

Ketahanan Tiga Varietas Jagung (*Zea mays* L.) terhadap Infeksi Jamur Penyakit Bulai *Peronosclerospora maydis*

Resistance of Three Maize Varieties to Downy Mildew Fungus *Peronosclerospora maydis* Infection

Ristiyani Khofifa Putri¹, Rina Sri Kasiamdari^{2*}

¹Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia 55281

²Laboratorium Sistematika Tumbuhan, Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia 55281

*Corresponding Author: rkasiamdari@ugm.ac.id

Abstrak: Jagung (*Zea mays* L.) merupakan salah satu bahan makanan pokok kelompok sereal yang memiliki persentase karbohidrat, protein, air, dan lemak yang cukup tinggi. Pada tahun 2050, permintaan jagung diperkirakan meningkat dua kali lipat, namun produktivitas harus diimbangi dengan dukungan pengelolaan penyakit dan hama jagung. Penyakit jagung yang umum dijumpai adalah penyakit bulai yang disebabkan oleh *Peronosclerospora* spp., penyakit ini menyerang daun dan biji dengan kerusakan 100%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui patogenisitas dan ketahanan jagung varietas Talenta, Pioneer 21, dan Tamara, dengan menggunakan metode in vivo semprot daun dan sisip daun. Isolat jamur diisolasi dari perontokan konidia pada daun jagung di kebun jagung daerah Sleman. Pengamatan patogenisitas jamur dan ketahanan jagung diukur berdasarkan skala gejala per dua hari uji dan pengamatan anatomi daun 45 hari setelah tanam. Perhitungan patogenisitas jamur terhadap varietas jagung menggunakan analisis pertumbuhan, kejadian penyakit, keparahan penyakit, *Area Under the Disease Progress Curve* (AUDPC), dan unit keparahan per waktu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jagung varietas Talenta agak tahan, Pioneer-21 tahan, sedangkan Tamara rentan terhadap penyakit bulai. Tingkat patogenisitas penyakit bulai mencapai 0,07 unit/hari. Infeksi penyakit bulai mencapai jaringan epidermis melalui stomata pada daun jagung.

Kata kunci: Patogenisitas, Varietas, Jagung, Bulai, Ketahanan, Anatomi

Abstract: Maize (*Zea mays* L.) is one of the staple foodstuffs of the cereal group which has a high percentage of carbohydrates, protein, water, and fats. In 2050, maize is expected to double in demand, however, productivity must be balanced with the support management of diseases and pests of maize. Common maize disease is Downy mildew caused by *Peronosclerospora* spp., this disease attacks the leaves and seeds with 100% damage. This research aimed to determine the pathogenicity and resistance of Talenta, Pioneer 21, and Tamara maize varieties, by using in vivo leaf insertion and leaf spray methods. Fungal isolates were isolated from threshing conidia from maize leaves in the Sleman area field. Observation of fungal pathogenicity and maize resistance was measured based on symptom scale per two days of test and observation of leaf anatomy 45 days after planting. Calculation of fungal pathogenicity against maize varieties used growth analysis, disease incidence, disease severity, Area Under the Disease Progress Curve (AUDPC), and severity unit per time. The result of this research showed that Talenta was moderately resistant, Pioneer-21 was resistant, and Tamara was susceptible to Downy mildew. Downy mildew pathogenicity rate reached 0,07 units/day. Downy mildew infection reached epidermis tissue through stomata on maize leaves.

Keywords: Pathogenicity, Variety, Maize, Downy mildew, Resistance, Anatomy

Dikumpulkan: 20 September 2022 Direvisi: 20 Januari 2023 Diterima: 17 April 2023 Dipublikasi: 19 April 2023

Pendahuluan

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan tanaman sereal yang merupakan bahan pangan penting karena memiliki sumber karbohidrat yang tinggi (Widiantini *et al.*, 2015). Jagung dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak, mencapai 51,4% dalam industri pakan ternak, dan juga digunakan sebagai bahan baku industri karena mengandung pati dan lemak yang rendah (Singh *et al.*, 2014; Maryani *et al.*, 2019). Jagung merupakan tanaman pangan utama ketiga setelah beras dan gandum dalam skala global (Singh *et al.*, 2014). Pada tahun 2050, permintaan jagung diperkirakan akan meningkat dua kali lipat (Maryani *et al.*, 2019). Menurut situs resmi Dinas Pertanian Provinsi DI Yogyakarta (2016), produktivitas jagung di Kabupaten Sleman adalah 69,96 ku/ha, Kabupaten Bantul 69,63 ku/ha, Kabupaten Gunungkidul 43,62 ku/ha, Kabupaten Kulonprogo 58,09 ku/ha. Ada beberapa varietas jagung di Indonesia, yaitu jagung manis, jagung hibrida, jagung ladang, jagung pop, dan jagung komposit (Abdillah, 2019).

Penyakit tanaman merupakan kendala utama dalam produksi jagung. Penyakit daun jagung yang banyak ditemukan disebabkan oleh jamur (Sutarman, 2017). Penyakit daun jagung yang disebabkan oleh cendawan antara lain *Downy mildew* (bulai) dengan patogen *Peronosclerospora maydis*, *P. philippinensis*, dan *P. sorghi* (Widiantini *et al.*, 2015). *Peronosclerospora* spp. termasuk dalam Kingdom Chromista adalah parasit obligat dan membutuhkan inang dalam kondisi hidup (Gherbawy & Voigt, 2010). Perbedaan jenis patogen dapat menyebabkan perbedaan ketahanan tanaman dan virulensi bulai (Kalqutny *et al.*, 2020). Gejala bulai berupa garis-garis putih (klorosis) agak kuning sampai nekrotik terutama pada tanaman berumur tiga minggu dan dapat menyebabkan penurunan hasil produksi hingga 100%. Klorosis memanjang dari pangkal daun dan terdapat kumpulan spora berwarna putih di permukaan atas atau bawah daun yang ditemukan terutama di pagi hari. Fase sistemik menyebabkan tanaman yang terserang menjadi kerdil dan mandul (Lukman *et al.*, 2016; Sutarman, 2017; Janruang dan Unartngam, 2018; Adhi *et al.*, 2019). Tingkat kerusakan pada tanaman yang timbul bervariasi tergantung pada ketahanan varietas jagung terhadap bulai (Widiantini *et al.*, 2015). Struktur anatomi daun jagung terdiri dari epidermis atas, epidermis

bawah, dan mesofil (Qi *et al.*, 2019). Jaringan epidermis, mesofil, dan jaringan vaskuler dapat mengalami kerusakan disebabkan oleh jamur penyebab bercak dan karat (Jeneria *et al.*, 2015). Pada infeksi bulai, konidiofor bulai yang menyerang daun jagung merusak jaringan sampai ke bagian epidermis (Rustiani *et al.*, 2015). Namun, pengamatan anatomi daun jagung yang terserang bulai belum dilakukan.

