

Uji Ketahanan Hibrida Jagung (*Zea mays* L.) Lapang Padjadjaran Terhadap Serangan Hama dan Penyakit Utama Pada Fase Kritis Pertumbuhan

Syailendra Kusuma Wardhana^{1*}, Muhammad Syafi'i², Ani Lestari³, Dedi Ruswandi⁴

^{1,2,3}Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Singaperbangsa Karawang

⁴Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran

*Corresponding author, email : syailendrakusumawardhana@gmail.com

ABSTRACT

*Pest and disease infestations are among the major biotic constraints reducing maize productivity in Indonesia. High infestation levels of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*), migratory locust (*Locusta migratoria*), downy mildew (*Peronosclerospora* spp.), northern leaf blight (*Helminthosporium turcicum*), and common rust (*Puccinia sorghi*) highlight the need for developing maize varieties with improved resistance. This study aimed to identify one or more Padjadjaran field maize hybrids with superior resistance to major pests and diseases during critical growth stages under medium-altitude conditions in Sumedang. The research was conducted at the experimental field of Universitas Padjadjaran, Sumedang, West Java, Indonesia, from March to July 2025. An observational screening approach was employed as an initial resistance-selection stage involving 70 Padjadjaran field maize hybrids and five commercial check varieties. Plant resistance responses were assessed visually based on disease incidence and pest/disease severity using the rating scale proposed by Mayee and Datar (1986). The results revealed that several Padjadjaran field maize hybrids exhibited greater resistance than the commercial check varieties, with disease and pest severity values reaching 0%. Genotype 30035 showed resistance to downy mildew and fall armyworm infestation. Genotype 30034 was resistant to downy mildew, common rust, and fall armyworm, while genotype 30062 exhibited resistance to downy mildew and northern leaf blight. In addition, genotype 30009 demonstrated resistance to downy mildew, northern leaf blight, fall armyworm, and migratory locust. These genotypes have potential as promising genetic resources for the development of maize cultivars resistant to multiple pests and diseases.*

Keywords: maize hybrids, insect pest and disease resistance, plant breeding

ABSTRAK

*Serangan hama dan penyakit merupakan faktor biotik utama yang menurunkan produktivitas jagung di Indonesia. Tingginya intensitas serangan hama ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*), belalang kembara (*Locusta migratoria*), penyakit bulai (*Peronosclerospora* sp.), hawar daun (*Helminthosporium turcicum*), dan karat daun (*Puccinia sorghi*) menuntut pengembangan varietas jagung yang lebih tahan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan salah satu atau lebih Hibrida Jagung Lapang Padjadjaran yang memiliki ketahanan terbaik terhadap hama dan penyakit penting pada fase kritis pertumbuhan di dataran sedang Sumedang. Penelitian dilaksanakan di lahan percobaan Universitas Padjadjaran, Sumedang, Jawa Barat, pada Maret hingga Juli 2025. Metode penelitian menggunakan pendekatan observasional (screening) tahap awal seleksi ketahanan yang terdiri dari 70 Hibrida Jagung Lapang Padjadjaran dan lima varietas pembanding komersial. Pengamatan dilakukan secara visual dengan melihat respon ketahanan tanaman yang dinilai berdasarkan persentase kejadian*

penyakit dan intensitas serangan menggunakan skala Mayee & Datar (1986). Hasil penelitian menunjukkan beberapa Hibrida Jagung Lapang Padjadjaran memiliki ketahanan lebih baik dibandingkan varietas pembanding komersial dengan intensitas serangan sebesar 0%. Genotipe 30035 menunjukkan ketahanan terhadap penyakit bulai hingga serangan ulat grayak. Genotipe 30034 menunjukkan ketahanan terhadap penyakit bulai, karat daun dan ulat grayak. Genotipe 30062 menunjukkan ketahanan terhadap penyakit bulai dan hawar daun, sedangkan genotipe 30009 menunjukkan ketahanan terhadap penyakit bulai, hawar daun, ulat grayak, serta belalang kembara.

Kata kunci: hibrida jagung, ketahanan hama dan penyakit, pemuliaan tanaman

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara agraris menempatkan sektor pertanian sebagai salah satu pilar penting dalam mendukung ketahanan pangan nasional. Pertumbuhan jumlah penduduk yang mencapai 281 juta jiwa pada tahun 2024 menyebabkan kebutuhan pangan terus meningkat sehingga diperlukan upaya peningkatan produksi komoditas pertanian secara berkelanjutan (Mukaromah et al., 2025). Salah satu komoditas strategis yang berperan penting dalam memenuhi kebutuhan tersebut adalah jagung (*Zea mays* L.). Jagung tidak hanya dimanfaatkan sebagai bahan pangan, tetapi juga sebagai bahan baku pakan ternak dan industri. Produksi jagung nasional pada tahun 2023 mencapai 14,46 juta ton dengan produktivitas sebesar 58,14 ku/ha, namun nilai tersebut mengalami penurunan dibandingkan produktivitas tahun 2022 yang mencapai 59,79 ku/ha (Badan Pusat Statistik, 2023). Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan kebutuhan jagung belum sepenuhnya diimbangi oleh peningkatan produktivitas di tingkat budidaya.

Penurunan Produktivitas jagung juga dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor yakni keterbatasan penggunaan benih bermutu dan varietas unggul serta serangan organisme pengganggu tanaman (OPT). Penggunaan varietas unggul pada budidaya jagung dilaporkan masih sekitar 56% dari total luas pertanaman sehingga berkontribusi terhadap rendahnya produktivitas dan belum terpenuhinya kebutuhan jagung nasional secara optimal (Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, 2016). Serangan hama dan penyakit pada tanaman jagung dapat menyebabkan penurunan hasil hingga 80% apabila tidak dilakukan pengendalian yang tepat (Nurmaisah dan Purwati, 2021). Hama utama yang sering ditemukan antara lain ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*) dan belalang kembara (*Locusta migratoria*), sedangkan penyakit penting meliputi bulai (*Peronosclerospora* sp.), hawar daun (*Helminthosporium turcicum*), dan karat daun (*Puccinia sorghi*) (Ainun et al., 2023). Penyakit hawar daun dilaporkan dapat menyebabkan kehilangan hasil sebesar 70–100%, sedangkan penyakit bulai berpotensi menurunkan hasil hingga 80–100% (Ramadona et al., 2023). Tingginya potensi kerugian tersebut menunjukkan pentingnya upaya pengendalian yang efektif dan berkelanjutan untuk menekan dampak cekaman biotik pada tanaman jagung.

