwi didominasi tipe stomata dengan jumlah 3–4 sel tetangga.



Gambar 1. Tipe kompleks stomata uwi dalam satu luas bidang pandang pada pembesaran 400x: a) diasitik, b) anisositik, c) tetrasitik, d) anomositik (dengan 5 sel tetangga), dan e) anomositik (dengan 6 sel tetangga)

Tipe kompleks stomata anisositik memiliki persentase frekuensi tertinggi pada kedua aksesori, kemudian diikuti oleh tipe tetrasitik (Tabel 2). Hasil kajian lain menyebutkan bahwa tipe stomata dan frekuensi tipe stomata biasanya digunakan sebagai salah satu karakter untuk membedakan jenis (Abdulrahman *et al.* 2009; Harrison *et al.* 2020). Namun demikian, beberapa penelitian lain telah melaporkan bahwa stomata berbentuk halter menunjukkan gerakan stomata yang cepat, di mana laju pembukaan stomata lebih cepat dibandingkan stomata berbentuk ginjal (Franks & Farquhar 2007; Drake *et al.* 2013; McAusland *et al.* 2016; Chen *et al.* 2017; Raissig *et al.* 2017). Stomata berbentuk ginjal anomositik, memiliki bentuk dan volume sel tetangga yang secara signifikan berdampak pada pertukaran gas. Selain itu, tanaman pakis dengan sel tetangga yang lebih tipis dapat meningkatkan laju fotosintesis tiga kali lebih tinggi, dibandingkan dengan stomata lebih gemuk pada tumbuhan purba (Franks 2006).

Tabel 2. Karakteristik stomata uwi aksesori 57 dan 86

Aksesori/ Nama Lokal	Tipe Kompleks Stomata	Persentase frekuensi Tipe Kompleks Stomata (%)	Jumlah Stomata (mm ⁻²)	Kerapatan Stomata (mm ⁻²)	Ukuran Keliling Stomata (µm)
Aksesori 57 (Uwi ketan putih)	Diasitik	2,67 ^{ns}	43*	204,36*	395,01 ^{ns}
	Anisositik	62,62*			
	Tetrasitik	30,28*			
	Anomositik				
	- (dikelilingi 5 st)	4,41 ^{ns}			
Aksesori 86 (Uwi cemeng)	- (dikelilingi 6 st)	0,19 ^{ns}	57*	269*	380,77 ^{ns}
	Diasitik	3,01 ^{ns}			
	Anisositik	57,71*			
	Tetrasitik	34,07*			
	Anomositik				
- (dikelilingi 5 st)	4,22 ^{ns}				
- (dikelilingi 6 st)	0,39 ^{ns}				

Keterangan : st = sel tetangga; * = menyatakan beda nyata pada uji T dan Mann-Whitney signifikansi < 0,05; ns = tidak beda nyata pada uji T dan Mann-Whitney signifikansi > 0,05.

Hasil nilai rerata data jumlah stomata, kerapatan, dan ukuran keliling stomata pada kedua aksesori juga disajikan pada Tabel 2. Hasil analisis data menunjukkan bahwa diantara karakter stomata yang diamati terdapat dua karakter yang berbeda nyata secara signifikan antara aksesori 57 dan 86, yaitu jumlah stomata dan kerapatan stomata, sedangkan ukuran keliling stomata menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata antar aksesori.

Ukuran keliling stomata uwi pada Tabel 2 menunjukkan perbandingan yang terbalik dengan jumlah stomata dan kerapatan stomata. Hasil pengukuran keliling stomata menunjukkan bahwa aksesori 57 dengan ukuran keliling stomata lebih besar (395,01 µm) memiliki kerapatan stomata lebih rendah, yaitu sebesar (204,36 mm⁻²), dan sebaliknya pada aksesori 86 dengan ukuran keliling stomata aksesori lebih kecil (380,77 µm) memiliki