Uji ketahanan jagung telah beberapa kali dilakukan di Indonesia, salah satunya dilakukan di Kediri, Jawa Timur oleh Pakki (2017), dimana jagung yang sebelumnya memiliki resistensi tinggi menjadi rentan terhadap berbagai tingkat infeksi. Penelitian bulai di Yogyakarta juga pernah dilakukan oleh Daryono *et al.* (2018) dengan menguji ketahanan berbagai varietas jagung seperti Lagaligo, Talenta, dan Pioneer-21 terhadap bulai. Adhi *et al.* (2019) mengatakan bahwa metode inokulasi penyakit buatan seperti semprot dan sisip daun dapat menentukan efisiensi perkembangan penyakit pada tanaman oleh bulai, hal ini dipengaruhi oleh interaksi antara tanaman inang, patogen, dan kondisi lingkungan. Namun demikian, masih banyak varietas jagung seperti Tamara yang belum dievaluasi ketahanannya terhadap bulai.

Penelitian terkait uji ketahanan jagung terhadap bulai menggunakan AUDPC (*Area Under the Disease Progress Curve*) dan laju keparahan penyakit (*r*) penting dilakukan karena pada pengamatan resistensi kuantitatif peningkatan insiden dan keparahan terjadi secara bertahap, sehingga perlu menggabungkan pengamatan berulang menjadi satu nilai (Simko dan Piepho, 2012). Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian uji ketahanan bulai dari jagung varietas Talenta, Pioneer-21, dan Tamara (*Zea mays* L.) dan tingkat infeksi jamur pada jaringan daun.

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai bulan Januari - Juni 2022 di kebun penelitian Sawitsari Fakultas Biologi UGM. Data klimatologi selama penelitian diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika D.I.Yogyakarta yaitu curah hujan daerah Sleman bulan Februari tergolong rendah hingga sedang dengan rentang 51 – 200 mm/bulan. Curah hujan pada bulan Maret meningkat dari bulan sebelumnya yaitu mencapai 300 – 400 mm/bulan dengan kategori curah hujan yang tinggi.

Bahan

Bulai diisolasi dari kebun jagung di Dusun Ketingan, Desa Tirtoadi, Mlati, Kabupaten Sleman. Tanaman jagung yang digunakan adalah varietas Talenta, Pioneer-21 (P21), dan Tamara. Media tanam berupa tanah, arang sekam, pupuk kandang, urea, ZA, P, dan KCl, serta insektisida dengan bahan aktif karbofuran. Bahan kimia untuk preparasi anatomi adalah metilen biru 2%, FAA, alkohol; 70%, 80%; 90%, 95%; dan 100%, xylol, pewarna safranin 1%, balsam Kanada, gliserin, dan parafin. Kategori ketahanan varietas jagung uji yang digunakan pada penelitian ini seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori ketahanan varietas jagung uji

Varietas	Ketahanan			
	Sangat Tahan	Tahan	Agak Tahan	Rentan
Talenta	(Bani <i>et al.</i> , 2017; Daryono <i>et al.</i> , 2018)	(Marya mah <i>et al.</i> , 2017)	(Sofyan <i>et al.</i> , 2019).	-
P21	-	(Pudjiwati, 2020)	(Daryono <i>et al.</i> , 2018)	(Asputri <i>et al.</i> , 2013; Agustamia <i>et al.</i> , 2017; Bani <i>et al.</i> , 2017; Fitriyani <i>et al.</i> , 2019)
Tamara	-	Keterangan pada kemasan produk biji	-	-

Identifikasi dan Inokulasi Jamur Bulai pada Varietas Jagung

Sumber inokulum diperoleh dari tanaman jagung yang terserang bulai di lahan Dusun Ketingan, Desa Tirtoadi, Kecamatan Mlati, Kabupaten Sleman. Spora jamur diamati dengan menempelkan selotip bening pada permukaan daun, kemudian direkatkan pada objek kaca yang telah ditetesi pewarna metilen biru 2%. Spora diamati di bawah mikroskop cahaya dengan perbesaran hingga 400X (Rustiani *et al.*, 2015; Hasanuddin, 2020). Tanaman jagung uji ditanam dalam *polybag* dengan media tanah, arang sekam, dan pupuk kandang dengan perbandingan 2:1:1 dan insektisida 5 g dengan bahan aktif karbofuran. Media didiamkan selama 1x24 jam sebelum digunakan untuk penanaman. Metode inokulasi buatan diacu dari penelitian Adhi *et al.*

(2019) yaitu kontrol tanpa inokulasi bulai, penyisipan daun terinfeksi pada kecambah jagung selama 24 jam, dan semprot daun dengan suspensi bulai pada tujuh hari setelah tanam (HST). Metode sisip daun dilakukan dengan cara memasukkan kecambah jagung di antara potongan daun yang bergejala sistemik dalam wadah plastik yang telah dialasi kapas basah pada 4 HST selama 24 jam, setelah itu kecambah ditanam dalam *polybag*. Metode penyemprotan dilakukan dengan menyemprotkan suspensi konidia dengan kerapatan 10^5 konidia/ml pada tanaman jagung 7 HST pada pukul 07.00 – 09.00. Kelembaban mikro dijaga dengan penyemprotan air di sekitar tanaman dan *screen house* setiap dua hari sekali. Pada umur 7 HST, 30 HST, dan 40 HST tanaman diberi pupuk kimia urea, ZA, P, dan KCl dengan campuran 1:1:1 sebanyak 5 gr per polibag dengan cara ditimbun sekitar 5 cm dari pusat tanaman (Sari *et al.*, 2013; Pakki, 2017).

Pengukuran Pertumbuhan dan Ketahanan Varietas Jagung Terhadap Bulai

Aspek pertumbuhan yang diukur meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, berat segar dan berat kering. Pengukuran ketahanan didasarkan pada pengamatan kejadian penyakit, keparahan penyakit, AUDPC (*Area Under the Disease Progress Curve*), dan laju keparahan penyakit per hari pengamatan (*r*). Kategori ketahanan tanaman terhadap penyakit bulai seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Kategori ketahanan tanaman terhadap penyakit bulai (Kalqutny dan Pakki, 2020)

Intensitas Serangan (%)	AUDPC	Kategori Ketahanan
0-10	0-100	Tahan
11-25	100-600	Agak tahan
26-50	600-1000	Rentan
>50	>1000	Sangat rentan

Kejadian penyakit dihitung berdasarkan rumus berikut (Daryono *et al.*, 2018):

$$\frac{\text{Jumlah tanaman yang terserang}}{\text{Jumlah tanaman yang diamati}} \times 100\%$$

Keparahan penyakit dihitung berdasarkan rumus berikut (Khoiri *et al.*, 2021):

$$KP = \frac{\sum(n_i + v_i)}{V \cdot Z} 100\%$$

Keterangan:

KP = Keparahan Penyakit

n_i = Jumlah daun sakit kategori skala ke-i

v_i = Nilai skala (0-4) tanaman ke-i

V = Nilai skala tertinggi
Z = Total tanaman diamati

Skor keparahan infeksi bulai pada tanaman adalah 0 = tidak ada gejala, 1 = infeksi 1-25% dari luas daun, 2 = infeksi 26-50% dari luas daun, 3 = infeksi 51-75% dari luas daun, 4 = infeksi 76-100% dari luas daun, 5 = infeksi 26-50% dari luas daun dari. AUDPC dihitung berdasarkan rumus berikut (Khoiri *et al.*, 2021):

$$\text{AUDPC} = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) (t_{i+1} - t_i)$$

Keterangan:

AUDPC = Luas area di bawah kurva perkembangan penyakit

y_i = Nilai keparahan ke- i

t_i = Waktu pengamatan ke- i

Laju keparahan penyakit dihitung berdasarkan rumus berikut (Plank, 1963):

$$r = \frac{2,3}{t_2 - t_1} \text{Log} \left(\frac{x_2(1 - x_1)}{x_1(1 - x_2)} \right)$$

Keterangan:

r = Laju keparahan penyakit per hari

$X_{1,2}$ = Nilai keparahan penyakit pada pengamatan ke-1 dan ke-2

$T_{1,2}$ = Waktu pengamatan ke-1 dan ke-2

Pengamatan Anatomi Daun Terinfeksi Bulai

Preparasi penampang melintang daun jagung varietas Talenta, P21, dan Tamara pada 45 HST menggunakan mikrotom putar mengacu pada metode Harijati *et al.*, (2017) dan Sutikno (2018). Tahap preparasi penampang lintang daun jagung meliputi fiksasi, pencucian, dan dehidrasi, infiltrasi, penanaman, pengirisan, perekatan, pewarnaan, dan pemotongan. Helaian daun pada bagian pangkal dipotong dengan pisau cukur seluas 0,5 cm² dan diiris dengan ketebalan 10 μm .

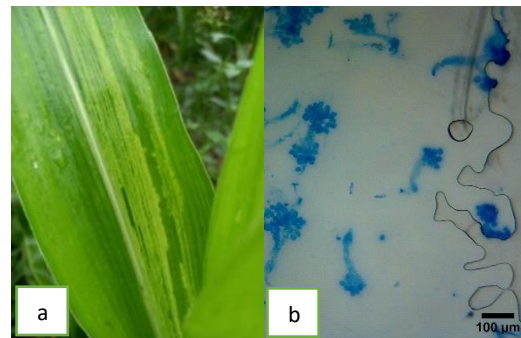
Analisis Data

Pengambilan data dilakukan setiap dua hari sekali untuk observasi dan dihitung menggunakan Ms. Excel. Analisis anatomi menggunakan metode deskriptif. Analisis statistik menggunakan software SPSS dengan ANOVA faktor tunggal, ANOVA dua faktor dengan ulangan, dan dilanjutkan dengan uji Duncan dengan taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$).

Hasil dan Pembahasan

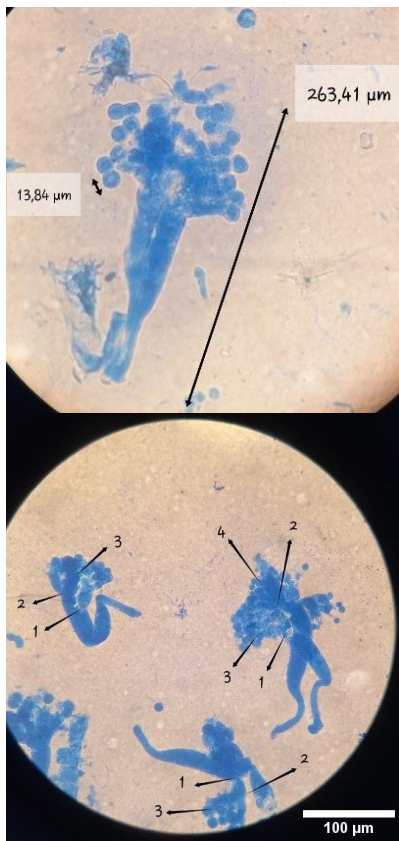
Identifikasi dan Inokulasi Jamur Bulai pada Varietas Jagung

Penelitian ini dimulai dengan observasi pada kebun jagung warga di daerah Sleman, Provinsi D.I. Yogyakarta. Kebun jagung di Desa Tirtoadi, Sleman yang diamati terserang bulai seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Penyakit bulai di kebun jagung Desa Tirtoadi, Mlati, Sleman: a. klorosis pada daun jagung; b. spora bulai dengan pewarnaan metilen biru 2%.

Beberapa tanaman jagung pada kebun di Desa Tirtoadi mengalami klorotik sistemik berwarna putih seperti pada Gambar 1a dan spora bulai diambil dengan selotip diamati kenampakannya di bawah mikroskop seperti pada Gambar 1b. Penampakan tanaman jagung dengan klorotik dan spora yang berwarna putih seperti tepung seperti pada Gambar 1a adalah ciri khas gejala infeksi bulai teramati secara makroskopis (Sutarman, 2017). Karakter spora jamur pada Gambar 1b serupa dengan kenampakan jamur bulai *Peronosclerospora* spp. yaitu terdapat konidia berbentuk bulat, membulat, oval, silindris, globose dan memanjang (Janruang and Unartngam, 2018). Konidiofor tegak, lebar, dengan apex yang panjang dan diperluas, serta bercabang sebanyak dua hingga tiga kali (Widiantini *et al.*, 2015; Ginting *et al.*, 2020). Jamur bulai yang menyerang tanaman uji yang diamati pada 45 HST adalah spesies *P.maydis* seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Spora *Peronosclerospora maydis*. Angka 1-4 menunjukkan tingkat percabangan konidiofor

Salah satu konidia yang ditemukan berbentuk bulat hingga membulat dengan panjang diameter 13,84 µm dan panjang konidiofor 263,41 µm, serta tidak memiliki septum dengan percabangan konidiofor berkisar antara 3-4 cabang dikotomis seperti pada seperti pada Gambar 2. Karakter jamur pada penelitian ini serupa dengan kenampakan jamur bulai *P. maydis* dengan ciri terdapat konidia berbentuk bulat dan membulat, konidiofor tegak, lebar, dengan *apex* yang panjang dan diperluas, dan bercabang dikotomik sebanyak 3-4 kali, muncul secara tunggal dari stomata, serta septum belum dapat diidentifikasi. Panjang konidiofor berkisar antara 100 – 500 µm dan diameter konidia berkisar antara 10 – 22 µm, serta tidak memiliki septum (Widiantini *et al.*, 2015; Janruang and Unartngam, 2018; Ginting *et al.*, 2020). Karakter tersebut berbeda dengan *P. sorghi* dengan karakteristik konidia berbentuk oval (14-29 µm) dengan percabangan konidiofor 2-3 tingkat (180-300 µm) dengan basal septum, sedangkan *P. philippinensis* konidianya berbentuk oval dan silindris (17-39 µm) dengan percabangan konidiofornya 2-4 tingkat (150-400 µm) dengan septum (Janruang and Unartngam; Ginting *et al.*, 2020). Pusat penyebaran *P. maydis* adalah Pulau