Tingkat serangan hama dan penyakit dipengaruhi faktor genetik tanaman dan kondisi lingkungan (Ruimassa et al., 2022) seperti suhu, kelembapan, serta curah hujan yang mendukung perkembangan penyakit (Dimaspatti et al., 2023). Penggunaan varietas secara berulang tanpa rotasi juga dapat memicu munculnya ras patogen virulen (Barokah et al., 2021). Patogen bahkan mampu berevolusi membentuk ras baru yang dapat menembus sistem pertahanan tanaman (Bourguet et al., 2016). Selain itu, ketersediaan gen ketahanan terhadap penyakit bulai masih terbatas yaitu sekitar 5% dalam lima hingga enam tahun terakhir (Pakki dan Mappaganggang., 2018).

Ketahanan tanaman terhadap hama dan penyakit merupakan sifat yang dipengaruhi oleh faktor genetik dan interaksi dengan lingkungan. Ketahanan tanaman umumnya diklasifikasikan menjadi ketahanan vertikal yang dikendalikan oleh gen spesifik dan ketahanan horizontal yang

dikendalikan oleh banyak gen dengan stabilitas lebih luas (Sawicka et al., 2020). Oleh karena itu, pemuliaan tanaman menjadi strategi penting untuk memperoleh varietas dengan ketahanan yang lebih stabil. Dalam program pemuliaan, evaluasi genotipe melalui karakterisasi diperlukan untuk mengidentifikasi keragaman genetik dan menentukan tetua potensial yang dapat dimanfaatkan dalam perakitan varietas unggul (Sa'adah et al., 2022). Evaluasi pada fase peralihan menuju reproduktif penting dilakukan karena respons tanaman terhadap cekaman biotik terlihat lebih nyata dan berdampak langsung terhadap hasil (Department of Primary Industry, 2010).

Hibrida Jagung Lapang Padjadjaran merupakan kultivar yang dikembangkan oleh Laboratorium Pemuliaan dan Teknologi Benih Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Program tersebut telah menghasilkan galur jagung unggul yang memiliki daya hasil tinggi, tahan hama gudang, tahan penyakit bulai, serta berkadar protein tinggi (Febriani et al., 2008). Pengembangan galur melalui teknik pemuliaan mutasi juga dilakukan untuk meningkatkan keragaman genetik dan memperoleh karakter unggul yang diharapkan (Abdullah et al., 2023). Namun, evaluasi ketahanan terhadap hama dan penyakit utama masih diperlukan sebagai tahap awal seleksi untuk memastikan stabilitas genotipe di lapangan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi respons berbagai genotipe hibrida jagung lapang Padjadjaran terhadap serangan ulat grayak, belalang kembara, penyakit bulai, hawar daun, dan karat daun melalui pengukuran intensitas dan persentase serangan di dataran sedang Sumedang. Hasil penelitian diharapkan menjadi dasar seleksi genotipe unggul dalam program pemuliaan serta mendukung pengembangan varietas jagung yang produktif, adaptif, dan memiliki ketahanan stabil terhadap hama dan penyakit utama.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret hingga Juli 2025 di lahan percobaan Universitas Padjadjaran yang terletak di Desa Kutamandiri, Kecamatan Tanjungsari, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Lokasi penelitian berada pada dataran sedang sekitar 818 mdpl dengan tipe iklim sangat basah.

Bahan penelitian terdiri atas 70 hibrida jagung lapang Padjadjaran dan lima varietas pembanding jagung hibrida komersial (cek), pupuk anorganik (Pupuk Urea kg/ha, dan NPK kg/ha). Alat yang digunakan untuk penelitian ini diantaranya cangkul, tugal, label, tali rafia, alat tulis dan kamera handphone.

Metode penelitian menggunakan metode observasional sebagai tahap awal seleksi ketahanan (*screening*) terhadap serangan hama dan penyakit yang dilakukan secara visual berdasarkan gejala serangan yang muncul pada tanaman (Bock et al., 2021). Bahan yang diuji terdiri dari 70 hibrida jagung lapang Padjadjaran tanpa diulang dan 5 varietas komersil sebagai kontrol (cek) diulang sebanyak 5 kali sehingga diperoleh 95 unit percobaan. Penanaman dilakukan dengan metode Tabela (Tanam benih langsung) menggunakan tugal dengan kedalaman lubang 3-5 cm dan jarak tanam 0,7 m x 0,25 m. Setiap plot terdiri atas 2 lubang tanam dengan jumlah total 4 tanaman per plot, yaitu 2 tanaman pada masing-masing lubang tanam.

Pengamatan dilakukan satu kali pada umur 60–65 hari setelah tanam (hst). Parameter yang diamati meliputi persentase serangan penyakit bulai serta intensitas serangan hawar daun, karat daun, ulat grayak, dan belalang kembara berdasarkan skoring visual. Persentase serangan dihitung berdasarkan perbandingan jumlah tanaman terserang terhadap total tanaman yang diamati sesuai Direktorat Jenderal Tanaman Pangan (2018).

$$\text{Persentase Serangan (\%)} = \frac{\text{Jumlah tanaman terserang}}{\text{Jumlah tanaman diamati}} \times 100$$

Intensitas serangan dihitung berdasarkan tingkat kerusakan tanaman menggunakan rumus Mayee dan Datar (1986) dalam Topae et al. (2016).

$$IS = \frac{\sum(n \times v)}{Z \times N} \times 100\%$$

Keterangan:

IS = Intensitas serangan

n = Jumlah tanaman dengan skor ke-i

v = Skor serangan ke-i

Z = Skor maksimum pada skala

N = Jumlah total tanaman yang diamati

Penentuan kategori ketahanan tanaman mengacu pada Direktorat Jenderal Tanaman Pangan (2018).