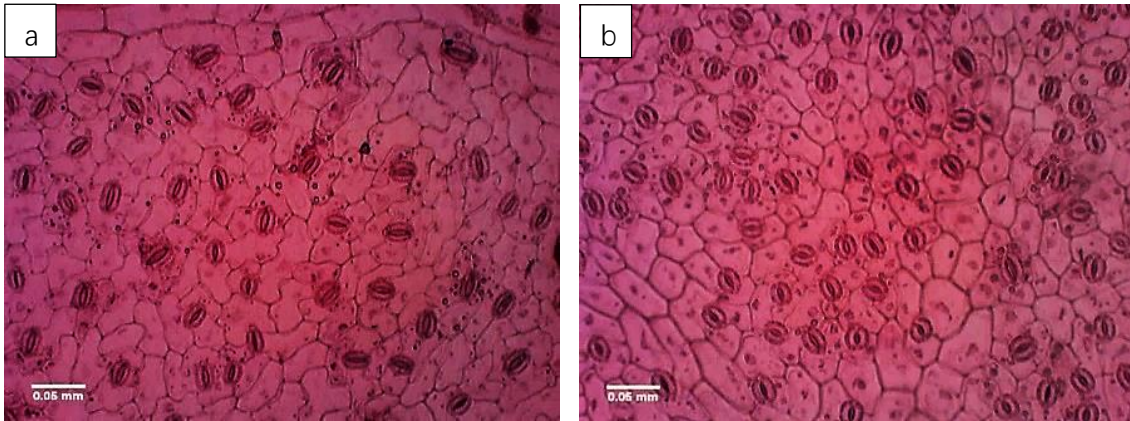
Tingginya persentase frekuensi stomata tipe anisositik dan tetrasitik pada aksesori 57 berbanding terbalik dengan aksesori 86. Tingginya frekuensi tipe anisositik pada aksesori 57 tidak berbanding lurus dengan rata-rata bobot umbi yang dihasilkan (Tabel 4). Sebaliknya, tingginya persentase tipe tetrasitik pada aksesori 86 berbanding lurus dengan rata-rata bobot umbi yang dihasilkan pada aksesori tersebut (Tabel 4). Hal ini kemungkinan disebabkan karena tipe stomata tetrasitik (dikelilingi empat sel tetangga) memiliki kemampuan pertukaran gas lebih tinggi dibandingkan dengan tipe anisositik (dikelilingi tiga sel tetangga), sehingga berpengaruh terhadap peningkatan laju fotosintesis yang lebih cepat. Hal ini didukung hasil penelitian yang menyatakan bahwa, variasi bentuk dan ukuran keliling stomata diketahui dapat mempengaruhi fungsinya dalam proses pertukaran gas dan fisiologi tanaman (Woolfenden *et al.* 2018).

kerapatan stomata lebih tinggi yaitu sebesar (269,2 mm⁻²). Hal ini sesuai dengan Metcalfe & Chalk (1988) dan Beerling & Woodward (1997) yang menyatakan bahwa ukuran keliling stomata yang besar memiliki kerapatan stomata rendah. Hasil perbandingan kerapatan stomata aksesori 57 dan 86 disajikan pada Gambar 2.

Hasil penelitian Abdulrahman *et al.* (2009) menunjukkan *D. alata* di Nigeria memiliki rerata nilai ukuran keliling stomata lebih kecil (0,74 µm) dibandingkan hasil penelitian ini (380,77–395,05 µm). Perbedaan ukuran keliling stomata kemungkinan dapat disebabkan karena perbedaan kultivar yang digunakan, di mana kultivar tanaman yang berbeda mungkin memiliki kemampuan pertukaran gas yang berbeda. Selain itu perbedaan faktor lingkungan (intensitas cahaya dan suhu) juga dapat menjadi penyebab utama perbedaan nilai

ukuran keliling stomata, di mana dalam kondisi intensitas cahaya tinggi dapat menyebabkan ukuran keliling stomata semakin kecil (Haryanti 2010) dan begitu pun sebaliknya. Menurut Bertolino *et al.* (2019), variasi ukuran keliling

stomata, kerapatan stomata, dan indeks stomata dapat terjadi karena faktor genetik dan/atau pertumbuhan di bawah kondisi lingkungan yang berbeda.



Gambar 2. Kerapatan stomata uwi dalam satu luas bidang pandang pada pembesaran 100x: a) uwi ketan putih/aksesi 57, b) uwi cemeng/aksesi 86

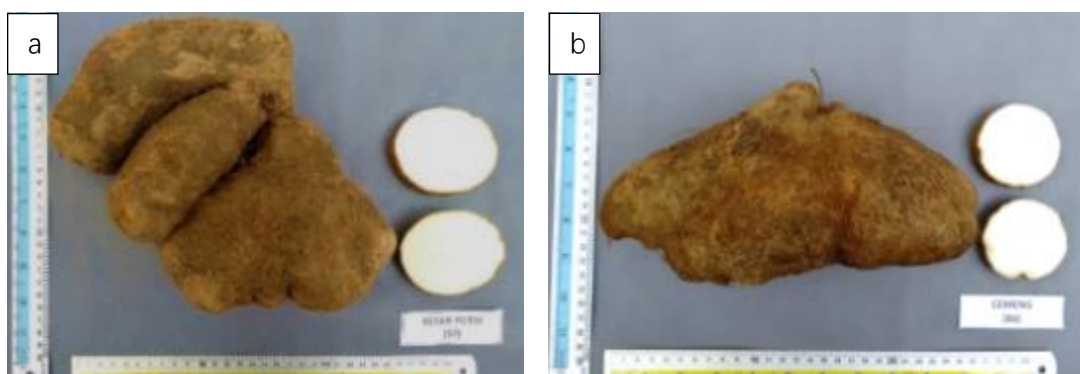
Karakter morfologi umbi

Hasil karakterisasi umbi uwi aksesori 57 dan 86 disajikan pada Tabel 3. Kedua aksesori uwi memiliki karakter bentuk umbi dengan arah percabangan umbi yang berbeda, di mana arah percabangan umbi aksesori 57 berada di pangkal, tengah, dan ujung, sedangkan aksesori 86 hanya di ujung (Gambar 3). Selain itu, karakter pembeda lain antara umbi aksesori 57 dan 86 terdapat pada warna kulit bagian dalam. Hasil pengamatan yang diperoleh mendukung hasil penelitian Fauziah & Mas'udah (2015), yaitu warna kulit bagian dalam aksesori

