

Perbandingan Struktur Anatomi dan Kadar Klorofil antara Daun Terinfeksi dan Tidak Terinfeksi Penyakit Kuning pada Tanaman Lada

Permitha Sonya¹, Robika¹, dan Ropalia^{2*}

¹Jurusan Biologi, Fakultas Pertanian, Perikanan dan Biologi, Universitas Bangka Belitung

Jl. Kampus Peradaban, Kampus Terpadu UBB, Kabupaten Bangka, Kepulauan Bangka Belitung

²Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian, Perikanan, dan Biologi Universitas Bangka Belitung

Jl. Kampus Peradaban, Kampus Terpadu UBB, Kabupaten Bangka, Kepulauan Bangka Belitung

*Alamat korespondensi: ropalia.agrotekubb@gmail.com

INFO ARTIKEL

Diterima: 30-09-2022

Direvisi: 30-01-2023

Dipublikasi: 30-04-2023

ABSTRACT/ABSTRAK

Comparison Anatomical Structure and Chlorophyll Concentration between Infected and Uninfected Leaves by Yellow Diseases in Black Pepper (*Piper nigrum* L.)

Keywords:

Fusarium sp.,
Meloidogyne sp.,
Radopholus similis,
stomatal density,
epidermal cell length

Early detection of yellow disease caused by parasitic nematodes *Radopholus similis* and *Meloidogyne incognita* and pathogenic fungi *Fusarium oxysporum* and *Fusarium solani* is relatively difficult. Plants can be diagnosed after plants showed chlorosis symptoms on the leaves. Changes of the anatomical structure in infected leaves so far have not been reported. This research aimed to compare the anatomical structures in uninfected and infected leaves by yellow disease on pepper. This study used two methods, whole mount method for preparation of paradermal sections and the free-hand technique for preparation transverse incisions. Measurement of chlorophyll concentration was conducted using a spectrophotometer at wavelengths of 649 nm and 665 nm. The results showed that stomatal density and epidermal cell length were significantly different between infected and uninfected leaves, and not significantly in the characters of stomatal index, upper and lower cuticle layer thickness, upper and lower epidermal layer thickness, spongy tissue thickness, palisade thickness, stomata cell length and width, guard cell length and width, epidermal cells, the width upper and lower hypodermis thickness, and leaf thickness, leaf area, and chlorophyll concentration. Pepper leaves infected had stomatal density higher and epidermal cell length shorter than uninfected leaves.

Kata Kunci:

Fusarium sp.,
Meloidogyne sp.,
Radopholus similis,
kerapatan stomata,
panjang sel epidermis

Deteksi awal penyakit kuning yang disebabkan oleh nematoda parasit *Radopholus similis* dan *Meloidogyne incognita* serta cendawan patogen *Fusarium oxysporum* dan *Fusarium solani* relatif sulit, tanaman dapat diduga terinfeksi setelah menampakkan gejala menguning pada bagian daun. Perubahan struktur anatomi daun lada yang terinfeksi penyakit kuning sejauh ini belum ada laporan tertulis. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan struktur anatomi daun lada yang tidak terinfeksi dan terinfeksi penyakit kuning. Penelitian ini menggunakan dua metode yaitu *whole mount* untuk membuat sayatan paradermal dan *free-hand technique* untuk membuat sayatan transversal. Pengukuran kadar klorofil menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 649 nm dan 665 nm. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kerapatan stomata dan panjang sel epidermis berbeda nyata antara tanaman lada yang terinfeksi penyakit dengan yang sehat dan tidak berbeda nyata pada karakter indeks stomata, tebal kutikula atas dan bawah, tebal epidermis atas dan bawah, tebal bunga karang, tebal palisade, panjang dan lebar

sel stomata, panjang dan lebar sel penjaga, lebar sel epidermis, tebal hipodermis atas dan bawah, tebal daun, luas daun, dan kadar klorofil. Daun tanaman lada terinfeksi memiliki stomata lebih rapat dan panjang sel epidermis lebih pendek dibandingkan dengan daun pada tanaman tidak terinfeksi.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Lada (*Piper nigrum* L.) atau biasa disebut dengan merica adalah tanaman perkebunan yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Lada yang bukan tanaman asli Indonesia menjadi salah satu komoditas rempah penting dan penghasil devisa yang cukup tinggi di Indonesia. Sentra utama produksi lada di Indonesia terdapat di lima provinsi yaitu Kepulauan Bangka Belitung, Lampung, Sumatera Selatan, Kalimantan Timur dan Sulawesi Selatan (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2018). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2020) hasil produksi lada tahun 2018-2019 mengalami peningkatan dari 84,6 ribu ton menjadi 85,3 ribu ton.