Kriteria Ketahanan	Persentase Penyakit
Sangat Tahan (ST)	0 – 5%
Tahan (T)	>5 – 20%
Agak Tahan (AT)	>20 – 40%
Rentan (R)	>40 – 60%
Sangat Rentan (SR)	> 60%

Data hasil pengamatan dianalisis secara deskriptif dengan menghitung nilai rata-rata persentase dan intensitas serangan untuk setiap genotipe. Hasil analisis tersebut kemudian dibandingkan dengan tingkat ketahanan antara hibrida jagung lapang Padjadjaran dan varietas pembanding. Pendekatan ini sesuai untuk tahap screening awal yang bertujuan mengklasifikasikan ketahanan genotipe dan membedakan fenotipe tahan dan rentan secara efisien (Gabriel et al., 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persentase Serangan Penyakit Bulai (Peronosclerospora sp)

Hasil menunjukkan adanya variasi tingkat ketahanan tanaman jagung terhadap penyakit bulai pada fase kritis pertumbuhan yang ditunjukkan oleh perbedaan jumlah tanaman dalam setiap tingkat ketahanan.

Tabel 1. Klasifikasi ketahanan genotipe jagung terhadap penyakit bulai berdasarkan persentase intensitas serangan.

No	Kode Genotipe	Persentase Serangan	Kategori Ketahanan
1	Benih Cek 2 (P27), Benih Cek 3 (Bisi 2), Benih Cek 4 (Bisi 99), 30002, 30006, 30009, 30013, 30015, 30016, 30020, 30022, 30024, 30026, 30028, 30031, 30034, 30035, 30041, 30042, 30044, 30045, 30046, 30048, 30049, 30051, 30053, 30054, 30057, 30059, 30060, 30062, 30063, 30064, 30065, 30066, 30067, 30068, 30070, 30071, 30072, 30073, 30074, 30075, 30077, 30079	0%	Sangat Tahan
2	-	>5 – 20%	Tahan
3	30001, 30003, 30004, 30007, 30012, 30055, 30005, 30017,	25-30%	Agak Tahan

	30021, 30025, 30029, 30033, 30056, 30061, 30019, 30047		
4	30008, 30010, 30030, 30037, 30040	50%	Rentan
5	30050, 30032, Benih Cek 5 (NK 212), 30018, 30036, 30043, 30080	67-100%	Sangat Rentan

Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi tingkat ketahanan genotipe jagung terhadap penyakit bulai dengan intensitas serangan berkisar antara 0–100%. Sebagian besar genotipe termasuk dalam kategori sangat tahan dengan intensitas serangan 0%, sedangkan beberapa genotipe lainnya tergolong sangat rentan dengan intensitas serangan mencapai 100%. Variasi tersebut menunjukkan adanya perbedaan kemampuan genetik antar genotipe dalam menekan perkembangan patogen penyebab penyakit bulai. Ketahanan terhadap penyakit bulai diduga dipengaruhi oleh jumlah dan kombinasi gen ketahanan maupun lokus sifat kuantitatif (QTL) yang diwariskan pada masing-masing genotipe sehingga menghasilkan respons yang berbeda terhadap infeksi patogen (Azrai et al., 2002). Selain faktor genetik, ekspresi ketahanan juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan curah hujan yang mendukung perkembangan penyakit (Ruimassa et al., 2022).

Genotipe yang tergolong sangat tahan sebanyak 45 tanaman menunjukkan tidak adanya gejala penyakit selama periode pengamatan, yang mengindikasikan adanya mekanisme ketahanan yang mampu menghambat infeksi dan perkembangan patogen secara efektif. Kondisi tersebut umumnya berkaitan dengan ketahanan vertikal yang dikendalikan oleh gen spesifik yang mampu mengenali patogen dan menekan infeksi sejak tahap awal (Sopialena dan Sofian, 2023). Selain itu, perbedaan tingkat serangan antar genotipe diduga dipengaruhi oleh *age-related resistance* (ARR), yaitu peningkatan kemampuan tanaman dalam mengaktifkan respons pertahanan seiring perkembangan umur tanaman (Hu dan Yang, 2019). Tidak munculnya gejala penyakit pada beberapa genotipe juga disebabkan oleh mekanisme disease escape, yaitu kondisi ketika interaksi antara tanaman, patogen, dan lingkungan tidak mendukung perkembangan infeksi secara optimal (Kumari et al., 2024).

Analisis berdasarkan kombinasi persilangan menunjukkan bahwa tetua Pertiwi 3 cenderung menghasilkan proporsi genotipe sangat tahan yang lebih tinggi dibandingkan persilangan dengan NK 212, sedangkan kombinasi dengan NK 212 menunjukkan variasi respons yang lebih luas, mulai dari sangat tahan hingga sangat rentan. Variasi tersebut mengindikasikan bahwa ekspresi ketahanan dipengaruhi oleh segregasi genetik dan kombinasi alel yang terbentuk pada masing-masing genotipe meskipun berasal dari tetua yang sama (Li et al., 2013). Beberapa kombinasi persilangan NK 212 dengan galur Padjadjaran menunjukkan intensitas serangan 0%, yang diduga berkaitan dengan kontribusi alel resistensi dari galur Padjadjaran maupun efek heterosis. Ruswandi et al. (2014) menyatakan bahwa ketahanan terhadap penyakit bulai dikendalikan oleh gen aditif, efek dominansi, dan interaksi epistasis yang memungkinkan penggabungan gen ketahanan dari berbagai latar belakang genetik.

Intensitas Penyakit Hawar Daun (Helminthosporium turcicum)

Hasil menunjukkan adanya variasi tingkat ketahanan tanaman jagung terhadap penyakit hawar daun pada fase kritis pertumbuhan yang ditunjukkan oleh perbedaan jumlah tanaman dalam setiap tingkat ketahanan.

Tabel 2. Klasifikasi ketahanan genotipe jagung terhadap penyakit hawar daun berdasarkan persentase intensitas serangan

No	Kode Genotipe	Persentase Serangan	Kategori Ketahanan
1	30030, 30009, 30017, 30035, 30050, 30062, 30077	0-5%	Sangat Tahan
2	30005, 30008, 30010, 30012, 30019, 30020, 30021, 30022, 30024, 30025, 30026, 30028, 30031, 30032, 30033, 30037, 30042, 30044, 30055, 30056, 30064, 30065, 30066, 30068, 30070, 30074, 30075, 30015, 30018, 30046, 30001, 30007, 30016, 30029, 30034, 30041, 30045, 30049, 30057, 30060, 30067, 30073, 30079, Benih Cek 3 (Bisi 2)	11-16%	Tahan
3	Benih Cek 4 (Bisi 99), 30002, 30003, 30004, 30006, 30013, 30047, 30051, 30053, 30054, 30059, 30063, 30071, 30072, 30080, Benih Cek 2 (P27), 30040,	22-38%	Agak Tahan
4	30048, 30061, Benih Cek 5 (NK 212)	44-56%	Rentan
5	-	> 60%	Sangat Rentan

Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi intensitas penyakit hawar daun antar genotipe, mulai dari kategori sangat tahan hingga rentan, yang mencerminkan perbedaan kemampuan genetik tanaman dalam menekan perkembangan patogen. Intensitas serangan tertinggi sebesar 56% ditemukan pada benih cek NK 212 yang tergolong rentan, menunjukkan bahwa kerusakan daun telah mencapai lebih dari setengah luas permukaan daun dan berpotensi menurunkan aktivitas fotosintesis serta hasil tanaman. Selama pengamatan, suhu berkisar 24–28 °C dengan kelembapan relatif mencapai 95%, kondisi yang mendukung perkembangan hawar daun dapat meningkatkan peluang sporulasi, germinasi konidia, dan infeksi patogen pada jaringan daun (Ijaz dan Fan, 2024).

Intensitas serangan sebesar 33–44% yang ditemukan pada benih cek Bisi 2, Bisi 99, P27, serta beberapa genotipe hibrida menunjukkan bahwa patogen masih mampu berkembang secara signifikan sehingga mekanisme pertahanan tanaman belum bekerja secara optimal. Sebaliknya, genotipe dengan intensitas serangan 5–22% tergolong agak tahan hingga sangat tahan yang menunjukkan kemampuan lebih baik dalam menekan perkembangan penyakit. Rendahnya tingkat serangan pada genotipe tersebut mengindikasikan bahwa proses penetrasi dan kolonisasi patogen berlangsung lebih lambat sehingga perkembangan lesi dapat dibatasi (Kotze et al., 2019). Kondisi ini sesuai dengan mekanisme ketahanan horizontal yang bekerja melalui perlambatan perkembangan penyakit meskipun lingkungan mendukung infeksi (French et al., 2016). Variasi intensitas serangan yang bertahap juga menunjukkan bahwa ketahanan terhadap hawar daun bersifat kuantitatif dan dikendalikan oleh banyak gen dengan efek aditif (Ma et al., 2022).

Beberapa genotipe hasil persilangan dengan galur Padjadjaran, yaitu 30030, 30009, 30017, 30035, 30050, 30062, dan 30077, menunjukkan intensitas serangan sangat rendah sebesar 0–5% sehingga tergolong sangat tahan terhadap penyakit hawar daun. Rendahnya intensitas serangan pada genotipe tersebut menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam menekan perkembangan penyakit melalui mekanisme pertahanan yang mampu menghambat

proses infeksi dan kolonisasi patogen pada jaringan daun. Oleh karena itu, genotipe tersebut berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber tetua dalam program pemuliaan untuk pengembangan varietas jagung yang memiliki ketahanan lebih baik terhadap penyakit hawar daun.

Perbedaan respons ketahanan tersebut menunjukkan bahwa ketahanan terhadap hawar daun dipengaruhi oleh faktor genetik serta lingkungan. Berbeda dengan penyakit bulai yang umumnya dikendalikan oleh gen mayor yang bersifat spesifik dibandingkan dengan ketahanan terhadap hawar daun yang cenderung bersifat kuantitatif dan melibatkan banyak gen yang saling berinteraksi (Wisser et al., 2005). Hal ini tercermin dari variasi tingkat serangan yang tersebar pada berbagai kategori ketahanan, mulai dari sangat tahan hingga rentan. Oleh karena itu, pengujian pada berbagai lingkungan dan musim tanam diperlukan untuk memperoleh genotipe yang memiliki ketahanan stabil terhadap penyakit hawar daun.

Intensitas Penyakit Karat Daun (Puccinia Sorghi)

Hasil menunjukkan adanya variasi tingkat ketahanan tanaman jagung terhadap penyakit karat daun pada fase kritis pertumbuhan yang ditunjukkan oleh perbedaan jumlah tanaman dalam setiap tingkat ketahanan.

Tabel 3. Klasifikasi ketahanan genotipe jagung terhadap penyakit karat daun berdasarkan persentase intensitas serangan

No	Kode Genotipe	Persentase Serangan	Kategori Ketahanan
1	30034, 30035, 30040	0%	Sangat Tahan
2	30015, 30017, 30037, 30046, Benih Cek 4 (Bisi 99), Benih Cek 5 (NK 212), 30002, 30009, 30018, 30033, 30061, 30062, 30066, 30068, 30077	10-20%	Tahan
3	Benih Cek 2 (P27), 30001, 30022, 30028, 30030, 30031, 30049, 30050, 30054, 30055, 30056, 30057, 30067, 30070, 30071, Benih Cek 3 (Bisi 2), 30024, 30025, 30029, 30048, 30051, 30065, 30080	22-40%	Agak Tahan
4	30019, 30020, 30041, 30044, 30045, 30047, 30073, 30005, 30008, 30012, 30016, 30021, 30026, 30042, 30064, 30074, 30075, 30079	50-60%	Rentan
5	30004, 30007, 30010, 30053, 30059, 30060, 30072, 30003, 30006, 30013, 30063, 30032	70-90%	Sangat Rentan

Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi tingkat ketahanan genotipe jagung terhadap penyakit karat daun, mulai dari sangat rentan hingga sangat tahan. Intensitas serangan tertinggi sebesar 90% ditemukan pada genotipe 30032 yang tergolong sangat rentan, menunjukkan bahwa infeksi patogen telah mengurangi luas daun hijau aktif sehingga berpotensi menurunkan fotosintesis dan produksi asimilat tanaman. Kondisi ini sejalan dengan Cheaib dan Killiny (2025) yang menyatakan bahwa infeksi patogen pada jaringan daun dapat menurunkan efisiensi fotosintesis tanaman. Tingginya intensitas serangan pada beberapa genotipe menunjukkan bahwa mekanisme ketahanan yang dimiliki belum mampu menekan perkembangan patogen secara optimal. Ketahanan terhadap karat daun diduga dikendalikan

oleh gen mayor Rp (*Resistance to Puccinia*) maupun QTL dengan efek kuantitatif sehingga ekspresi ketahanan dapat berbeda antar genotipe dan lingkungan (Li et al., 2024).