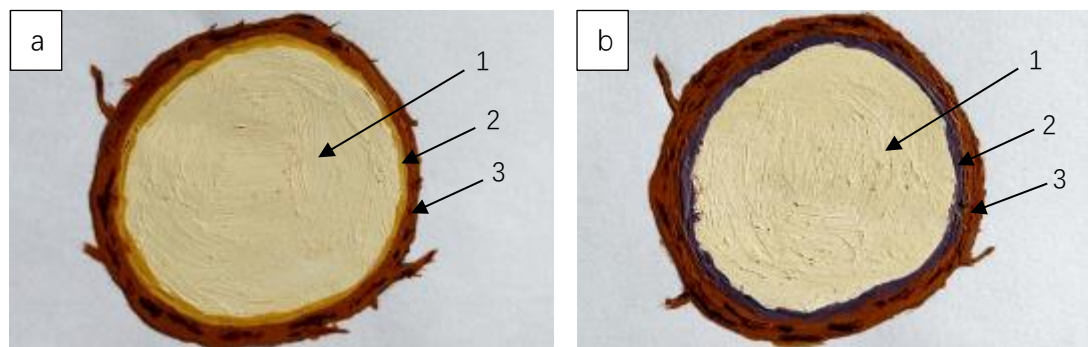
57 adalah cokelat terang, sedangkan warna kulit bagian dalam aksesori 86 adalah ungu terang (Gambar 4). Berdasarkan hasil pengamatan karakter di atas, dapat dilihat bahwa antar aksesori dalam satu jenis memiliki perbedaan secara morfologi. Hasil kajian pada beberapa aksesori dari jenis tanaman lain, menyebutkan bahwa dalam proses karakterisasi, karakter morfologi dapat digunakan sebagai penanda untuk membedakan antar aksesori (varietas) (Rahayu *et al.* 2017).

Tabel 3. Hasil karakterisasi morfologi umbi uwi aksesori 57 dan 86

Karakter	Aksesori>Nama Lokal	
	Aksesori 57 (Uwi ketan putih)	Aksesori 86 (Uwi cemeng)
Bentuk umbi	Secara umum oval, oval-oblong, beberapa bulat, pipih, dan tidak beraturan	Secara umum bulat, oval, beberapa pipih, dan tidak beraturan
Arah percabangan umbi	Atas (pangkal), tengah, bawah (ujung)	Bawah umbi (ujung)
<i>Corm</i>	Kecil hingga sedang berbentuk bulat, lonjong, sampai memanjang	Kecil, berbentuk bulat hingga lonjong
Warna daging umbi	Putih tulang	Putih tulang
Kulit umbi	Luar cokelat, dalam cokelat terang	Luar cokelat, dalam ungu terang
Tekstur kulit umbi	Keriput dan terdapat sedikit akar pada seluruh permukaan umbi	Keriput dan terdapat sedikit akar pada seluruh permukaan umbi



Gambar 3. Morfologi umbi uwi: a) uwi ketan putih/aksesi 57, b) uwi cemeng/aksesi 86



Gambar 4. Sketsa umbi uwi: a) uwi ketan putih/aksesi 57, b) uwi cemeng/aksesi 86; 1) daging buah, 2) kulit bagian dalam, 3) kulit bagian luar

Produktivitas umbi

Produktivitas umbi berdasarkan semua parameter yang diamati, tidak ditemukan adanya perbedaan signifikan antar aksesori (Tabel 4). Namun, jika ditinjau dari rerata nilai yang telah diukur, aksesori 86 unggul dalam parameter bobot umbi, lebar umbi, dan diameter umbi. Sedangkan aksesori 57 unggul dalam parameter panjang umbi. Variasi karakter morfologi dan produktivitas umbi

dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal yaitu gen dan faktor lingkungan sebagai stimulan untuk mengekspresikan karakter tersebut (Lestari & Apriyadi 2017). Namun demikian, variasi morfologi tanaman tidak akan menunjukkan nilai yang signifikan apabila faktor genetik berperan dominan dalam mempengaruhi tanaman tersebut (Suranto 2002).