Jawa, sedangkan spesies lain tersebar di luar Jawa (Widiantini *et al.*, 2015). Faktor iklim dan inang yang berbeda (jagung, sorgum, tebu) mempengaruhi perkembangan dari fase seksual dan aseksual jamur *Peronosclerospora*. Beberapa spesies dari *Peronosclerospora* yaitu *P. philippinensis*, *P. maydis*, *P. spontanea*, dan *P. dichanthiicola* hanya dapat ditemukan dalam bentuk fase aseksual, sedangkan fase seksualnya berupa oospora tidak dapat ditemukan (Tele *et al.*, 2011). Penelitian lebih lanjut diperlukan terkait identifikasi dengan melihat karakter genetiknya.

Pengukuran Pertumbuhan dan Ketahanan Varietas Jagung Terhadap Bulai

Analisis ANOVA dua arah dilakukan untuk menentukan faktor varietas atau faktor metode inokulasi yang mempengaruhi nilai pengamatan seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis sidik ragam pengaruh varietas jagung dan metode inokulasi terhadap resistensi tanaman

Pengamatan (df2 = 8)	Varietas (df1 = 2)		Metode inokulasi (df1 = 2)	
	F. hitung	Nilai Pr.	F. hitung	Nilai Pr.
Tinggi tanaman	3,88tn	0,04*	1,39tn	0,28tn
Jumlah daun	7,52*	0,04*	0,50tn	0,62tn
Berat basah	9,82**	0,01*	0,39tn	0,68tn
Berat kering	7,76*	0,00*	0,88tn	0,43tn
Kejadian penyakit	2,70tn	0,08tn	3,60tn	0,04*
Keparahan penyakit	3,81tn	0,03*	2,88tn	0,07tn

Keterangan:

tn: Tidak berpengaruh nyata

Nilai Pr.: Nilai probabilitas

*: beda nyata (F hit>Ftabel pada P<0,05, Nilai Pr. <0,05)

** : beda nyata (F hit>Ftabel pada P<0,01, Nilai Pr. <0,05)

df: derajat kebebasan

Perbedaan nilai rerata pada pengamatan tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah, berat kering, dan keparahan penyakit dipengaruhi oleh varietas uji yang digunakan dibuktikan dengan nilai F.hitung>F.tabel atau nilai pr. <0,05, sedangkan nilai kejadian penyakit dipengaruhi oleh metode inokulasi yang digunakan dibuktikan dengan nilai pr. <0,05 seperti pada Tabel 3. Pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh sifat genetis dan varietas tanaman, pemberian perlakuan yang berbeda

tidak memberikan pengaruh nyata (Asputri *et al.*, 2013). Kejadian penyakit dipengaruhi oleh metode inokulasi dan konidia membutuhkan keadaan tidak jenuh air (Adhi *et al.*, 2019). Perkembangan keparahan penyakit dipengaruhi oleh sifat ketahanan genetik dari varietas yang digunakan dan kondisi lingkungan, sedangkan metode inokulasi tidak mempengaruhi keparahannya (Nookaraju and Agrawal, 2012; Daryono *et al.*, 2018). Tinggi, jumlah daun, berat basah, dan berat kering tanaman uji diamati untuk melihat pertumbuhan tanaman terhadap serangan bulai seperti pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Tinggi tanaman dan jumlah daun pada pengamatan 25 HST dan 45 HST

Metode	Varietas	Tinggi Tanaman (cm)		Jumlah Daun	
		25 HST	45 HST	25 HST	45 HST
Kontrol	Talenta	61,67 abc	113,00 b	6,33 abc	8,00 bc
	P21	74,00 cd	104,67 ab	6,67 bc	7,00 bc
	Tamara	66,00 abc	99,67 ab	6,00 abc	5,33 abc
Semprot	Talenta	68,67 bcd	75,00 ab	6,67 bc	6,00 abc
	P21	80,67 d	115,00 b	7,00 c	9,00 c
	Tamara	53,00 a	56,33 ab	5,33 a	3,33 ab
Sisip	Talenta	61,00 abc	88,00 ab	6,00 abc	7,33 bc
	P21	73,67 cd	115,67 b	6,67 bc	7,67 bc
	Tamara	56,33 ab	34,00 a	5,67 ab	1,67 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada tiap kolom menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan's dari ANOVA satu arah pada $P < 0.05$

Analisis nilai rerata tinggi tanaman dan jumlah daun pada 25 HST seperti pada Tabel 4 dilakukan karena bulai mulai muncul pada semua varietas uji di 25 HST seperti pada Gambar 3. Varietas jagung uji pada 45 HST yang memiliki rerata tinggi tanaman dan jumlah daun yang terbesar adalah varietas P21 (111,78 cm dan 7,11 helai), kemudian varietas Talenta (92 cm dan 7,89 helai), dan yang terkecil adalah varietas Tamara (63,33 cm dan 3,44 helai). Tinggi dan jumlah daun tanaman ditinjau dari metode semprot pada 25 HST menghasilkan nilai yang berbeda nyata, sedangkan nilai kejadian penyakitnya sama yaitu sebesar 67%. Hal ini berarti infeksi bulai pada 25 HST tidak mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Tinggi,

jumlah daun, dan kejadian penyakit bulai pada tanaman varietas Tamara sisip berbeda nyata dengan Talenta semprot pada 45 HST. Kejadian penyakit bulai pada kultivar Tamara sisip sebesar 100% sedangkan Tamara semprot sebesar 33,33%. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh kultivar dalam perkembangan penyakit bulai pada tanaman jagung. Kultivar Tamara semprot dan Tamara sisip pada 45 HST memiliki kejadian penyakit masing-masing 33,33% dan 100%, namun tinggi dan jumlah daun tidak berbeda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa metode inokulasi mempengaruhi perkembangan penyakit bulai. Varietas P21 pada 45 HST di semua perlakuan tidak menunjukkan infeksi bulai dan tidak berbeda nyata dengan varietas lainnya (Gambar 3). Hal ini berarti perbedaan tingkat infeksi bulai pada 45 HST tidak mempengaruhi tinggi dan jumlah daun.