Genotipe dengan intensitas serangan 30–60% menunjukkan perkembangan penyakit yang dipengaruhi oleh kombinasi faktor genetik dan lingkungan, terutama suhu serta kelembapan yang mendukung infeksi dan sporulasi patogen (Webb dan Nutter, 1997). Sebaliknya, genotipe dengan intensitas serangan 10–22% menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam menekan perkembangan penyakit. Kondisi tersebut mengindikasikan adanya ketahanan kuantitatif atau ketahanan parsial yang mampu memperlambat infeksi, kolonisasi, dan perkembangan penyakit tanpa sepenuhnya mencegah infeksi patogen (Parlevliet, 1979). Kemampuan tersebut diduga berkaitan dengan kombinasi ketahanan horizontal dan vertikal yang berperan dalam membatasi perkembangan penyakit karat daun (Ren et al., 2021).

Genotipe yang menunjukkan intensitas serangan 0% tergolong sangat tahan dan dapat menunjukkan kombinasi gen ketahanan yang mampu menghambat perkembangan serta penyebaran patogen secara efektif (Moury et al., 2017). Dimana ketahanan horizontal diketahui memiliki stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan ketahanan yang hanya dikendalikan oleh satu gen utama (Niks et al., 2015). Variasi respons ketahanan juga terlihat pada benih cek, di mana Bisi 99 dan NK 212 tergolong tahan dengan intensitas serangan masing-masing 11% dan 17%, sedangkan P27 dan Bisi 2 tergolong agak tahan, yang menunjukkan bahwa ketahanan terhadap karat daun sangat dipengaruhi oleh latar belakang genetik dan interaksi lingkungan (Li et al., 2024). Pada genotipe hasil persilangan, kombinasi dengan tetua Bisi 2 menunjukkan respon rentan hingga sangat rentan meskipun beberapa genotipe seperti 30015, 30017, 30002, 30009, dan 30018 menunjukkan kategori tahan dengan intensitas 10–20%, sedangkan persilangan dengan Pertiwi 3 menghasilkan genotipe sangat tahan seperti 30034, 30035, dan 30040 dengan intensitas 0%. Sebaliknya, sebagian besar persilangan dengan NK 212 menunjukkan respon rentan meskipun beberapa kombinasi seperti 30046 masih menunjukkan ketahanan, sedangkan persilangan dengan Bisi 77 menghasilkan beberapa genotipe tahan seperti 30061, 30062, 30066, 30068, dan 30077. Perbedaan pola respons ini mengindikasikan bahwa ketahanan terhadap karat daun kemungkinan dipengaruhi oleh kombinasi gen mayor Rp dan QTL ketahanan yang diwariskan dari tetua serta interaksi genotipe dan lingkungan yang menentukan ekspresi ketahanan pada masing-masing genotipe.

Intensitas Hama Ulat Grayak (Spodoptera Frugiperda)

Hasil menunjukkan adanya variasi tingkat ketahanan tanaman jagung terhadap hama ulat grayak pada fase kritis pertumbuhan, yang ditunjukkan oleh perbedaan jumlah tanaman dalam setiap tingkat ketahanan.

Tabel 4. Klasifikasi ketahanan genotipe jagung terhadap serangan hama ulat grayak berdasarkan persentase intensitas serangan

No	Kode Genotipe	Persentase Serangan	Kategori Ketahanan
1	30034, 30035, 30009, 30018, 30077 Benih Cek 3 (Bisi 2), Benih Cek 5 (NK 212), 30001, 30005, 30008, 30019, 30025,	0-5%	Sangat Tahan
2	30026, 30028, 30037, 30053, 30055, 30059, 30063, 30079, 30015, 30017, 30029, 30032, 30046, 30050, 30062, 30080	11-16%	Tahan

No	Kode Genotipe	Persentase Serangan	Kategori Ketahanan
3	30004, 30006, 30007, 30010, 30012, 30013, 30016, 30020, 30022, 30040, 30048, 30049, 30057, 30061, 30065, 30066, 30073, 30030, 30031, Benih Cek 4 (Bisi 99), 30002, 30003, 30021, 30024, 30033, 30041, 30044, 30047, 30054, 30060, 30064, 30067, 30070, 30071, 30072, 30074, 30075, 30068	22-38%	Agak Tahan
4	Benih Cek 2 (P27), 30042, 30051, 30056, 30045	44-55%	Rentan
5	-	> 60%	Sangat Rentan

Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi tingkat serangan ulat grayak antar genotipe, dengan intensitas tertinggi mencapai 55% pada genotipe 30045 dan 44% pada benih cek P27 yang tergolong rentan. Tingginya serangan mengindikasikan rendahnya kemampuan tanaman dalam menekan perkembangan larva, yang diduga berkaitan dengan perbedaan kapasitas produksi senyawa pertahanan tanaman. Berbagai metabolit sekunder seperti asam fenolat, flavonoid, stilben, lignan, serta benzoksazinoid diketahui berperan dalam melindungi tanaman melalui mekanisme penolakan, toksisitas, maupun penghambatan perkembangan larva (Yang et al., 2023). Sementara itu, genotipe dengan intensitas serangan sedang hingga agak tahan (11–38%) menunjukkan bahwa tanaman telah memiliki mekanisme pertahanan, meskipun belum sepenuhnya efektif dalam membatasi perkembangan hama. Respons tersebut berkaitan dengan aktivasi jalur sinyal fitohormon, seperti jasmonic acid, salicylic acid, etilen, asam absisat, dan giberelin yang berperan dalam mengatur produksi senyawa pertahanan tanaman (Divekar et al., 2022). Selain faktor genetik, perkembangan populasi ulat grayak juga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan curah hujan yang mendukung perkembangan hama di lapangan (Togola et al., 2025).

Kategori serangan ringan hingga sangat ringan menunjukkan data dari (0–5%), beberapa genotipe menunjukkan kemampuan yang lebih baik dalam menekan perkembangan larva. Hal tersebut dapat menunjukkan adanya mekanisme ketahanan yang lebih kuat. Ketahanan tersebut dapat berupa antibiosis, antixenosis, maupun toleransi yang bekerja melalui penghambatan konsumsi pakan, perkembangan larva, atau kemampuan tanaman mempertahankan pertumbuhan meskipun mengalami kerusakan jaringan (Peterson et al., 2017). Variasi respons antar genotipe menunjukkan bahwa ketahanan terhadap ulat grayak dipengaruhi oleh faktor genetik serta karakter morfologi dan fisiologi tanaman, seperti ketebalan daun, kekerasan jaringan, kerapatan trikoma, dan kandungan metabolit sekunder (Gulzar et al., 2024). Sebagian besar genotipe dengan tingkat serangan rendah berasal dari persilangan yang melibatkan tetua Pertiwi 3, seperti 30030 dan 30035, yang menunjukkan bahwa tetua tersebut memiliki latar belakang genetik yang relatif adaptif terhadap serangan herbivora. Pola ini menunjukkan bahwa ketahanan yang diwariskan kemungkinan dikendalikan oleh gen-gen minor dengan efek aditif yang relatif stabil, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber genetik dalam pengembangan genotipe jagung tahan ulat grayak pada program pemuliaan selanjutnya.