Tabel 4. Nilai rerata produktivitas umbi uwi aksesori 57 dan 86

Aksesori>Nama Lokal	Jumlah umbi per tanaman	Bobot umbi (kg)	Panjang umbi (cm)	Lebar umbi (cm)	Diameter umbi (cm)
Aksesori 57 (Uwi ketan putih)	5 ^{ns}	1,36 ^{ns}	11,31 ^{ns}	8,7 ^{ns}	7,29 ^{ns}
Aksesori 86 (Uwi cemeng)	5 ^{ns}	2,13 ^{ns}	10,97 ^{ns}	10,7 ^{ns}	8,84 ^{ns}

Keterangan : ns = menyatakan tidak beda nyata pada uji T dan Mann-Whitney signifikansi > 0,05.

Pertumbuhan *Dioscorea* yang optimal berada pada keadaan lingkungan yang kering dengan intensitas cahaya tinggi (Andika et al. 2017; Fiqa et al. 2021). Hal ini sesuai dengan kondisi lingkungan pada lahan uji coba uwi yang juga memiliki intensitas cahaya tinggi berkisar antara 29200–67000 Lux (Tabel 1) dengan kondisi lingkungan cenderung kering. Pada lahan percobaan dapat dilihat bahwa, tanaman uwi masih dapat tumbuh dengan baik dengan kondisi intensitas cahaya lebih tinggi 29200–67000 Lux dibanding penelitian Fiqa et al. (2021) antara 3235-12456 Lux, dengan kelembapan udara 23-44% dan kelembapan tanah 15–50% yang kondisinya lebih rendah dibanding penelitian Fiqa et al. (2021), yaitu kelembapan udara sekitar 38–57,83% dan kelembapan tanah antara 47,67–65,33%. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Abdillah (2015), yang menjelaskan bahwa uwi adaptif ditanam pada lahan-lahan yang cenderung kering dengan kondisi minim air dan miskin hara (Takada et al. 2017; Padhan & Panda 2020). Hal ini menunjukkan bahwa toleransi tanaman uwi terhadap berbagai macam kondisi lingkungan cukup baik, meskipun pada penelitian sebelumnya dilaporkan pertumbuhan aksesori 57 juga dipengaruhi oleh kelembapan udara, sedangkan aksesori 86 dipengaruhi oleh pH tanah (Fiqa et al. 2021).

Hubungan antara karakteristik stomata dan produktivitas umbi

Analisis korelasi jumlah stomata, kerapatan stomata, dan ukuran keliling stomata dengan produktivitas umbi (bobot umbi) pada uwi aksesori 57 dan 86 ditunjukkan pada Tabel 5. Analisis korelasi Spearman pada parameter jumlah stomata dan kerapatan stomata dengan bobot umbi menunjukkan korelasi yang kuat dengan arah hubungan positif ($P < 0,01$), sedangkan parameter ukuran keliling stomata dengan bobot umbi menunjukkan korelasi yang lemah dengan arah hubungan negatif ($P < 0,05$).

Tabel 5. Analisis korelasi karakteristik stomata dan produktivitas umbi uwi aksesori 57 dan 86

Parameter	Koefisien korelasi	Arah hubungan
Jumlah stomata >< bobot umbi	0,533**	Positif
Kerapatan stomata >< bobot umbi	0,753**	Positif
Ukuran keliling stomata >< bobot umbi	- 0,199*	Negatif

Keterangan : ** = menyatakan korelasi kuat pada uji korelasi Spearman dengan signifikansi < 0,01; * = korelasi lemah dengan signifikansi < 0,05.

Kerapatan stomata merupakan salah satu parameter ekofisiologi penting yang mempengaruhi fotosintesis dibandingkan dengan berbagai karakter stomata lainnya (indeks stomata, ukuran keliling stomata, panjang stomata, dan lebar stomata) (Martins *et al.* 2010). Hal ini mendukung hasil penelitian yang menghasilkan korelasi positif antara kerapatan stomata dengan bobot umbi. Proses fotosintesis sangat bergantung pada stomata yang berfungsi sebagai tempat keluar masuknya gas, terutama CO₂ (Franks *et al.* 2012). Selain itu, perubahan intensitas cahaya, suhu, kelembapan udara, konsentrasi CO₂ di atmosfer, dan kadar air tanah juga dapat mempengaruhi proses persinyalan internal dalam proses fotosintesis maupun transpirasi (Assmann & Jegla 2016; Chaves *et al.* 2016). Respon stomata berfungsi dalam menyeimbangkan kebutuhan CO₂ untuk fotosintesis dan kehilangan air dalam proses transpirasi. Menurut Franks & Beerling (2009), perubahan peningkatan kerapatan stomata yang ditandai dengan mengecilnya ukuran keliling stomata dapat mempertahankan atau meningkatkan total area pori, di mana dapat berpotensi menghasilkan peningkatan pertukaran gas dalam proses fotosintesis. Peningkatan proses fotosintesis dapat berpengaruh terhadap perkembangan dan produktivitas tanaman (Verma *et al.* 2020).

