Jurnal Proteksi Agrikultura

ISSN Online 3089-3240
DOI: https://doi.org/10.23960/jpa.1213-21

Review

Kajian taksonomi penyakit bulai pada tanaman jagung dan pengendaliannya

Wahyudi[1], Zakiah Selviani[1], Tri Agus Setiya Wati[1,3], Ni Nengah Yuliyani Purnami Sari[1], Watini Hefri Jayanti[1,4], Suskandini Ratih Dirmawati[2], Titik Nur Aeny[2], & Radix Suharjo[2]
[1]Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung
[2]Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung
[3]Dinas Ketahanan Pangan Tanaman Pangan dan Hortikultura, Kabupaten Lampung Tengah
[4]Baitul Jannah Islamic School, Bandar Lampung

Abstract: Downy mildew disease in maize plants (*Zea mays*) caused by the pathogen *Peronosclerospora maydis* is a serious threat to maize production in Indonesia, which is one of the main food commodities. The disease can cause significant crop yield losses, so a deep understanding of the taxonomy, epidemiology, and control strategies of the disease is important. This study aims to identify the taxonomy of downy mildew, analyze environmental factors that affect the progression of the disease, and evaluate various effective control methods, both chemically and biologically. Downy mildew control is carried out through an integrated approach which includes the use of resistant corn variations, the application of crop rotation systems, environmental sanitation, and seed treatment with metalaxic fungicides. In addition, the use of biocontrol agents such as *Trichoderma* spp. and *Pseudomonas fluorescens* showed great potential in reducing infections by up to 75% and significantly improving crop yields. This study also highlights the importance of the development and application of plant-based fungicides derived from natural ingredients such as turmeric, garlic, and soursop leaves, which have antimicrobial properties. Although the use of biocontrol agents has been implemented in some areas, the adoption of this technology is still limited, so more research is needed to explore the potential of other biocontrol agents. These findings are expected to contribute to the development of sustainable downy mildew control strategies, increase corn productivity, and support national food security.

Keywords: biocontrol agents, corn, downy mildew, integrated control, *Peronosclerospora maydis*, plant-based fungicides.

Pendahuluan

Jagung (*Zea mays*) adalah komoditas penting di Indonesia. Jagung berperan sebagai sumber pangan, pakan ternak, dan bahan industri. Budidaya tanaman jagung dihadapkan pada berbagai tantangan, salah satunya adalah serangan penyakit yang dapat mengurangi hasil dan kualitas produksi. Penyakit yang sering menyerang tanaman jagung di Indonesia adalah penyakit bulai yang dikenal juga sebagai *downy mildew* yang disebabkan oleh jamur *Peronosclerospora* spp. (Sulfitri *et al*., 2024). Penyakit ini selain merusak tanaman jagung, juga dapat menyebabkan kerugian ekonomis yang signifikan bagi petani. *Peronosclerospora* adalah jamur yang termasuk ke dalam kelas *Oomycota*. Menurut Pakki *et al*. (2023), di Indonesia terdapat tiga spesies utama penyebab penyakit bulai, yaitu *Peronosclerospora philippinensis*, *Peronosclerospora maydis*, dan *Peronosclerospora sorghi*. Distribusi geografis masing-masing spesies ini berbeda. Spesies *P. maydis* dominan ditemukan di wilayah Jawa dan Lampung, sedangkan *P. philippinensis* lebih banyak menyebar di wilayah Sulawesi.

Berdasarkan penelitian Muis *et al*. (2023), spesies baru bernama *P. neglecta* sp. nov. telah diidentifikasi dan mulai menyebar di Asia Tenggara, khususnya dari Thailand hingga wilayah Indonesia termasuk Indonesia bagian timur, dengan serangan dominan di Pulau Jawa. Kondisi ini menunjukkan pentingnya pengendalian dan pencegahan penyakit bulai secara terintegrasi untuk menjaga produktivitas jagung. Masing-masing spesies *Peronosclerospora* memiliki karakteristik unik dalam virulensi, siklus hidup, dan adaptasi terhadap lingkungan, yang membuatnya mampu bertahan dalam berbagai kondisi ekosistem pertanian (Adhi *et al*., 2021).