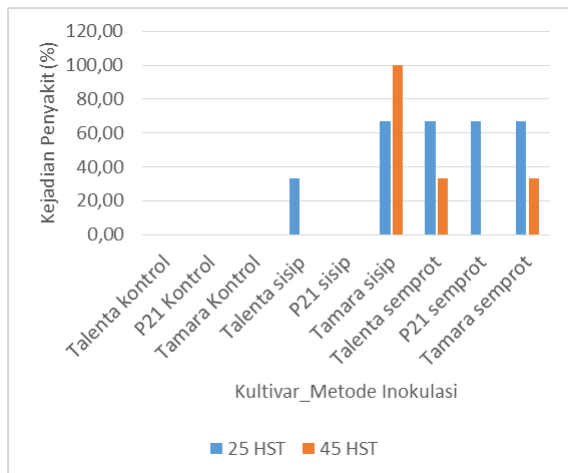
Tabel 5. Berat basah dan berat kering tanaman pada 45 HST

Metode	Varietas	Berat basah (g)	Berat kering (g)
Kontrol	Talenta	45,00 bc	4,37 bc
	P21	44,40 bc	4,43 bc
	Tamara	19,17 ab	1,53 abc
Semprot	Talenta	31,57 abc	2,87 abc
	P21	57,73 c	5,03 c
	Tamara	8,37 a	0,60 a
Sisip	Talenta	25,67 abc	1,93 abc
	P21	51,33 bc	4,07 abc
	Tamara	8,10 a	0,73 ab

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada tiap kolom menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan's dari ANOVA satu arah pada $P < 0.05$

Nilai berat basah dan berat kering seperti pada Tabel 5 digunakan untuk melihat pengaruh keparahan penyakit bulai tanaman uji pada 45 HST. Varietas jagung uji yang memiliki rerata berat basah dan berat kering yang terbesar adalah varietas P21 (51,16 g dan 4,51 g), kemudian varietas Talenta (34,08 g dan 3,06 g), dan yang terkecil adalah varietas Tamara (11,87 g dan 0,96 g). Pada pengamatan berat basah dan berat kering rerata dari Talenta semprot dan Tamara semprot tidak berbeda nyata, sedangkan nilai keparahan penyakitnya pada Gambar 4 sebesar 33%, sedangkan pada Tamara sisip daun nilai berat basah dan berat kering tidak berbeda nyata dengan Tamara semprot walaupun nilai keparahan penyakitnya mencapai 83,33%. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun nilai keparahan penyakitnya sama namun pertumbuhan tanaman tetap dipengaruhi oleh sifat genetik varietas jagung.

Kejadian penyakit setiap varietas-metode diamati pada 25 dan 45 HST diperoleh hasil seperti pada Gambar 3.



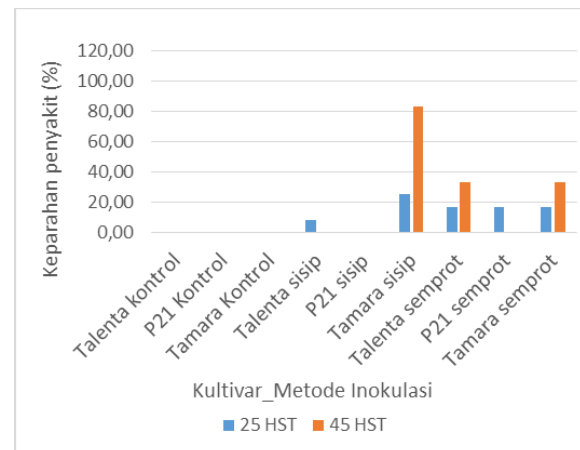
Gambar 3. Grafik kejadian penyakit pada 25 HST dan 45 HST

Nilai kejadian penyakit perlakuan semprot dari semua varietas uji adalah 67%, namun pada 45 HST nilai kejadian penyakit menurun yaitu sebesar 33% pada varietas Talenta dan Tamara, sedangkan pada varietas P21 infeksi bulai tidak ditemukan seperti pada Gambar 3. Nilai kejadian penyakit perlakuan sisip pada 25 HST yang tertinggi adalah varietas Tamara sebesar 67%, nilai ini meningkat hingga pada 45 HST diperoleh nilai kejadian penyakit sebesar 100%. Nilai kejadian penyakit Talenta sisip daun pada 25 HST sebesar 33%, nilai ini menurun hingga infeksi bulai tidak ditemukan lagi pada 45 HST. Nilai kejadian penyakit yang menurun dikarenakan pada tanaman tersebut memiliki sifat ketahanan terhadap bulai hingga dapat menghentikan perkembangan penyakit (Nookaraju and Agrawal, 2012).

Fase inkubasi dari mulai infiltrasi hingga munculnya gejala awal penyakit bulai berkisar 11 hingga 14 hari setelah terinfeksi. Infeksi inang pada tanaman jagung hingga umur tanaman 45 hari (Kalqutny *et al.*, 2020). Setelah pelepasan oospora, jamur dapat menginfeksi jagung hingga jarak 20-42 m, meskipun 70-85% infeksi terjadi dalam jarak 20 m (Lukman *et al.*, 2016). Spora bulai mudah terbawa angin dan menyebar luas sehingga dapat menginfeksi tanaman jagung yang lain (Sutarman, 2017). Pada perlakuan kontrol tidak menunjukkan infeksi bulai. Infeksi bulai yang dapat mencapai gulungan daun maka infeksi berpotensi menjadi sistemik, bila tidak gejalanya termasuk infeksi lokal hanya pada bagian yang terinfeksi. Gejala lokal infeksi bulai

dipengaruhi oleh viabilitas bulai, letak awal jatuhnya spora bulai, dan mekanisme resistensi tanaman sehingga mencegah berkembangnya bulai menjadi sistemik (Daryono *et al.*, 2018).

Keparahan penyakit setiap varietas-metode diamati pada 25 dan 45 HST diperoleh hasil seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik kejadian penyakit pada 25 HST dan 45 HST

Keparahan penyakit metode semprot dari semua varietas uji pada 25 HST bernilai sama yaitu sebesar 16,67%, kemudian pada varietas Talenta dan Tamara nilai tersebut meningkat mencapai 33% pada 45 HST, sedangkan pada P21 nilai tersebut menurun hingga 0%. Keparahan penyakit bulai perlakuan sisip varietas Talenta adalah 8,33% dan Tamara adalah 25% pada 25 HST, namun nilai keparahan penyakit varietas Talenta menurun hingga 0% pada 45 HST, sedangkan nilai keparahan pada varietas Tamara naik mencapai 83,33%. P21 sisip tidak menunjukkan adanya infeksi pada 25 HST dan 45 HST, begitu pula perlakuan kontrol pada semua varietas. Tanaman yang tahan terhadap bulai memiliki *phyto-alexins* dan metabolit sekunder lain sebagai anti jamur atau anti bakteri dengan menginduksi kematian sel sehingga menghalangi penyebaran pada sel sehat yang berdekatan (Nookaraju and Agrawal, 2012).