Hasil uji korelasi antara ukuran keliling stomata dengan bobot umbi menunjukkan korelasi dengan arah hubungan negatif. Hal ini ditunjukkan dari nilai ukuran keliling stomata aksesori 86 yang lebih kecil, namun memiliki bobot umbi yang lebih besar dibandingkan dengan aksesori 57. Data ini menunjukkan bahwa ukuran keliling stomata memiliki pengaruh terhadap bobot umbi meskipun pengaruhnya sangat lemah terhadap bobot umbi. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan faktor lingkungan. Perbedaan faktor lingkungan yang mencakup intensitas cahaya dan suhu, serta faktor genotipe seperti kapasitas fotosintesis dan aktivitas enzim, kemungkinan besar masih dianggap sebagai faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Maghsoudi & Moud 2008). Selain itu, faktor genetik seperti perbedaan kultivar pada setiap tanaman juga dianggap turut berperan mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman, karena masing-masing kultivar tanaman memiliki kapabilitas pertukaran gas yang berbeda (Farquhar *et al.* 2002).

Data bobot umbi antar aksesori menunjukkan bahwa aksesori 86 lebih besar nilainya dibandingkan aksesori 57, namun setelah dilakukan uji T menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata. Kedua aksesori ini berpotensi untuk dikembangkan karena meskipun ditanam dalam kondisi lingkungan yang cenderung kering dan terpapar intensitas cahaya matahari langsung. Hal ini dapat meningkatkan kapasitas dalam program budidaya dan mendukung upaya

diversifikasi pangan berbasis komoditas lokal jika dikembangkan lebih jauh. Selain itu, hasil penelitian ini berperan penting sebagai sumber rujukan dalam pengembangan budidaya uwi berikutnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kedua aksesori (57 dan 86) berbeda secara nyata pada jumlah stomata dan kerapatan stomata, tetapi tidak berbeda nyata pada ukuran keliling stomata, jumlah umbi per tanaman, bobot umbi, panjang umbi, lebar umbi, dan diameter umbi. Namun demikian secara umum, jumlah stomata, kerapatan stomata, dan ukuran keliling stomata berkorelasi terhadap produktivitas umbi. Selanjutnya, perlu dilakukan studi mengenai karakteristik stomata dan produktivitas umbi pada lokasi terbuka dan ternaungi untuk memperoleh lebih banyak informasi mengenai pengaruh lingkungan terhadap karakter stomata dan produktivitas umbi. Kajian lebih mendalam juga perlu dilakukan sebagai langkah awal dalam program budidaya uwi dan harapan ke depannya dapat meningkatkan diversifikasi produksi umbi uwi, sehingga aspek kemandirian pangan dapat tercapai.

DAFTAR PUSTAKA

- A'yuningsih, D. 2017. Pengaruh faktor lingkungan terhadap perubahan struktur anatomi daun. Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Biologi. Yogyakarta.
- Abdillah R. 2015. Perbaikan ruang tumbuhan umbi uwi (*Dioscorea alata* L.) dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan produktivitas umbi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Abdulrahman AA, Egbede FO, Oladele FA. 2009. Stomatal complex types, stomatal density, and the stomatal index in some species of *Dioscorea*. Archives of Biological Sciences 61(4): 847–851. DOI: <https://doi.org/10.2298/ABS0904847A>.
- Agre P, Asibe F, Darkwa K, Edemodu A, Bauchet G, Asiedu R, Adebola P, Asfaw A. 2019. Phenotypic and molecular assessment of genetic structure and diversity in a panel of winged yam (*Dioscorea alata*) clones and cultivars. Scientific Reports 9(1): 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54761-3>.
- Andika ED, Kartijono NE, Rahayu ES. 2017. Struktur dan komposisi tumbuhan pada lantai hutan jati di kawasan RPH Bogorejo BKPH Tanggel Blora. Life Science 6(1): 1–39.
- Ariska FM, Qurniawan B. 2021. Perkembangan impor beras di Indonesia. Journal of Agriculture and