Direktorat Jenderal Perkebunan (2019) menyatakan bahwa Provinsi Kepulauan Bangka Belitung merupakan penghasil lada terbesar di Indonesia pada tahun 2019 dengan produksi sebesar 33,322 ribu ton. Namun, kontribusi Provinsi Bangka Belitung dalam hasil produksi dan area pertumbuhan lada terus menurun (Daras & Pranowo, 2019). Penyakit kuning merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi penurunan hasil produksi tanaman lada. Penyakit ini dapat merusak tanaman lada di wilayah Bangka hingga 32% (Mustika 2005a). Penyakit kuning sangat merugikan karena dapat menyebabkan tanaman lada berhenti berkembang dan dapat menurunkan hasil panen lada. Penyakit kuning merupakan permasalahan utama petani dalam budidaya lada di wilayah Bangka. Tingkat pemahaman petani terhadap penyebab, gejala dan ekologi penyakit kuning dan cara-cara pengendaliannya masih sangat terbatas (Munif & Sulistiawati, 2014). Meskipun, tanaman lada sakit masih mampu berproduksi, namun kematian tanaman akan terjadi dalam jangka waktu 2-3 tahun setelah kemunculan gejala (Suryanti *et al.*, 2017).

Mustika (2005a) menyatakan bahwa penyakit kuning merupakan penyakit tanaman kompleks yang disebabkan oleh interaksi beberapa patogen seperti nematoda (*Radopholus similis* dan *Meloidogyne incognita*) dan cendawan patogen (*Fusarium solani* dan *Fusarium oxysporum*). Deteksi awal penyakit kuning relatif sulit, tanaman terdeteksi sakit setelah

menampakkan gejala menguning pada bagian daun. Tanaman yang sakit menunjukkan gejala berupa daun menguning, daun kaku tergantung tegak lurus pada waktu awal dan makin lama makin mengarah ke batang. Daun sangat rapuh sehingga mudah gugur (Munif & Sulistiawati, 2014).

Berdasarkan beberapa hasil penelitian yang pernah dilakukan, tanaman terinfeksi penyakit mengalami perubahan struktur anatomi. Omara & Abdelaal (2018) menyatakan kultivar gandum yang rentan terhadap infeksi karat daun memiliki ketebalan epidermis, jaringan mesofil dan floem yang lebih rendah dibandingkan kultivar tahan. Intensitas penyakit berbanding lurus dengan jumlah stomata. Jeniria *et al.* (2015) melaporkan bahwa adanya perbedaan anatomi helaian dan pelepah daun jagung (*Zea mays* L.) antara daun yang terinfeksi penyakit bercak dan karat dengan daun sehat. Daun terinfeksi menunjukkan penebalan jaringan epidermis, peningkatan sel mesofil dan penurunan pada diameter xilem. Perubahan struktur anatomi daun lada yang terinfeksi penyakit kuning sejauh ini belum ada laporan tertulis dan diduga daun lada yang terinfeksi penyakit kuning mengalami perubahan struktur anatomi. Oleh sebab itu penelitian mengenai perubahan struktur anatomi daun lada yang terinfeksi penyakit kuning perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan struktur anatomi dan kadar klorofil daun lada yang sehat dan terinfeksi penyakit kuning.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada bulan Desember 2021 sampai Maret 2022 di Laboratorium Botani Universitas Bangka Belitung. Sampel berasal dari kebun lada di Kampak Kulan Kelurahan Tuatunu Kecamatan Gerunggang Kota Pangkalpinang. Bahan yang digunakan adalah tanaman lada varietas Lampung Daun Kecil (LDK). Tanaman sampel yang digunakan berumur 1-2 tahun. Tanaman sampel terdiri dari tanaman yang sehat dan tanaman yang sudah menunjukkan gejala penyakit kuning. Masing-masing kategori tanaman terdiri dari tiga tanaman. Setiap tanaman sampel diambil sebanyak tiga helai daun. Setiap sampel daun disayat untuk mendapatkan

tiga sayatan paradermal dan tiga sayatan transversal. Setiap sayatan paradermal diamati sebanyak 5 bidang pandang dan sayatan transversal diamati 1 bidang pandang.

Pembuatan Preparat Sayatan Paradermal

Sayatan paradermal dibuat mengikuti metode *wholemout* (Sass, 1951). Daun yang telah difiksasi dengan alkohol 70% dicuci dengan akuades. Selanjutnya sampel dilunakkan dengan merendam dalam larutan HNO₃ 35% (35 ml HNO₃ murni ditambah 65 ml akuades) hingga warna daun mengalami perubahan menjadi kuning hingga coklat. Selanjutnya sampel dicuci dengan air dan daun disayat pada bagian sisi bawah (abaksial)

menggunakan silet. Hasil sayatan direndam dalam larutan pemutih untuk menghilangkan klorofil hingga hasil sayatan menjadi bening. Selanjutnya sayatan dicuci dengan akuades untuk membersihkan larutan pemutih. Hasilnya diletakkan pada kaca preparat dan sisa akuades diserap dengan tisu kemudian sayatan ditetesi dengan larutan safranin 0,5% (0,5 g safranin dilarutkan dalam 100 ml akuades) dan dilanjutkan dengan ditetesi gliserin 30% (35 ml gliserin 85% ditambah 65 ml akuades). Kaca preparat ditutup dengan kaca penutup dan diamati di bawah mikroskop cahaya dengan perbesaran 400 kali. Setiap preparat sayatan diberi label sampel. Penentuan kerapatan dan indeks stomata (Willmer, 1983) dihitung dengan rumus:

$$\text{Kerapatan Stomata} = \frac{\text{Jumlah stomata perbidang pandang}}{\text{Luas bidang pandang (mm}^2\text{)}}$$

$$\text{Indeks Stomata} = \frac{\text{Jumlah stomata perbidang pandang}}{(\text{Jumlah stomata} + \text{Jumlah sel epidermis}) \text{ per bidang pandang}} \times 100$$

$$\text{Luas bidang pandang} = \pi r^2$$

Keterangan:

r = jari jari mikrometer objektif,

π = konstanta (3,14).

Pembuatan Preparat Sayatan Transversal

Pembuatan sediaan mikroskopis dilakukan dengan metode *free-hand technique* (Cutler, 2007). Daun yang telah difiksasi menggunakan alkohol 70% selama 24 jam dicuci dengan akuades. Selanjutnya daun disayat kemudian diletakkan di atas kaca preparat dan diwarnai menggunakan safranin 0,5% selama 15 menit. Irisan daun dicuci kembali menggunakan akuades sebanyak 3 kali dan diberikan gliserin 30% selanjutnya sayatan ditutup menggunakan kaca penutup dan diberikan label pada sisi kiri kaca objek.

Pengukuran Kadar Klorofil

Sampel daun lada yang digunakan untuk mengukur kadar klorofil adalah tiga daun yang diambil dari tiga bagian tanaman yang berbeda yaitu tanaman bagian atas, tengah dan bawah. Setiap tanaman sampel diambil tiga helai daun, sampel tanaman berjumlah enam tanaman yang terdiri dari

tiga tanaman sehat dan tiga tanaman terinfeksi. Daun dimasukkan dalam kantong plastik secara terpisah sesuai dengan kelompoknya untuk dianalisis kandungan klorofilnya di laboratorium. Sebelum diekstraksi daun lada dibersihkan dengan menggunakan air bersih, ibu tulang daun dipisahkan dari masing-masing daun kemudian daun dipotong kecil-kecil dan selanjutnya dikeringkan. Helai daun ditimbang menggunakan neraca analitik sebanyak 1 gram. Sampel yang telah ditimbang kemudian dihaluskan menggunakan mortar dan mortil. Daun yang telah dihaluskan kemudian dicampur dengan alkohol 96% sebanyak 50 ml selama 5 menit agar klorofil larut. Kemudian larutan daun yang telah halus disaring menggunakan kertas saring Whatman nomor 42. Filtrat yang diperoleh dimasukkan kedalam botol Duran 100 ml dan ditambahkan alkohol 96% hingga volume 100 mL. Larutan diukur kadar klorofilnya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 649 nm dan 665 nm (Sumiati 2021). Perhitungan kadar klorofil (Wintermans & De motts, 1965) menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Klorofil a} = 13,7 (A665) - 5,76 (A649) \text{ (mg/ l)}$$

$$\text{Klorofil b} = 25,8 (A649) - 7,60 (A665) \text{ (mg/ l)}$$

$$\text{Kandungan Klorofil Total} = 20,0 (A649) + 6,10 (A665) \text{ (mg/ l)}$$

Keterangan:

A = Absorbansi

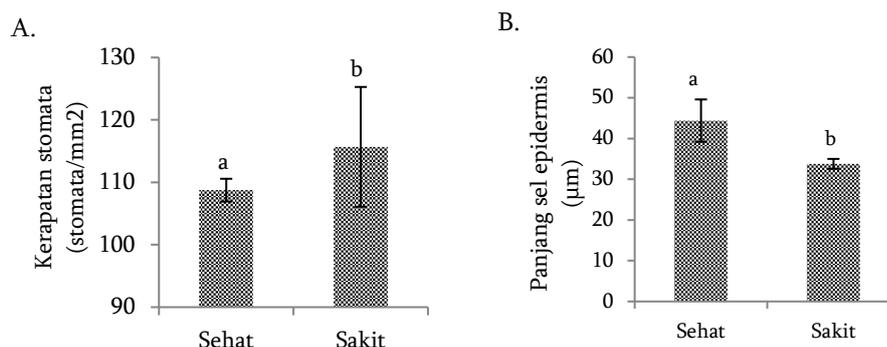
A665 = Nilai absorbansi pada panjang gelombang 665 nm.

A649 = Nilai absorbansi pada panjang gelombang 649 nm.