Peronosclerospora spp. membutuhkan adanya kelembaban mikro untuk berkecambah dan menginfeksi tanaman jagung. Kelembaban yang tinggi atau lebih dari 80-100% dan temperatur sekitar 18-30°C serta curah hujan yang rendah umumnya mendukung perkembangan keparahan penyakit bulai (Lukman *et al.*, 2016; Kalqutny *et al.*, 2020). Tekanan lingkungan yang berasal dari penggunaan varietas tahan, pestisida dan perawatan benih dapat mempercepat evolusi

genetik patogen penyebab bulai (Lukman *et al.*, 2016).

Hasil pengamatan kejadian penyakit pada 45 HST digunakan untuk kategorisasi ketahanan varietas tanaman uji seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Kategori ketahanan varietas tanaman uji

Varietas	Nilai r	Kejadian penyakit	AUDPC	Kategori ketahanan (Kalqutny dan Pakki, 2020; Ginting <i>et al.</i> , 2020)
Talenta	0,03	11%	249,98	Agak tahan
P21	0	0%	55,56	Tahan
Tamara	0,07	44%	611,10	Rentan

Kategori ketahanan varietas jagung mengacu pada penelitian Kalqutny dan Pakki (2020) dimana nilai penentu ketahanan tanaman terhadap bulai dapat berasal dari nilai kejadian penyakit dan AUDPC. Kategori ketahanan varietas Talenta adalah agak tahan dengan nilai kejadian penyakit 11% dan AUDPC sebesar 249,98, varietas P21 adalah varietas tahan bulai dengan nilai kejadian penyakit sebesar 0% dan AUDPC sebesar 55,56, kemudian varietas Tamara adalah varietas yang rentan terhadap bulai dengan nilai kejadian penyakit sebesar 44% dan AUDPC sebesar 611,10 seperti pada Tabel 5.

Laju perkembangan penyakit (r) dari varietas Talenta adalah sebesar 0,03, varietas P21 tidak memiliki nilai r , sedangkan varietas Tamara memiliki nilai r tertinggi yaitu 0,07 seperti pada Tabel 5. Nilai r dihitung dari dapat diukur jika keparahan bulai dapat diamati selama rentang pengamatan yang seragam yakni 23 – 45 HST. Nilai r semakin tinggi maka keparahan penyakit bulai semakin tinggi, nilai r pada penelitian ini sesuai dengan pada penelitian yang dilakukan oleh Ginting *et al.* (2020) nilai r dari tanaman NK-22 sebesar 0,02 dan merupakan varietas agak tahan bulai, sedangkan P-27 memiliki nilai r sebesar 0,07 yang merupakan varietas rentan terhadap bulai.

Kategori ketahanan varietas Talenta terhadap bulai pada penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sofyan *et al.* (2019) yaitu agak tahan yang dilakukan di Sumedang, Jawa Barat dengan pada Januari-April. Ketahanan Talenta pada penelitian ini tidak sesuai dengan penelitian Daryono *et al.* (2018) dimungkinkan karena perbedaan kondisi lingkungan dan waktu penanaman yaitu pada bulan Juli-September di Berbah, Sleman,

Yogyakarta. Kategori ketahanan varietas P21 pada penelitian ini sesuai dengan penelitian Pudjiwati (2020) yaitu tahan, namun tidak sesuai dengan penelitian Aspatri *et al.* (2013) yang dilaksanakan bulan Juli-Oktober di Malang, Agustamia *et al.* (2017) di Yogyakarta, Bani *et al.* (2017) di Yogyakarta, Daryono *et al.* (2018), dan Fitriyani *et al.* (2019) yang dilaksanakan bulan April-Agustus, hal ini disebabkan oleh perbedaan lingkungan mikro pada penelitian dan waktu penanaman. Ketahanan varietas Tamara yang rendah terhadap serangan bulai memberikan informasi baru dari penelitian ini. Hingga saat penelitian ini dilakukan resistensi varietas Tamara terhadap penyakit bulai belum dapat dibuktikan karena belum ada penelitian sebelumnya. Pada penelitian ini varietas Tamara merupakan varietas yang rentan berbeda dengan informasi yang disampaikan pada label kemasan benih Tamara yang menyebutkan bahwa Tamara tahan terhadap bulai. Hasil ketahanan tanaman yang berbeda disebabkan oleh perbedaan kondisi terutama suhu dan kelembaban pada lokasi penelitian yang berbeda, sehingga bulai dapat dengan cepat menyebar maupun bulai tidak sama sekali menyebar dan menginfeksi tanaman (Lukman *et al.*, 2016).

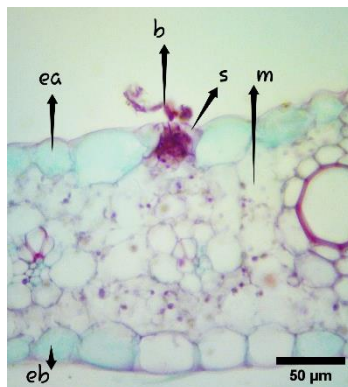
Varietas Talenta dan Tamara merupakan jagung manis, sedangkan P21 merupakan varietas jagung ladang. Varietas Talenta dan P21 merupakan varietas jagung hibrida, sedangkan Tamara merupakan varietas jagung lokal. Secara umum varietas jagung komersial lebih unggul dibanding varietas lokal karena rata-rata varietas komersial merupakan varietas hibrida. Varietas jagung hibrida diperoleh dari persilangan antara sepasang atau galur murni yang mempunyai karakter unggul (Daryono *et al.*, 2018). Ketahanan varietas P21 terhadap bulai bersifat horizontal dan tidak diturunkan terhadap F2 nya yang dikendalikan oleh gen epistasis dominan ganda (Pudjiwati, 2020), sehingga analisis menggunakan lima primer pita DNA polimorfik dan monomorfik menunjukkan P21 adalah varietas yang rentan terhadap bulai (Bani *et al.*, 2017). P21 merupakan jenis jagung ladang dan menurut Lukman *et al.* (2016), varietas jagung ladang merupakan perantara yang buruk dari bulai dibandingkan dengan jenis jagung manis. Varietas jagung manis lebih rentan terhadap bulai karena mengandung lebih banyak air dan gula.

Tingkat ketahanan tanaman terhadap suatu penyakit sangat ditentukan oleh adanya sifat genetik, kimia dan fisik dalam hal ini bentuk morfologi tanaman. Ketahanan tanaman jagung

terhadap penyakit bulai ditentukan oleh adanya sejumlah gen tahan yang menyusun kromosom yang dikenal dengan ketahanan horizontal. Secara kimia ketahanan tanaman ditentukan oleh kemampuan tanaman jagung untuk menghasilkan produk metabolisme berupa toksin yang dapat menetralkan fitoaleksin yang dihasilkan oleh bulai. Secara fisik tanaman jagung dapat pula mempertahankan diri dari serangan penyakit bulai dengan bentuk morfologi yaitu corong daun jagung yang tak dapat menampung air gutasi sehingga konidia tidak dapat berkecambah (Nookaraju and Agrawal, 2012; Talanca, 2015; Bani *et al.*, 2017; Pudjiwati, 2020).