- Animal Science 1(1): 27–34. DOI: <https://doi.org/10.47637/agrimal.v1i1.342>.
- Assmann SM, Jegla T. 2016. Guard cell sensory systems: recent insights on stomatal responses to light, abscisic acid, and CO₂. *Current Opinion in Plant Biology* 33: 157–167. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2016.07.003>.
- Beerling DJ, Woodward FI. 1997. Changes in land plant function over the Phanerozoic: reconstructions based on the fossil record. *Botanical Journal of the Linnean Society* 124: 137–153. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1997.tb01787.x>.
- Bertolino LT, Caine RS, Gray JE. 2019. Impact of stomatal density and morphology on water-use efficiency in a changing world. *Frontiers in Plant Science* 10(225): 1–11. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00225>.
- Chandrasekara A, Kumar TJ. 2016. Roots and tuber crops as functional foods: A review on phytochemical constituents and their potential health benefits. *International Journal of Food Science* 2016: 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1155/2016/3631647>.
- Chaves MM, Costa JM, Zarrouk O, Pinheiro C, Lopes CM, Pereira JS. 2016. Controlling stomatal aperture in semi-arid regions. The dilemma of saving water or being cool? *Plant Science* 251: 54–64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2016.06.015>.
- Chen ZH, Chen G, Dai F, Wang Y, Hills A, Ruan YL, Blatt MR. 2017. Molecular evolution of grass stomata. *Trends in Plant Science* 22(2): 124–139. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2016.09.005>.
- Drake PL, Froend RH, Franks PJ. 2013. Smaller, faster stomata: Scaling of stomatal size, rate of response, and stomatal conductance. *Journal of Experimental Botany* 64(2): 495–505. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/ers347>.
- Dufie WMF, Oduro I, Ellis WO, Asiedu R, Maziya-Dixon B. 2013. Potential health benefits of water yam (*Dioscorea alata*). *Food and Function* 4(10): 1496–1501. DOI: <https://doi.org/10.1039/c3fo60064e>.
- Egbucha KC, Akpanudo SI, Andrew OV. 2021. Effect of chromosome number variations on stomata size and tuber yield in some accessions of white yam (*Dioscorea Rotundata* Poir). *African Scholar Journal of Agriculture and Agricultural Tech* 21(1): 1–16.
- Farquhar GD, Buckley TN, Miller JM. 2002. Optimal stomatal control in relation to leaf area and nitrogen content. *Silvia Fennica* 36(3): 625–637.
- Fauziah, Mas'udah, S. 2015. Explorations diversity of *Dioscorea* spp. varieties from Pasuruan, East Java: inventory and characterization. *Agrivita* 37(3): 193–203. DOI: <https://doi.org/10.17503/Agrivita-2015-37-3-p193-203>.
- Fauziah, Mas'udah S, Hapsari L, Nurfadilah S. 2020. Biochemical composition and nutritional value of fresh tuber of water yam (*Dioscorea alata* L.) local accessions from East Java, Indonesia. *Agrivita* 42(2): 255–271. DOI: <https://doi.org/10.17503/agrivita.v0i0.2552>.
- Ferraro V, Piccirillo C, Tomlins K, Pintado ME. 2015. Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and Yam (*Dioscorea* spp.) crops and their derived foodstuffs: Safety, security and nutritional value. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 56(16): 2714–2727. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.922045>.
- Fiqa AP, Nursafitri TH, Fauziah, Masudah S. 2021. Pengaruh faktor lingkungan terhadap pertumbuhan beberapa aksesori *Dioscorea alata* L. terpilih koleksi Kebun Raya Purwodadi. *Jurnal Agro* 8(1): 25–39. DOI: <https://doi.org/10.15575/10594>.
- Franks PJ. 2006. Higher rates of leaf gas exchange are associated with higher leaf hydrodynamic pressure gradients. *Plant, Cell and Environment* 29(4): 584–592. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2005.01434.x>.
- Franks PJ, Farquhar GD. 2007. The mechanical diversity of stomata and its significance in gas-exchange control. *Plant Physiology* 143(1): 78–87. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.106.089367>.
- Franks PJ, Beerling DJ. 2009. Maximum leaf conductance driven by CO₂ effects on stomatal size and density over geological time. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(25): 10343–10347. DOI: [10.1073/pnas.0904209106](https://doi.org/10.1073/pnas.0904209106).
- Franks J, Leitch IJ, Ruzsala EM, Hetherington AM, Beerling DJ. 2012. Physiological framework for adaptation of stomata to CO₂ from glacial to future concentrations. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 367(1588): 537–546. DOI: <https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0270>.
- Grant BW, Vatnick I. 2004. Environmental correlates of leaf stomata density. *Teaching Issues and Experiments in Ecology* 1: 1–24.
- Gratani L. 2014. Plant phenotypic plasticity in response to environmental factors. *Advances in Botany* 2014(208747). DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/208747>.
- Hafiz P, Dorly, Rahayu S. 2013. The anatomical characteristics of ten succulent *Hoya* leaves. *Buletin Kebun Raya* 16(1): 58–73.
- Hanafie R. 2010. Peran pangan pokok lokal tradisional dalam diversifikasi konsumsi pangan. *JSEP (Journal of Social and Agricultural Economics)* 4(2): 1–7.
- Hapsari RT. 2014. Prospek uwi sebagai pangan fungsional dan bahan diversifikasi pangan. *Buletin Palawija*