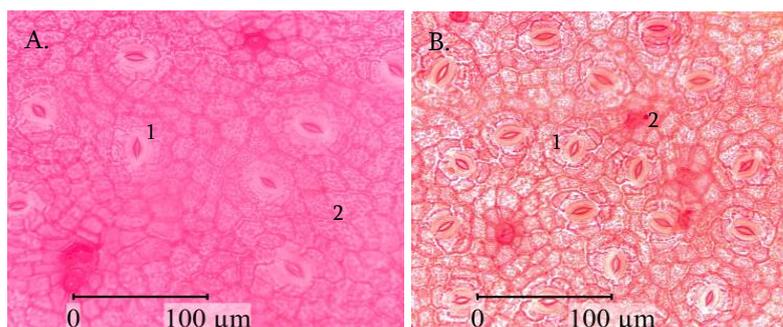
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Anatomi Daun pada Tanaman Lada yang Sehat dan yang Menunjukkan Gejala Penyakit Kuning

Anatomi daun lada varietas Lampung Daun Kecil (LDK) yang sehat dan terinfeksi penyakit menunjukkan adanya perbedaan pada karakter anatomi yang diamati. Pada sayatan paradermal, parameter anatomi yang diamati merupakan kerapatan stomata dan panjang epidermis (Gambar 1), sedangkan pada sayatan transversal parameter anatomi yang diamati adalah ketebalan kutikula atas, epidermis atas, hipodermis atas, palisade, hipodermis bawah, epidermis bawah, dan kutikula bawah (Gambar 2 dan Gambar 3).



Gambar 1. Perbandingan kerapatan stomata (A) dan panjang sel epidermis (B) pada tanaman lada yang sehat dan tanaman lada yang menunjukkan gejala penyakit kuning. Data dianalisis menggunakan uji t.



Gambar 2. Perbandingan sayatan paradermal lada Varietas Lampung Daun Kecil antara tanaman sehat (A) dan tanaman dengan gejala penyakit kuning (B) (1 = stomata, 2 = epidermis).

Hasil uji-t terhadap data kerapatan stomata dan panjang sel epidermis pada daun tanaman lada yang sehat dan sakit menunjukkan perbedaan yang nyata ($<0,05$). Kerapatan stomata pada daun tanaman lada sakit lebih tinggi dibandingkan daun tanaman lada sehat, sedangkan panjang sel epidermis pada daun tanaman lada sakit lebih rendah dibandingkan daun tanaman lada sehat (Gambar 1). Secara visual, kerapatan stomata dapat terlihat pada Gambar 2 (sayatan paradermal). Sementara hasil analisis uji-t terhadap indeks stomata, tebal epidermis atas dan bawah, tebal kutikula atas dan bawah, tebal bunga karang dan tebal palisade, panjang dan lebar sel

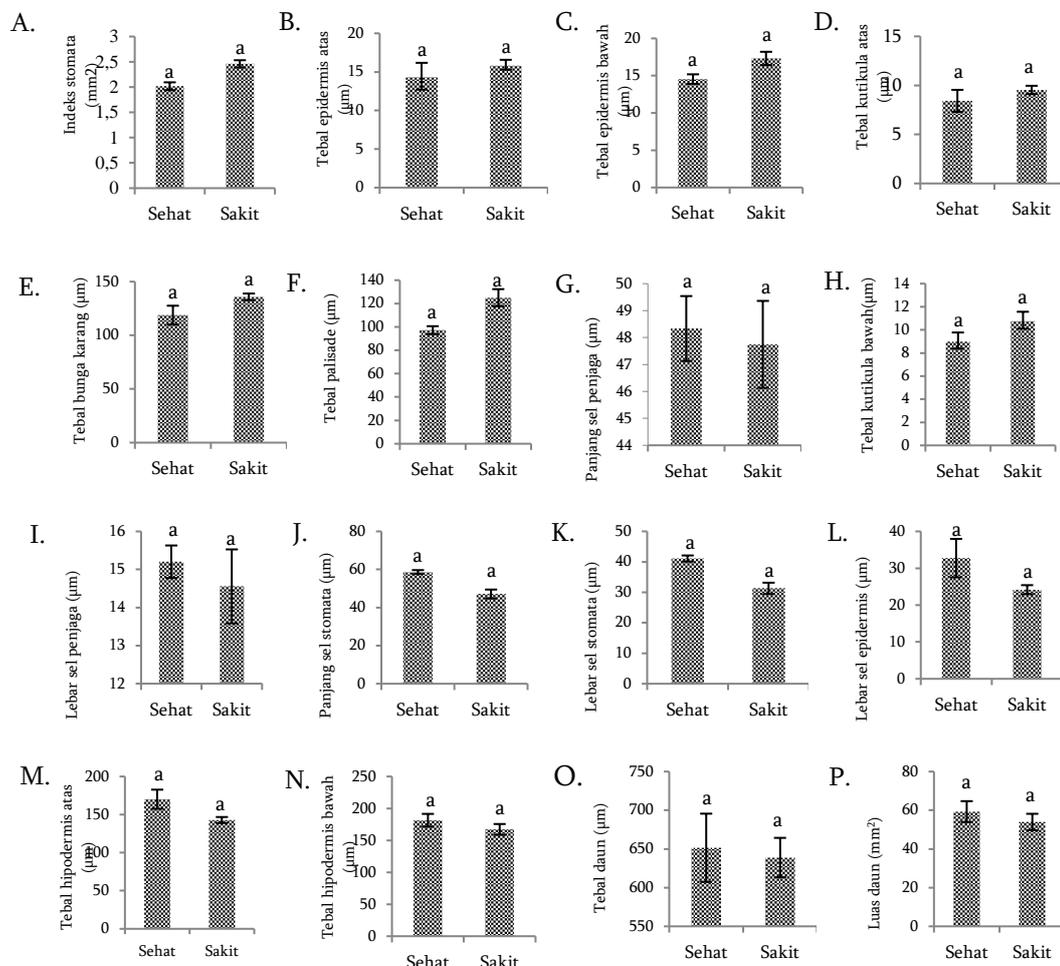
penjaga, panjang dan lebar sel stomata, lebar sel epidermis, hipodermis atas dan bawah, tebal daun serta luas daun pada daun tanaman lada sakit dan sehat menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata antara tanaman sehat dan tanaman sakit (Gambar 3A-P). Perbedaan struktur anatomi daun lada sehat dan terinfeksi penyakit kuning secara visual dapat dilihat pada Gambar 4.