Pengamatan Anatomi Daun Terinfeksi Bulai

Kultivar Tamara semprot dan Talenta semprot yang terserang penyakit bulai mengalami kematian pada 45 HST sehingga tidak dilakukan pengamatan anatomi. Kultivar P21 tidak menunjukkan gejala penyakit bulai pada 45 HST sehingga tidak dilakukan pengamatan anatomi. Anatomi daun jagung kultivar Tamara sisip yang terinfeksi bulai dari preparasi melintang yang diamati di bawah mikroskop cahaya diperoleh hasil seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Anatomi daun jagung Tamara sisip daun terinfeksi bulai. Keterangan: ea. epidermis atas; eb. epidermis bawah; b. bulai; s. stoma; m. mesofil

Berkas spora bulai terlihat pada Gambar 6 dengan keterangan sb (spora bulai). Konidiofor bulai mengumpul pada bukaan stoma hingga ruang stoma. Stoma merupakan derivat epidermis, sehingga dapat dikatakan bahwa infeksi bulai menyerang daun jagung hingga jaringan epidermis. Rustiani *et al.* (2015) juga menyatakan bahwa infeksi *Peronosclerospora* spp. pada daun jagung merusak jaringan sampai ke bagian epidermis. Pada penelitian Inaba *et al.* (1980) hifa bulai yang masuk pada epidermis

daun jagung mempunyai dua tipe yaitu *slender* dan *crooked*, hifa jenis *crooked* banyak ditemukan pada bagian daun yang terdapat sporulasi, sedangkan hifa *slender* terdapat pada bagian daun yang tidak terdapat sporulasi pada tanaman yang sama, serta hifa *crooked* mampu menghasilkan konidia. Pada Gambar 6 hifa yang tampak adalah jenis hifa *crooked* atau bengkok. Bulai menginfeksi daun jagung melalui bentuk morfologi corong daun yang dapat menampung air gutasi sehingga ketika inokulasi spora dapat merambat hingga masuk ke stomata jagung dan memulai perkecambahan bulai (Daryono *et al.*, 2018).

Kesimpulan

Ketahanan varietas jagung (*Zea mays* L) terhadap inokulasi *Peronosclerospora maydis* menunjukkan varietas Talenta agak tahan, Pioneer-21 tahan, sedangkan Tamara rentan terhadap bulai. Laju keparahan penyakit bulai per satuan waktu mencapai 0,07 unit/hari. Infeksi *Peronosclerospora maydis* pada daun jagung yang bergejala bulai merusak jaringan sampai ke bagian jaringan epidermis.

Ucapan terima kasih

Penelitian ini didanai melalui Hibah Kolaborasi Dosen dan Mahasiswa Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada 2022 (No. Kontrak 1160/UN1/FBI/KPA/PT.01.03/2022). Kami mengucapkan terima kasih kepada Elzahra dan Nur Ayu sebagai anggota penelitian payung penyakit bulai pada jagung dan kepada Kepala dan Staf Laboratorium Sistematika Tumbuhan, Laboratorium Struktur dan Perkembangan Tumbuhan, dan Kebun Penelitian Sawitsari Fakultas Biologi UGM atas fasilitas yang diberikan.

Referensi

- Adhi, S. R., Widiyanti, F. & Yulia, E. (2019). Metode Inokulasi Buatan Untuk Menguji Infeksi *Peronosclerospora maydis* Penyebab Penyakit Bulai Tanaman Jagung. *Jurnal Agro*, 6 (1): 77-84.
- Agustamia, C., Widiastuti, A. & Sumardiyono, C. (2017). Pengaruh Stomata Dan Klorofil Pada Ketahanan Beberapa Varietas Jagung Terhadap Penyakit Bulai. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 20 (2): 91-93. DOI 10.22146/jpti.17703.
- Asputri, N. U., Aini, L. Q. & Abadi, A. L. (2013). Pengaruh Aplikasi Pyraclostrobin Terhadap Serangan Penyebab Penyakit Bulai Pada