Intensitas Hama Belalang Kembara (Locusta migratoria)

Hasil menunjukkan adanya variasi tingkat ketahanan tanaman jagung terhadap hama belalang kembara pada fase kritis pertumbuhan, yang ditunjukkan oleh perbedaan jumlah tanaman dalam setiap tingkat ketahanan.

Tabel 5. Klasifikasi ketahanan genotipe jagung terhadap serangan hama belalang kembara berdasarkan persentase intensitas serangan

No	Kode Genotipe	Persentase Serangan	Kategori Ketahanan
1	30009, 30018, 30050 Benih Cek 3 (Bisi 2), Benih Cek 5 (NK 212), 30007,	5%	Sangat Tahan
2	30012, 30019, 30025, 30026, 30028, 30079, 30015, 30017, 30035, 30062, 30077, 30080 Benih Cek 4 (Bisi 99), 30003, 30006, 30008, 30010, 30013, 30016, 30020, 30032, 30034, 30040, 30041, 30042, 30048, 30061, 30065,	11-16%	Tahan
3	30066, 30046, Benih Cek 2 (P27), 30001, 30004, 30005, 30021, 30022, 30024, 30044, 30051, 30053, 30054, 30055, 30060, 30063, 30064, 30067, 30070, 30074, 30075, 30030 30002, 30037, 30047, 30049,	22-38%	Agak Tahan
4	30056, 30057, 30059, 30068, 30071, 30073, 30029, 30033, 30045, 30072	44-55%	Rentan
5	30031	66%	Sangat Rentan

Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi tingkat serangan belalang kembara antar genotipe, dengan intensitas tertinggi mencapai 66% pada genotipe 30031, 55% pada empat genotipe hibrida, dan 44% pada sebelas genotipe hibrida yang tergolong rentan hingga sangat rentan. Tingginya kerusakan daun menunjukkan bahwa mekanisme ketahanan tanaman belum mampu menekan aktivitas makan belalang secara optimal. Kondisi tersebut diduga berkaitan dengan fase gregarius yang ditandai oleh pembentukan koloni dan peningkatan aktivitas makan akibat tingginya kepadatan populasi serta pengaruh feromon yang memicu perubahan fisiologis dan perilaku serangga (Sudarsono et al., 2005). Sebaliknya, genotipe dengan intensitas serangan 27–38% tergolong agak tahan yang menunjukkan adanya ketahanan parsial dalam membatasi kerusakan daun. Perbedaan tingkat serangan ini mencerminkan variasi kemampuan genotipe dalam merespons serangan herbivora, yang dipengaruhi oleh faktor genetik tanaman maupun kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, dan curah hujan yang berperan dalam perkembangan populasi belalang di lapangan (Saputra et al., 2024).

Pada genotipe dengan intensitas serangan rendah sebesar 5–11% dapat menunjukan tanaman dengan kemampuan yang lebih baik dalam menekan aktivitas makan belalang melalui mekanisme pertahanan morfologis, fisiologis, dan biokimia. Ketahanan tersebut berkaitan dengan produksi metabolit sekunder seperti alkaloid, terpenoid, fenolik, flavonoid, dan saponin yang berfungsi sebagai antifeedant maupun deterrent, serta didukung oleh fitohormon seperti asam jasmonat dan asam salisilat yang mengatur respons pertahanan tanaman (Al-khayri et al., 2023). Selain itu, ketahanan terhadap herbivora juga dapat terjadi melalui mekanisme antibiosis dan antixenosis yang menghambat perkembangan serta mengurangi ketertarikan serangga terhadap tanaman inang (Gulzar et al., 2024). Beberapa genotipe hasil persilangan dengan tetua Bisi 2, seperti 30009 dan 30018, serta genotipe 30050 hasil persilangan dengan NK 212 menunjukkan intensitas serangan sangat rendah sebesar 5%. Hal tersebut dapat menunjukan adanya kombinasi genetik yang mampu mengekspresikan ketahanan secara lebih optimal. Sebaliknya, sebagian besar genotipe dengan intensitas serangan tinggi berasal dari persilangan

yang melibatkan NK 212. Pola tersebut menunjukkan bahwa ketahanan terhadap belalang kembara dikendalikan oleh interaksi berbagai sifat kuantitatif, sementara munculnya genotipe yang lebih tahan dibandingkan tetuanya mengindikasikan terjadinya segregasi transgresif yang menghasilkan kombinasi alel dengan ekspresi ketahanan yang lebih baik.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi respons ketahanan yang luas pada genotipe jagung hasil persilangan dengan galur Padjadjaran terhadap beberapa cekaman hama dan penyakit utama. Variasi tingkat serangan yang berkisar dari sangat tahan hingga sangat rentan menunjukkan bahwa ketahanan terhadap cekaman biotik tersebut dipengaruhi oleh mekanisme genetik yang berbeda, di mana ketahanan terhadap penyakit bulai cenderung diduga dikendalikan oleh gen mayor yang bersifat spesifik, sedangkan ketahanan terhadap hawar daun, karat daun, serta serangan hama lebih bersifat kuantitatif dan dipengaruhi oleh kombinasi gen minor serta interaksi genotipe dan lingkungan.