Kerapatan stomata merupakan hasil bagi jumlah stomata dengan luas bidang pandang daun tertentu (Marantika *et al.*, 2021). Stomata terdiri atas sel penjaga dan sel penutup yang dikelilingi oleh beberapa sel tetangga (Hetherington & Woodward

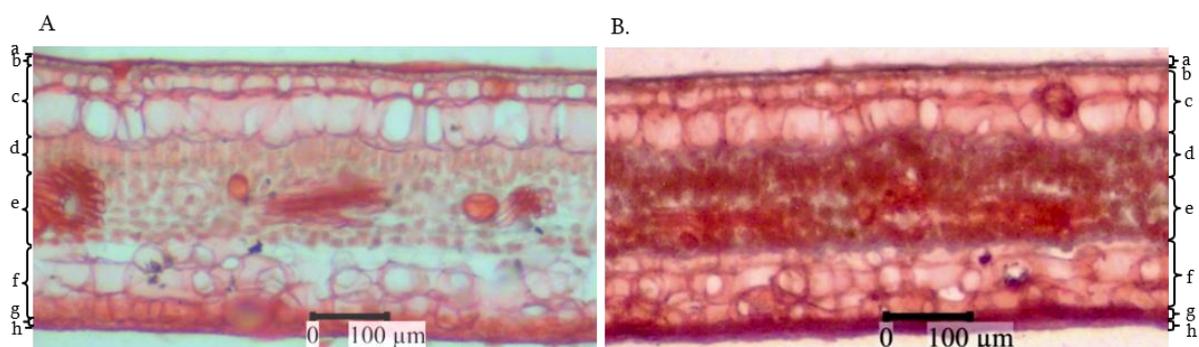
2003). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penyakit kuning diduga menyebabkan meningkatnya kerapatan stomata pada daun tanaman lada. Juairiah (2014) menyatakan bahwa perubahan kerapatan stomata akan diikuti dengan perubahan ukuran stomata pada daun *Vitex pinnata* dan *Syzygium garcinifolium*, daun yang memiliki stomata rapat memiliki ukuran stomata yang lebih kecil.

Peningkatan jumlah stomata dapat diasumsikan sebagai bentuk adaptasi tanaman terhadap lingkungan sekitar akibat dari kebutuhan transpirasi yang lebih besar (Sihotang, 2017). Kerapatan stomata berhubungan dengan proses transpirasi untuk air dalam tanaman (Peel *et al.*, 2017). Semakin banyak jumlah stomata semakin cepat laju transpirasi (Papuangan *et al.*, 2014).

Tanaman lada yang terinfeksi penyakit melakukan transpirasi untuk mempercepat laju pengangkutan unsur hara dari akar menuju daun, semakin cepat laju transpirasi berarti semakin cepat pengangkutan air dan zat hara terlarut (Silaen, 2021). Agar tidak terjadi transpirasi yang berlebihan pada tanaman, stomata menurunkan tekanan turgor dengan cara menutup stomata (Pradana *et al.*, 2017). Stomata pada tanaman lada yang terinfeksi penyakit menurunkan tekanan turgor sel penjaga sehingga ukuran stomata menjadi kecil (Bertolino *et al.*, 2019). Hal ini sesuai dengan pernyataan Lestari (2006) bahwa tanaman yang terinfeksi penyakit memiliki stomata yang lebih kecil sebagai akibat dari respon adaptif lingkungan yang tidak menguntungkan.