- Lima Varietas Jagung (*Zea mays*). *Jurnal HPT*: 1 (3): 77–84.
- Abdillah, A. (2019). *Gunungkidul Salah Satu Penghasil Jagung Terbesar di DIY*. <https://jogjadaily.com/2019/02/gunungkidul-salah-satu-penghasil-jagung-terbesar-di-diy/> (Akses 24 Maret 2021).
- Bani, P.W., Daryono, B.S. & Purnomo. (2017). Penanda Molekuler *Inter Simple Sequence Repeat* untuk Menentukan Ketahanan Tanaman Jagung terhadap Penyakit Bulai. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 13 (4): 129-134. DOI: 10.14692/jfi.13.4.127.
- Daryono, B. S., Parazulfa, A. & Purnomo, P. (2018). Uji Ketahanan Tujuh Kultivar Jagung (*Zea mays* L.) Terhadap Penyakit Bulai (*Peronosclerospora* spp.). *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, 6 (1): 11–17. DOI: 10.24252/bio.v6i1.4175.
- Dinas Pertanian Provinsi D.I.Yogyakarta. (2016). *Statistik Tanaman Pangan*. <http://distan.jogjaprov.go.id/statistik-tanaman-pangan/> (Akses 24 Maret 2021).
- Fitriyani, D., Kartahadimaja, J. & Hakim, N.A. (2019). Uji Daya Hasil Pendahuluan Lima Galur Jagung (*Zea mays* L.) Hibrida Silang Tunggal Rakitan Politeknik Negeri Lampung. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 17(3): 90-93. DOI: 10.25181/jppt.v17i3.298.
- Gherbawy, Y. & Voigt, K. (2010). *Molecular Identification of Fungi*. Springer. Berlin. E-ISBN: 978-3-642-05042-8, pp: 38-39.
- Ginting, C., Prasetyo, J., Dirmawati, S. R., Ivayani, Timotiwu, P. B., Maryono, T., Widyastuti, ., Chafisa, D. I. R., Asyifa, A., Setyowati, E. & Pasaribu, A. H. Z. (2020). Identification of Maize Downy Mildew Pathogen in Lampung and the Effects of Varieties and Metalaxyl on Disease Incidence. *Annual Research & Review in Biology*, 35 (5): 23–35. DOI: 10.9734/arrb/2020/v35i730244.
- Harijati, N., Samino, S., Indriyanti, S. & Soewondo, A. (2017). *Mikroteknik Dasar*. UB Press. Malang pp: 73-85.
- Hasanuddin. (2020). Spore Dimensional Characteristics of *Peronosclerospora* sp. from Corn Leaves Informer of Sugar Cane Plantation. *IOP Conferences Series Earth Environment*, 454: 1-4. DOI: 10.1088/1755-1315/454/1/012031.
- Inaba, T., Hino, T. & Kajiwaru, T. (1980). Morphology of Hyphae in Leaf Tissues Infected with Java Corn Downy Mildew Fungus, *Peronosclerospora maydis*, in Relation to Sporulation Ability. *Annual Phytopathology Soc*, 46 (2): 202-204.
- Janruang, P. & Unartngam, J. (2018). Morphological and Molecular Based Identification of Corn Downy Mildew Distributed in Thailand. *International Journal of Agricultural Technology*, 14 (6): 848-852.
- Jeneria, F., Mukarlina. & Linda, R. (2015). Struktur Anatomi dan Jagung (*Zea mays* L.) yang Terserang Penyakit Bercak dan Karat. *Protobiont*, 4(1): 85-88.
- Kalqutny, S. H., Pakki, S. & Muis, A. (2020). Potensi Pemanfaatan Teknik Molekuler Berbasis DNA dalam Penelitian Penyakit Bulai pada Jagung. *Agrosaintek*, 4 (1): 18-27. DOI: 10.33019/agrosaintek.v4i1.107.
- Kalqutny, S. H., and Pakki, S. (2020). The Resistance of Various Maize Germplasms Collected from Several Regions in Indonesia to Downy Mildew (*Peronosclerospora philippinensis*). *IOP Conf. Ser. Earth and Environment Science*. Vol 484. PP: 2-6. DOI 10.1088/1755-1315/484/1/012098.
- Khoiri, S., Muhlisa, K., Amzeri, A. & Megasari, D. (2021). Insidensi dan Keparahan Penyakit Bulai pada Tanaman Jagung Lokal Madura di Kabupaten Sumenep, Jawa Timur, Indonesia. *Agrologia*, 10 (1): 17–24.
- Lukman, R., Afifuddin, A. and Lubberstedt, T. (2016). Tracing the signature of *Peronosclerospora maydis* in maize seeds. *Agronomy Publications*: 1-10. DOI: 10.1007/s13313-015-0390-3.
- Maryamah, U., Sutjahjo, S.H. & Nindita, A. (2017). Evaluasi Penampilan Sifat Hortikultura dan Potensi Hasil pada Jagung Manis dan Jagung Ketan. *Buletin Agrohortikultura*, 5 (1): 90-95. DOI: 10.29244/agrob.v5i1.15896.
- Maryani, Y., Widiatmi, S., Satyaka, W. & Widata, S. (2019). Rhizobacteria response to the yield of corn variety (*Zea mays* L.) in Sleman Regency, Yogyakarta, Indonesia. *The 4th International Conference on Climate Change 2019*: 1-4. Doi: 10.1088/1755-1315/423/1/012011.
- Nookaraju, A. & Agrawal, D. (2012). Enhanced Tolerance of Transgenic Grapevines Expressing Chitinase and β -1,3-Glucanase Genes to Downy Mildew. *Plant Cell Tissue Organ Cultivation*, 111: 21-26. DOI: 10.1007/s11240-012-0166-1.

- Pakki S. (2017). Kelestarian Ketahanan Varietas Unggul Jagung terhadap Penyakit Bulai *Peronosclerospora maydis*. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 1 (1): 37-44. DOI: 10.21082/jpntp.v1n1.
- Plank, V.D. (1963). *Plant Disease Epidemic and Control*. Academic Press. New York: 24-26.
- Pudjiwati, E. H. (2020). Pewarisan Gen Ketahanan Jagung terhadap Penyakit Bulai (*Peronosclerospora maydis*). *J-PEN Borneo* 3 (2): 2-5. DOI: 10.35344/JPEN.V3I2.1625.
- Qi, D., Xin-hua, Z., Chun-ji, J., Xiao-guang, W., Yi, H., Jing, W. & Hai-qiu, Y. (2019). Effects of potassium deficiency on photosynthesis, chloroplast ultrastructure, ROS, and antioxidant activities in maize (*Zea mays* L.). *Journal of Integrative Agriculture*, 18(2): 399-403. DOI: 10.1016/S2095-3119(18)61953-7.
- Rustiani, U. S., Sinaga, M. S., Hidayat, S. H. & Wiyono, S. (2015). Tiga Spesies *Peronosclerospora* Penyebab Penyakit Bulai Jagung di Indonesia. *Berita Biologi*, 14 (1): 29-35. DOI: 10.14203/beritabiologi.v14i1.1860.
- Sari, H. P., Suwanto & Syukur, M. (2013). Daya Hasil 12 Hibrida Harapan Jagung Manis (*Zea mays* L. var. *saccharata*) di Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. *Buletin Agrohorti*, 1 (1): 14–22. DOI: 10.29244/agrob.1.1.14-22.
- Setyani, S., Medikasari & Astuti, W. I. (2009). Fortifikasi Jagung Manis dan Kacang Hijau Terhadap Sifat Fisik, Kimia dan Organoleptik Susu Jagung Manis Kacang Hijau. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*, 14 (2): 110 – 117. DOI: 10.23960/jtihp.v14i2.1007.
- Singh, N., Kaur, A. & Shevkani, K. (2014). Maize: grain structure, composition, milling, and starch characteristics. In: Chaudhary D, Kumar S, Langyan S. (eds) *Maize: nutrition dynamics and novel uses*. Springer. New Delhi. DOI: 10.1007/978-81-322-1623-0_5.
- Simko, I., & Piepho, H.P. (2012). The Area Under the Disease Progress Stairs: Calculation, Advantage, and Application. *Analytical and Theoretical Plant Pathology*, 102(4): 383-388. DOI 10.1094/PHYTO-07-11-0216.
- Sofyan, E.T., Machfud, Y., Yeni, H. & Herdiansyah, G. (2019). Penyerapan Unsur Hara N, P, dan K Tanaman Jagung Manis Akibat Aplikasi Pupuk Urea, Sp-36, KCl dan Pupuk Hayati Pada Fluventic Etrudrepts Asal Jatinangor. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 4 (1): 3-6.
- Sutarman. (2017). *Dasar-Dasar Ilmu Penyakit Tanaman*. Umsida Press. Sidoarjo, pp: 34-82.
- Sutikno. (2018). *Buku Praktikum Mikroteknik Tumbuhan*. Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada. Sleman, pp: 28-32.
- Tele, S., Shivas, R. G., Ryley, M. J. & Thines, M. (2011). Molecular Phylogenetic Analysis of *Peronosclerospora* (Oomycetes) Reveals Cryptic Species and Genetically Distinct Species Parasitic to Maize. *European Journal of Plant Pathology*, 130: 525-526. DOI: 10.1007/s10658-001-9772-8.
- Widiantini, F., Yulia, E. & Purnama, T. (2015). Morphological Variation of *Peronosclerospora maydis*, the Causal Agent of Maize Downy Mildew from Different Locations in Java-Indonesia. *Journal of Agricultural Engineering and Biotechnology*, 3 (2): 23-27. DOI: 10.18005/JAEB0302002.