Dari 70 genotipe yang diuji hibrida jagung lapang menunjukkan ketahanan lebih baik dibandingkan varietas pembanding komersial dengan intensitas serangan sebesar 0%. Genotipe 30035 menunjukkan ketahanan terhadap penyakit bulai hingga serangan ulat grayak. Genotipe 30034 menunjukkan ketahanan terhadap penyakit bulai, karat daun dan ulat grayak. Genotipe 30062 menunjukkan ketahanan terhadap penyakit bulai dan hawar daun, sedangkan genotipe 30009 menunjukkan ketahanan terhadap penyakit bulai, hawar daun, ulat grayak, serta belalang kembara. Genotipe 30077 menunjukkan ketahanan terhadap penyakit bulai, hawar daun dan ulat grayak. Genotipe 30009, 30034, 30035, 30062 dan 30077 yang menunjukkan intensitas serangan sangat rendah berpotensi dijadikan kandidat seleksi lanjutan di berbagai lokasi dan musim yang berbeda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing Fakultas Pertanian Universitas Singaperbangsa Karawang atas bimbingan dan arahan selama proses penelitian. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Prof. Dedi Ruswandi M.Sc., PhD beserta Tim Project Penelitian Tanaman Jagung Universitas Padjadjaran atas dukungan selama pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. A., Rachmadi, M., Yuwariah, Y., Ismail, A., Wicaksana, N., & Ruswandi, D. (2023). Seleksi Jagung Hibrida Pada Sistem Tumpang Sari dengan Kedelai Berdasarkan Karakter Morfo-agronomi dengan GYT Analysis. *Zuriat*, 34(1), 1. <https://doi.org/10.24198/zuriat.v34i1.46669>
- Ainun, P., Sayuthi, M., & Pramayudi, N. (2023). Kelimpahan Serangga Hama Pada Tanaman Jagung (*Zea mays*) Varietas Hibrida Di Lahan Perkebunan Badan Standardisasi Instrumen Pertanian (BSIP) Aceh (Abundance of Insect Pests on Hybrid Corn (*Zea mays*) Varieties on Agricultural Instrument Standardization). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 8(4), 1043–1059.
- Al-khayri, J. M., Rashmi, R., Toppo, V., Chole, P. B., Banadka, A., Sudheer, W. N., Nagella, P., Shehata, W. F., Al-mssallem, M. Q., Alessa, F. M., Almaghasla, M. I., & Rezk, A. A. (2023). Plant Secondary Metabolites : The Weapons for Biotic Stress Management. *Metabolites*, 13(6), 1–37.
- Azrai, M., Murdaningsih, H. ., Rostini, N., Moeljopawiro, S., & Ruswandi, D. (2002). Pemetaan QTL Resistensi Tanaman Jagung Terhadap Penyakit Bulai di Bogor. *Zuriat*, 13(2), 113–

120.

- Barokah, U., Nugroho, R. J., Huda, M., & Daenuri. (2021). Pengenalan Varietas Unggul Baru Padi Sawah Berbasis Penerapan Teknologi Terpadu Di Desa Seling, Kecamatan Karangsambung, Kabupaten Kebumen. *Jurnal Pengabdian Nasional*, 2(2), 74–84.
- Bock, C. H., Chiang, K.-S., & Ponte, E. M. Del. (2021). Plant disease severity estimated visually : a century of research , best practices , and opportunities for improving methods and practices to maximize accuracy. *Tropical Plant Pathology*. <https://doi.org/10.1007/s40858-021-00439-z>
- Bourguet, D., Delmotte, F., Franck, P., Guillemaud, T., Reboud, X., Vacher, C., & Walker, A. S. (2016). Combining selective pressures to enhance the durability of disease resistance genes. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1–8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01916>
- Cheaib, A., & Killiny, N. (2025). Photosynthesis Responses to the Infection with Plant Pathogens. *MPMI*, 38(1), 9–29.
- Department of Primary Industry, N. (2010). *Procrop Maize Growth and Development*.
- Dimaspatti, S., Syafi'i, M., Afifah, L., & Rakhman, F. (2023). Uji Ketahanan Beberapa Calon Varietas Jagung Manis (*Zea mays L. saccharata Sturt.*) Hibrida F1 UNSIKA Terhadap Penyakit Penting Jagung di Purwakarta. *Jurnal Agroplasma*, 10(1), 206–215.
- Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. (2018). *Petunjuk Teknis Pengamatan Dan Pelaporan Organisme Pengganggu Tumbuhan Dan Dampak Perubahan Iklim (Opt-Dpi)*.
- Divekar, P. A., Narayana, S., Divekar, B. A., Kumar, R., Singh, A. K., Kumar, A., Singh, R. P., Meena, R. S., & Behera, T. K. (2022). Plant Secondary Metabolites as Defense Tools against Herbivores for Sustainable Crop Protection. *International Journal Molecular Science*, 23(2690), 2–24.
- Febriani, Y., Ruswandi, S., Rachmady, M., & Ruswandi, D. (2008). Keragaman Galur-galur Murni Elite Baru Jagung UNPAD di Jatinangor. *Zuriat*, 19(1), 104–115.
- French, E., Kim, B., & Iyer-pascuzzi, A. S. (2016). Mechanisms of quantitative disease resistance in plants. *Seminars in Cell and Developmental Biology*, 56, 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2016.05.015>
- Gabriel, S., Villalobos, M., Ur, V., Nava-p, E., Ru, E., & Singh, R. K. (2020). A Global Screening Assay to Select for Maize Phenotypes with a High Tolerance or Resistance to *Fusarium verticillioides* (Sacc.) Nirenberg Rots. *Agronomy*.
- Gulzar, M. U., Ahmad, F., Sagheer, M., & Habib, A. (2024). Relative Resistance of Maize Genotypes to Fall Armyworm , *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera : Noctuidae). *Pakistan Journal of Agricultural Science*, 61(4), 1053–1060. <https://doi.org/10.21162/PAKJAS/24.324>
- Hu, L., & Yang, L. (2019). Time to Fight : Molecular Mechanisms of Age-Related Resistance. *Phytopathology*, June, 1500–1508. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-11-18-0443-RVW>
- Ijaz, B., & Fan, X. (2024). Plant Stress Understanding Northern corn leaf blight (NCLB) disease resistance in maize : Past developments and future directions. *Plant Stress*, 14(August), 100625. <https://doi.org/10.1016/j.stress.2024.100625>
- Kotze, R. G., Merwe, C. F. Van Der, & Crampton, B. G. (2019). A histological assessment of the infection strategy of *Exserohilum turcicum* in maize. *Plant Pathology*, 68, 504–512. <https://doi.org/10.1111/ppa.12961>
- Kumari, S., Anirudh, T. V., & Kumar, A. (2024). *Plant Breeding to Develop Disease Resistance Varieties*.
- Li, L., Jiang, F., Bi, Y., Yin, X., Zhang, Y., Li, S., Zhang, X., Liu, M., Li, J., Shaw, R. K., Ijaz, B., & Fan, X. (2024). *Dissection of Common Rust Resistance in Tropical Maize Multiparent Population through GWAS and Linkage Studies*.
- Li, L., Petsch, K., Shimizu, R., Liu, S., Xu, W. W., Ying, K., Yu, J., Scanlon, M. J., Schnable, P. S., Timmermans, M. C. P., Springer, N. M., & Muehlbauer, G. J. (2013). Mendelian and Non-Mendelian Regulation of Gene Expression in Maize. *PLOS Genetics*, 9(1).