Gambar 3. Perbandingan beberapa karakter anatomi pada daun lada yang sehat dan yang menunjukkan gejala penyakit kuning. A. Indeks stomata, B. Tebal epidermis atas, C. Tebal epidermis bawah, D. Tebal kutikula atas, E. Tebal kutikula bawah, F. Tebal bunga karang, G. Tebal palisade, H. Panjang sel penjaga, I. Lebar sel penjaga, J. Panjang sel stomata, K. Lebar sel stomata, L. Lebar sel epidermis, M. Tebal hipodermis atas, N. Tebal hipodermis bawah, O. Tebal daun, P. Luas daun. Hasil analisis peubah tidak berbeda nyata pada uji-t.



Gambar 4. Sayatan transversal daun lada Varietas Lampung Daun Kecil; A. Tanaman sehat, B. Tanaman sakit. Keterangan: a. Kutikula atas, b. Epidermis atas, c. Hipodermis atas, d. Palisade, e. Bunga karang, f. Hipodermis bawah, g. Epidermis bawah, dan h. Kutikula bawah.

Tanaman lada merupakan tanaman C3, ketika stomata menutup dapat menyebabkan peningkatan fotorespirasi sehingga hasil fotosintesis menurun (Hamim, 2005). Fotorespirasi yang meningkat menghambat proses fotosintesis dan penyerapan air serta hara pada akar (Arve *et al.*, 2011). Penyerapan air serta hara yang terhambat menyebabkan terhambatnya pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Agrios, 2005).

Berdasarkan hasil pengamatan tebal kutikula (atas dan bawah) dan tebal epidermis (atas dan bawah) menunjukkan hasil yang berbeda tidak nyata ($>0,05$). Namun adanya infeksi penyakit ini diduga memiliki keterkaitan dengan penebalan kutikula dan epidermis meskipun tidak terlalu besar, hanya sekitar 10,25-18,95%, hal ini karena tanaman lada yang mengalami infeksi patogen di bagian perakarannya sehingga menyebabkan terhambatnya serapan hara dan mineral yang dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Suryanti *et al.*, 2017). Kutikula dan epidermis yang menebal merupakan bentuk adaptasi ketahanan struktural untuk menghambat infeksi patogen, karena kedua lapisan ini bersifat membatasi ruang interseleuler (Pradana *et al.*, 2017). Kutikula dan epidermis berfungsi melindungi jaringan dari lingkungan luar. Anatomi daun termasuk epidermis daun dapat bervariasi dengan penyesuaian terhadap faktor lingkungan (Ni *et al.*, 2022). Wang *et al.* (2023) menyatakan bahwa tanaman tahunan memiliki pertahanan anatomi yang dapat berperan dalam menghadapi cekaman biotik. Mekanisme ketahanan pasif yaitu ketahanan yang dimiliki oleh tanaman karena memiliki struktur morfologis. Struktur tersebut meliputi jumlah dan kualitas lilin kutikula yang menutupi sel epidermis, struktur dinding sel epidermis, ukuran, letak dan bentuk stomata dan

jaringan epidermis yang tebal untuk menghambat infeksi patogen (Agrios, 2005).

Hipodermis pada tanaman lada terletak di sebelah dalam jaringan epidermis. Hipodermis terletak pada kedua sisi jaringan epidermis (jaringan epidermis atas dan jaringan epidermis bawah) dan berfungsi sebagai tempat penyimpanan air (Tihurua *et al.*, 2020). Pada penelitian ini, terlihat bahwa ukuran sel hipodermis atas maupun bawah pada daun lada sehat dan sakit tidak ada perbedaan yang nyata.

Jaringan mesofil pada tanaman lada mengalami diferensiasi menjadi jaringan palisade dan jaringan bunga karang. Tanaman lada memiliki tipe daun dorsiventral atau bifasial yaitu jaringan palisade hanya terdapat pada bagian atas (*adaxial*) saja sedangkan jaringan bunga karang terdapat di bagian bawah (*abaxial*) (Aini *et al.*, 2014). Tanaman terinfeksi penyakit dilaporkan memiliki mesofil yang lebih tebal (Jeniria *et al.*, 2015). Jaringan mesofil akan mengalami penebalan apabila terinfeksi suatu patogen (Biruliova *et al.*, 2013). Pradana *et al.* (2017) menyatakan bahwa daun yang terinfeksi penyakit mengalami pembelahan sel yang lebih cepat sehingga akan mengalami perubahan ukuran.

Luas daun dan ketebalan daun antara tanaman sehat dan yang sakit juga tidak menunjukkan adanya perbedaan. Diduga penyakit kuning memerlukan waktu dalam memengaruhi anatomi daun sehingga pada penelitian ini perbedaan yang terlihat nyata antara tanaman sehat dan yang sakit baru dapat terdeteksi pada kerapatan stomata dan panjang sel epidermis saja.