- 27: 26–38. DOI: <https://doi.org/10.21082/bulpalawija.v0n27.2014.p26-38>.
- Harrison EL, Arce Cubas L, Gray JE, Hepworth C. 2020. The influence of stomatal morphology and distribution on photosynthetic gas exchange. *Plant Journal* 101(4): 768–779. DOI: <https://doi.org/10.1111/tpj.14560>.
- Haryanti S. 2010. Pengaruh naungan yang berbeda terhadap jumlah stomata dan ukuran porus stomata daun *Zephyranthes Rosea* Lindl. *Buletin Anatomi dan Fisiologi* 18(1): 41–48. DOI: <https://doi.org/10.14710/baf.v18i1.2617>.
- Hong T, Lin H, He D. 2018. Characteristics and correlations of leaf stomata in different *Aleurites montana* provenances. *PLoS ONE* 13(12): 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208899>.
- Huber H. 1998. Dioscoreaceae. In Kubitzki K (ed.) *The Families and Genera of Vascular Plants, III Liliaceae (except Orchidaceae)*. Springer, Germany.
- Khoiroh Y, Harijati N, Mastuti R. 2014. Pertumbuhan serta hubungan kerapatan stomata dan berat umbi pada *Amorphophallus muelleri* Blume dan *Amorphophallus variabilis* Blume. *Jurnal Biotropika* 2(5): 249–253.
- Kinasih NA, Saptadi D, Soetopo L. 2017. Variasi karakter morfologi tanaman uwi (*Dioscorea alata* L.) di Kabupaten Turen dan Malang. *Jurnal Produksi Tanaman* 5(6): 971–980.
- Lestari T, Apriyadi R. 2017. Genetic potential of cassava biodiversity in Bangka Island, Indonesia. *Cell Biology and Development* 1(2): 41–45. DOI: [10.13057/cellbioldev/v010202](https://doi.org/10.13057/cellbioldev/v010202).
- Lynch J, Marschner P, Rengel Z. 2012. Effect of internal and external factors on root growth and development. The University of Western Australia, Australia.
- Maghsoudi K, Moud AM. 2008. Analysis of the effects of stomatal frequency and size on transpiration and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 3(6): 865–872.
- Mahanani AU, Tuhuteru S, Haryanto TAD, Rif'an M. 2020. Karakteristik stomata daun tanaman padi gogo (*Oryza sativa* L.) berdasarkan ketinggian tempat tumbuh di Kabupaten Jayawijaya. *Gontor AGROTECH Science Journal* 6(3): 251–281. DOI: [10.21111/agrotech.v6i3.4940](https://doi.org/10.21111/agrotech.v6i3.4940).
- Martins S, Pompelli M, Ventrella M, DaMatta F, Celin E. 2010. What is the influence of ordinary epidermal cells and stomata on the leaf plasticity of coffee plants grown under full-sun and shady conditions? *Brazilian Journal of Biology* 70(4): 1083–1088.
- Mas'udah S, Fauziah, Hapsari L. 2019. Cluster analysis of *Dioscorea alata* accessions of Purwodadi Botanic Gardens (Indonesia) collection based on morphological characteristic and SSR markers. *Cell Biology and Development* 3(1): 6–12. DOI: <https://doi.org/10.13057/cellbioldev/t030102>.
- Matthaeus WJ, Schmidt J, White JD, Zechmann B. 2020. Novel perspectives on stomatal impressions: Rapid and non-invasive surface characterization of plant leaves by scanning electron microscopy. *PLoS ONE* 15(9): e0238589. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238589>.
- McAusland L, Vialet-Chabrand S, Davey P, Baker NR, Brendel O, Lawson T. 2016. Effects of kinetics of light-induced stomatal responses on photosynthesis and water-use efficiency. *The New Phytologist* 211(4): 1209–1220. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.14000>.
- Metcalf CR, Chalk L. 1957. *Anatomy of the Dicotyledons Leaves, Stem, and Wood in Relation to Taxonomy with Notes on Economic Uses*. Oxford University Press, London.
- Metcalf CR, Chalk L. 1988. *Anatomy of Dicotyledons*. 2nd Edition. Oxford University Press, London.
- Mustika, Daningsih E, Marlina R. 2018. Analisis ukuran dan tipe stomata tanaman di kota Pontianak. *Artikel Penelitian* 11(1): 1–4.
- Nugroho LH, Purnomo, Sumardi, I. 2006. *Struktur dan Perkembangan Tumbuhan*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Ogidi IA, Wariboko C, Alamene A. 2017. Evaluation of some nutritional properties of water -yam (*Dioscorea alata*) cultivars in Bayelsa State, Nigeria. *European Journal of Food Science and Technology* 5(3): 1–14.
- Padhan B, Panda D. 2020. Potential of neglected and underutilized yams (*Dioscorea* spp.) for improving nutritional security and health benefits. *Frontiers in Pharmacology* 11(4). DOI: <https://doi.org/10.3389/fphar.2020.00496>.
- Purnomo P, Daryono BS, Rugayah R, Sumardi I. 2012. Studi etnobotani *Dioscorea* spp. (Dioscoreaceae) dan kearifan budaya lokal masyarakat di sekitar Hutan Wonosadi Gunung Kidul Yogyakarta. *Jurnal Natur Indonesia* 14(3): 191–198. DOI: <https://doi.org/10.31258/jnat.14.3.191-198>.
- Purnomo, Daryono BS, Rugayah, Sumardi I, Shiwachi H. 2016. Genetic variability and classification of Indonesian yams (*Dioscorea* spp.) based on RAPD analysis. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics* 48(4): 377–390.
- Purnomo, Sumardi I, Rugayah, Daryono BS. 2020. Identification and phenetic analysis of *Dioscorea* spp. and *Dioscorea alata* L. cultivars based on