- <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1003202>
- Ma, Z., Hui, H., Huang, Y., Yao, Y., Sun, Y., Liu, B., & Gao, Z. (2022). Evaluation of Maize Hybrids for Identifying Resistance to Northern Corn Leaf Blight in Northeast China. *Plant Disease*, 1003–1008.
- Moury, B., Caffier, V., & Montarry, J. (2017). Quantitative Resistance to Plant Pathogens in Pyramiding Strategies for Durable Crop Protection. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1–9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01838>
- Mukaromah, N., Hasanah, S., Yansyah, F. F., & Noviarita, D. H. (2025). Kependudukan dan Ketenagakerjaan pada Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia. *Jurnal Intelek Dan Cendekiawan Nusantara*, 1(6), 9593–9604.
- Niks, R. E., Qi, X., & Marcel, T. C. (2015). Quantitative Resistance to Biotrophic Filamentous Plant Pathogens : Concepts , Misconceptions , and Mechanisms. *Annual Review of Phytopathology*, 53. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080614-115928>
- Nurmaisah, & Purwati, N. (2021). Identifikasi jenis serangan hama pada tanaman jagung (*Zea mays*) di Kota Tarakan. *Jurnal Proteksi Tanaman Tropis*, 2(1), 19–22. <https://doi.org/10.19184/jptt.v2i1.21607>
- Pakki, S., & Mappaganggang. (2018). Respons Ketahanan Plasma Nutfah Jagung terhadap Penyakit Bulai (*Peronosclerospora philipinensis*). *Buletin Plasma Nutfah*, 24(1), 43–52.
- Parlevliet, J. E. (1979). Components of Resistance That Reduce the Rate of Epidemic Development. *Phytopathol*, 31.
- Peterson, R. K. D., Varella, A. C., & Higley, L. G. (2017). Tolerance : the forgotten child of plant resistance. *Peerj*, 1–16. <https://doi.org/10.7717/peerj.3934>
- Ramadona, D., Gunawan, B., Kurnia, F. N., Valentine, D. P., Ganda, G., Ahmad, M., Norarita, Y., & Nurasni, S. (2023). Infentarization of leaf blight in maize in Suka Menang Village, Gelumbang Subdistrict, Muara Enim. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal Ke 11*, 6051, 237–251.
- Ren, J., Li, Z., Wu, P., Zhang, A., Liu, Y., & Hu, G. (2021). Genetic Dissection of Quantitative Resistance to Common Rust (*Puccinia sorghi*) in Tropical Maize (*Zea mays* L.) by Combined Genome-Wide Association Study , Linkage Mapping , and Genomic Prediction. *Frontiers in Plant Science*, 12, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.692205>
- Ruimassa, R., Martanto, E. A., Erari, D. K., & Yaku, A. (2022). Ketahanan beberapa varietas jagung (*Zea mays* L.) terhadap penyakit karat daun (*Puccinia sorghi*) di Dusun Copti Distrik Prafi Kabupaten Manokwari. *Agrotek*, 10(1), 19–26. <https://doi.org/10.46549/agrotek.v10i1.240>
- Ruswandi, D., Agustian, Aggia, E. ., Canama, A. ., Marta, H., Ruswandi, S., & Suryadi, E. (2014). Mutation Breeding of Maize for Anticipating Global Climate Change in Indonesia. *Asian Journal of Agricultural Research*, 8(5), 234–247. <https://doi.org/10.3923/ajar.2014.234.247>
- Sa’adah, F. L., Kusmiyati, F., & Anwar, S. (2022). Karakterisasi keragaman dan analisis kekerabatan berdasarkan sifat agronomi jagung berwarna (*Zea mays* L.). *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 19(2), 126–136. <https://doi.org/10.31849/jip.v19i2.9768>
- Sawicka, B., Egbuna, C., Nayak, A. K., & Kala, S. (2020). Plant diseases, pathogens and diagnosis. In *Academic Press*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819304-4.00002-6>
- Sopialena, & Sofian. (2023). *Ketahanan Tanaman terhadap Patogen*.
- Sudarsono, H., Hasibuan, R., & Buchori, D. (2005). Biologi dan Transformasi Belalang Kembara Locusta Migratoria Manilensis Meyen (*Orthoptera: Acrididae*) pada Beberapa Tingkat Kepadatan Populasi di Laboratorium. *HPT Tropika*, 5(1), 24–31.
- Togola, A., Beyene, Y., Bocco, R., Tapa-yotto, G., Gowda, M., & Too, A. (2025). Fall

- armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Africa : insights into biology , ecology and impact on staple crops , food systems and management approaches. *Frontiers in Agronomy*, 1–17. <https://doi.org/10.3389/fagro.2025.1538198>
- Topae, F. N. H., Lakani, I., & Panggeso, J. (2016). Intensitas Serangan Penyakit Vascular Streak VSD Pada Beberapa Klon Kakao di Desa Sidondo III. *Jurnal Agrotekbis*, 4(April), 134–141.
- Webb, D. H., & Nutter, F. W. (1997). Effects of Leaf Wetness Duration and Temperature on Infection Efficiency , Latent Period , and Rate of Pustule Appearance of Rust in Alfalfa. *Epidemiology*, 87(9), 946–950.
- Wisser, R. J., Balint-kurti, P. J., & Nelson, R. J. (2005). The Genetic Architecture of Disease Resistance in Maize : A Synthesis of Published Studies. *Phytopathology*, 92(2), 120–129. <https://doi.org/doi.org/10.1094/PHYTO-96-0120>
- Yang, J., Ma, C., Jia, R., & Zhang, H. (2023). Different responses of two maize cultivars to *Spodoptera frugiperda* (*Lepidoptera : Noctuidae*) larvae infestation provide insights into their differences in resistance. *Frontiers in Plant Science*, February, 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1065891>