Perbandingan Kadar Klorofil pada Tanaman Lada Sehat dan Tanaman Lada yang Menunjukkan Gejala Terkena Penyakit Kuning

Berdasarkan hasil analisis uji-t terhadap kadar klorofil a, klorofil b dan klorofil total daun lada sehat

dan sakit menunjukkan hasil berbeda tidak nyata ($>0,05$) (Tabel 1). Namun, secara deskriptif ada perbedaan kadar klorofil sebesar 67,3% antara daun sehat dan sakit. Kisaran kadar klorofil yang cukup lebar diduga karakteristik klorosis setiap tanaman yang diuji bervariasi. Deteksi awal gejala klorosis ini relatif sulit untuk dibedakan terhadap tanaman normal secara visual. Namun ciri khas dari penyakit ini pada awal sudah dapat terlihat bahwa posisi tajuk atau ujung daun akan mengarah pada batang meskipun klorosis masih belum terlihat dengan jelas.

Suryanti *et al.* (2013) juga menyatakan bahwa pada awal gejala klorosis daun akan kaku dan tergantung tegak lurus semakin lama akan mengarah ke batang. Pada tahap infeksi lebih lanjut klorosis akan semakin jelas. Mustika (2005b) menyatakan bahwa gejala kuning pada tajuk tanaman lada akan tampak dengan berbagai tingkat klorosis yang berbeda. Klorosis yang lama akan menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat dan kerdil sehingga gejala penyakit kuning dan klorosisnya semakin nyata.

Tabel 1. Perbandingan kadar klorofil pada daun tanaman lada varietas Lampung Daun Kecil yang sehat dan yang menunjukkan gejala penyakit kuning.

Parameter	Sehat	Sakit	Sig.
Klorofil a (mg/l)	6,049a	1,466a	0,476
Klorofil b (mg/l)	2,815a	1,400a	0,183
Klorofil total (mg/l)	8,865a	2,896a	0,884

Keterangan: angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan hasil berbeda tidak nyata pada uji-t pada tingkat kepercayaan 95% ($>0,05$)

SIMPULAN

Terdapat perbedaan kerapatan stomata dan panjang sel epidermis yang nyata antara daun sehat dan terinfeksi penyakit kuning pada tanaman lada. Daun tanaman lada terinfeksi memiliki stomata lebih rapat dan panjang sel epidermis lebih pendek dibandingkan dengan daun sehat. Karakter indeks stomata, tebal epidermis atas dan bawah, tebal kutikula atas dan bawah, tebal bunga karang, tebal palisade, panjang dan lebar sel penjaga, panjang dan lebar sel stomata, lebar sel epidermis, tebal hipodermis atas dan bawah, tebal daun, luas daun, dan kadar klorofil tidak menunjukkan hasil yang berbeda nyata antara daun tanaman lada sehat dan terinfeksi penyakit kuning.

DAFTAR PUSTAKA

Agrios, GN. 2005. Ilmu Penyakit Tumbuhan (Terjemahan Munzir Busnia). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Aini, N, D Setyati, dan Umiyah. 2014. Stuktur anatomi daun lengkung (*Dimocarpus longan* L.) Kultivar Lokal, Itoh, Pingpong dan Diamond River. Berkala Saintek. 2(1): 31-35.

Arve, LE, JE Olsen, and KK Tanino. 2011. Stomatal responses to drought stress and air humidity, abiotic stress in plants. Mechanisms and Adaptations. 267-280.

Biruliova, E, I Prosiannykova, and A Fedotova. 2013. The rust fungus *Uromyces geranii* L. localization and impact on anatomy of the host plant *Geranium sanguineum* L. Journal Modern Phytomorphology. 4(1): 109-113.

Bertolino, L, R Caine, dan J Gray. 2019. Impact of stomata density and morphology on water-use efficiency in a changing world. Frontiers in Plant Science. 10(225): 1-11.

[BPS] Badan Pusat Statistik. 2020. *Statistik Indonesia 2020*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.

Cutler, DF. 2007. Plant anatomy: An Applied Approach. Malden: Blackwell Publishing Ltd.

Daras, U dan D Pranowo. 2009. Kondisi kritis lada bangsa putih belitung dan alternatif pemulihannya. Jurnal Litbang Pertanian. 28 (1): 1-6.

[Ditjenbun] Direktorat Jenderal Perkebunan. 2017. Statistik Perkebunan Indonesia. Jakarta: Kementerian Pertanian.

[Ditjenbun] Direktorat Jenderal Perkebunan. 2019. Statistik Perkebunan Indonesia. Jakarta: Kementerian Pertanian.

Hadi, H. 2003. Analisis Genetik Sifat Ketahanan Tanaman Karet terhadap Penyakit Gugur Daun *Corynespora*. [DISERTASI]. Bogor: Institut Pertanian Bogor, Program Pascasarjana. 99 hal.

Hamim. 2005. Respon pertumbuhan spesies C3 dan C4 terhadap cekaman kekeringan dan konsentrasi CO₂ tinggi. Biofera. 22(3). 105-113.