- anatomical characters. AIP Conference Proceedings. Yogyakarta.
- Quraisy A, Madya S. 2021. Analisis nonparametrik Mann Whitney terhadap perbedaan kemampuan pemecahan masalah menggunakan model pembelajaran Problem Based Learning. VARIANSI: Journal of Statistics and Its Application on Teaching and Research 23(1): 51-57. DOI: 10.35580/variasiunm23810.
- Rahayu A, Susanto S, Purwoko BS, Dewi IS. 2017. Karakterisasi morfologi dan isoenzim aksesori pamelon [Citrus maxima (Burm.) Merr.] berbiji dan tidak berbiji. Jurnal Hortikultura 27(1): 11–12. DOI: 10.21082/jhort.v27n1.2017.p11-22.
- Raissig MT, Matos JL, Gil MXA, Kornfeld A, Bettadapur A, Abrash E, Bergmann DC. 2017. Mobile MUTE specifies subsidiary cells to build physiologically improved grass stomata. Science 355(6330): 1215–1218. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.aal3254>.
- Rindyastuti R, Hapsari L. 2017. Adaptasi ekofisiologi terhadap iklim tropis kering: Studi anatomi daun sepuluh jenis tumbuhan berkayu. Jurnal Biologi Indonesia 13(1): 1–15. DOI: <https://doi.org/10.47349/jbi/13012017/1>.
- Rudall PJ, Chen ED, Cullen E. 2017. Evolution and development of monocot stomata. American Journal of Botany 104(8): 1122–1141. DOI: <https://doi.org/10.3732/ajb.1700086>.
- Sarmigi E, Angela L, Tiara. 2022. Pengaruh pelatihan dan disiplin kerja terhadap kinerja karyawan pada pegadaian Kota Sungai Penuh. Jurnal Ekonomi dan Bisnis 25(1): 43-52.
- Sass JE. 1951. Botanical Microtechnique Ed. 2. The Iowa State Collage Press, Iowa.
- Shan N, Wang PT, Zhu QL, Sun JY, Zhang HY, Liu XY, Cao TX, Chen X, Huang YJ, Zhou QH. 2020. Comprehensive characterization of yam tuber nutrition and medicinal quality of *Dioscorea opposita* and *D. alata* from different geographic groups in China. Journal of Integrative Agriculture 19(11): 2839–2848. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63270-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63270-1).
- Suranto. 2002. Pengaruh Lingkungan terhadap bentuk morfologi tumbuhan. ENVIRO 1(2): 37–40.
- Takada K, Kikuno H, Babil P, Irie K, Shiwaci H. 2017. Water yam (*Dioscorea alata* L.) is able to grow in low fertile soil conditions. Tropical Agricultural and Development 61(1): 8–14. DOI: <https://doi.org/10.11248/jsta.61.8>.
- Trimanto. 2012. Karakterisasi dan jarak kemiripan uwi (*Dioscorea alata* L.) berdasarkan penanda morfologi ubi. Buletin Kebun Raya 15(1): 47–57.
- Trimanto, Hapsari L. 2015. Diversity and utilization of *Dioscorea* spp. tuber as alternative food source in Nganjuk Regency, East Java. Agrivita 37(2): 97–107. DOI: <https://doi.org/10.17503/Agrivita-2015-37-2-p097-107>.
- Verma KK, Song XP, Zeng Y, Li DM, Guo DJ, Rajput VD, Chen GL, Barakhov A, Minkina TM, Li YR. 2020. Characteristics of leaf stomata and their relationship with photosynthesis in *Saccharum officinarum* under drought and silicon application. ACS Omega 5(37): 24145–24153. DOI: <https://doi.org/10.1021/acsomega.0c03820>.
- Woolfenden HC, Baillie AL, Gray JE, Hobbs JK, Morris RJ, Fleming AJ. 2018. Models and mechanisms of stomatal mechanics. Trends in Plant Science 23(9): 822–832. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.06.003>.
- Wuryantoro, Arifin M. 2017. Explorasi dan identifikasi tanaman umbi-umbian (ganyong, garut, ubi kayu, ubi jalar, talas dan suweg) di wilayah lahan kering Kabupaten Madiun. AGRI-TEK: Jurnal Ilmu Pertanian, Kehutanan dan Agroteknologi 18(2), 72–79.
- Yunilasari M. 2018. Karakteristik Stomata pada Daun Suku Myrtaceae di UIN Raden Intan Lampung. Skripsi, Pendidikan Biologi, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.