Hetherington, AM, and FI Woodward. 2003. The role

- of stomata in sensing and driving environmental change. *Nature*. 424(6951): 901–908.
- Jeniria, F, Mukarlina, dan R Linda. 2015. Struktur anatomi dan jagung (*Zea mays* L.) yang terserang penyakit bercak dan karat. *Jurnal Protobiont*. 4(1): 84-88.
- Juairiah, L. 2014. Studi karakteristik stomata beberapa jenis tanaman revegetasi di lahan pasca penambangan timah di Bangka. *Jurnal Pendidikan Biologi*. 17(2): 213-218.
- Lestari, LG. 2006. Hubungan antara kerapatan stomata dengan ketahanan kekeringan pada tanaman padi. *Jurnal Biodiversitas*. 7(1): 44-48.
- Marantika, M, A Hiareij, dan DE Sahertian. 2021. Kerapatan dan distribusi stomata daun spesies mangrove di Desa Negeri Lama Kota Ambon. *J. Ilmu Alam dan Lingkungan* 12(1): 1-6.
- Munif, A, dan Sulistiawati. 2014. Pengelolaan penyakit kuning pada tanaman lada oleh petani di wilayah Bangka. *Jurnal Fitopalogi Indonesia*. 10(1): 8–16.
- Mustika, I. 2005a. Konsepsi dan strategi pengendalian nematoda parasit tanaman perkebunan di indonesia. *Perspektif*. 4(1): 20-32.
- Mustika I. 2005b. Penyakit kuning pada tanaman lada dan cara pengendaliannya [internet]. [diunduh 2015 September 15]. Tersedia pada: <http://balitro.litbang.pertanian.go.id/ind/images/file/Perkembangan%20TRO/edsusvol17no2/5Ika.pdf>
- Ni, X, L Sun, Q Cai, S Ma, Y Feng, Y Sun, L An, and C Ji. 2022. Variation and determinants of leaf anatomical traits from boreal to tropical forest in eastern China. *Ecological Indicators* 140: 108992.
- Omara, RI and KAA Abdelaal. 2018. Biochemmical, histopathological and genetic analysis associated with leaf rust infected in wheat plants (*Triticum aestivum* L.). *Physiological and Molecular Plant Pathology* 104: 48-57. doi: 10.1016/j.pmpp.2018.09.004.
- Papuangan, N, Nurhasanah, dan Djurumudi M. 2014. Jumlah dan distribusi stomata pada tanaman penghijauan di Kota Ternate. *Jurnal BIOèduKASI* 3(1): 287-292
- Pradana, AW, S Samiyarsih, dan JS Muljowati. 2017. Korelasi karakter anatomi daun ubi jalar (*Ipomea Batatas* L.) kultivatur tahan dan tidak tahan terhadap intensitas penyakit kudis daun. *Scripta Biologica*. 4(1): 21-29.
- Peel, JR, MMC Sanchez, PJ Lopez, and J Golubov J. 2017. Stomatal density, leaf area and plant size variation of *Rhizophora mangle* (Malpighiales: Rhizophoraceae) along a salinity gradient in the Mexican Caribbean. *Revista de Biologia Tropical*. 65(2):701-712.
- Sass, JE. 1951. *Botanical Microtechnique* Ed ke 2-lowo: The State College Press. 539-544.
- Sihotang, L. 2017. Analisis densitas stomata tanaman antanan (*Centella asiatica* l.) dengan perbedaan intensitas cahaya. *Jurnal Pro-Life*. 4(2): 329-338.
- Silaen. 2021. Pengaruh transpirasi tumbuhan dan komponen di dalamnya. *Agroprimtech*. 5(1): 2599-3232.
- Sumiati. 2021. Penggunaan pelarut etanol dan aseton pada prosedur kerja ekstraksi total klorofil daun jati (*Tectona grandis*) dengan metode spektrofotometri. *Indonesian Journal of Laboratory*. 4 (1): 30-35.
- Suryanti, B Hadisutrisno, Mulyadi, dan J Widada. 2013. Survei penyakit kuning lada dan patogen yang berasosiasi. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 9(2): 60-63
- Suryanti, B Hadisutrisno, Mulyadi, dan J Widada. 2017. Interaksi *Meloidogyne incognita* dan *Fusarium solani* pada penyakit kuning lada. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 21(2): 127-134.
- Tihurua, EF, EL Agustiani, dan K Rahmawati. 2020. Karakter anatomi daun sebagai bentuk adaptasi tumbuhan penyusun zonasi mangrove di Banggai Kepulauan, Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Kelautan Tropis*. 23(2): 255-264.
- Wang, K, L Miettinen, EH Jaber, and FO Asiegbu. 2023. Anatomical, chemical, molecular, and genetic basis for free defenses. Pp 33-57 in *Tree Disease and Pests Vol. 3*. (Asiegbu FO and Kovalchuk A Eds). Elsevier Academic Press.
- Willmer, CM. 1983. *Stomata*. London: Longman Group limited.
- Wintermans, JFGM, and W De mots. 1965. Spectrophotometric characteristics of chlorophyll a and b and their pheophytin in ethanol. *Biochim Biophys Acta*. 109:448-453.