Studi taksonomi jamur ini sangat berpengaruh terhadap pengembangan strategi pengendalian. Identifikasi yang akurat melalui pendekatan molekuler dan morfologi memungkinkan pengelolaan yang lebih efektif. Misalnya, analisis molekuler seperti

Sitasi: Wahyudi, Selviani Z, Wati TAS, Sari NNYP, Jayanti WH, Dirmawati SR, Aeny TN, & Suharjo R. 2024. Kajian taksonomi penyakit bulai pada tanaman jagung dan pengendaliannya. JPA 1(2): 13-21.

Artikel masuk: 5 Januari 2025
Revisi diterima: 18 Januari 2025
Publikasi online: 23 Januari 2025

*Penulis korespondensi:
Wahyudi (wahyudi33344@gmail.com)

studi DNA ribosom telah digunakan untuk mengonfirmasi hubungan filogenetik antarspesies *Peronosclerospora*, serta menentukan spesies yang mendominasi suatu wilayah tertentu. Variasi morfologi pada *P. maydis* yang ditemukan di berbagai lokasi di Indonesia seperti ukuran konidia yang lebih kecil di wilayah dengan curah hujan tinggi menunjukkan adanya adaptasi terhadap lingkungan spesifik.

Pembahasan

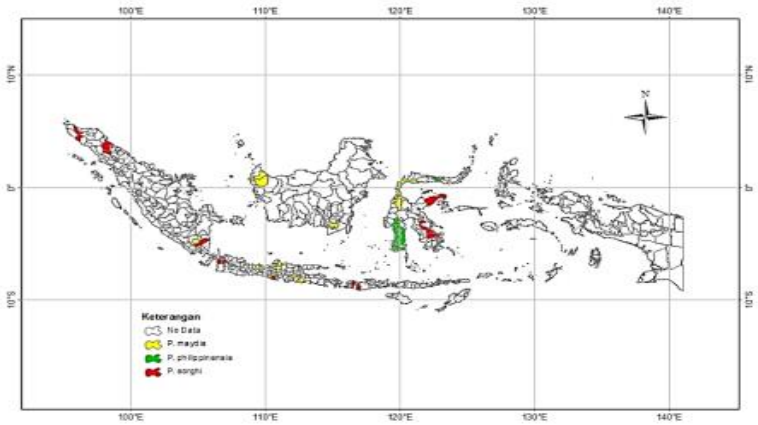
Sejarah bulai masuk ke Indonesia

Penyakit bulai atau dalam Bahasa inggris sering dikenal dengan *downy mildew* merupakan merupakan penyakit utama pada tanaman jagung (*Zea mays*)(Sulfitri *et al*., 2024). Penyakit bulai disebabkan oleh jamur dari golongan Oomycetes, famili *Sclerosporaceae*, dan genus *Peronosclerospora* (Khoiri *et al*., 2021). Gejala penyakit ini ditandai dengan adanya klorosis pada daun terutama pada daun muda, setelahnya muncul spora dari patogen yang berbentuk lapisan halus seperti tepung (Putri & Kasiamdari, 2023). Tanaman jagung yang terserang penyakit bulai tidak dapat menghasilkan tongkol dan biji jagung (Pribadi *et al*., 2021).

Penyakit bulai pertama kali ditemukan di Pulau Jawa pada tahun 1897. Di Jawa Tengah penyakit bulai dilaporkan pada tahun 1897, kemudian di Jawa Timur bulai dilaporkan pada tahun 1900 (Hikmahwati *et al*., 2019). Selain di Pulau Jawa, bulai juga ditemukan menyerang pertanaman jagung di Madura, Aceh, Sumatera Utara, Palembang, Kalimantan Barat, Bali, Lombok, Sulawesi Selatan, Minahasa, Tidore, Ternate, Ambon, Flores, dan Timor (Muis *et al*., 2013). Pada tahun 1973 penyakit bulai ditemukan di Provinsi Lampung (Hikmahwati *et al*., 2019).

Keanekaragaman struktur populasi *P. sorghii* diidentifikasi berdasarkan ciri morfologi dan 4.444 patotipe (Rustiani *et al*., 2015). Perbedaan patotipe ditandai dengan perbedaan respon penyakit pada beberapa varietas inang yang berbeda (Hikmahwati *et al*., 2018). Metode konvensional untuk mendeteksi berbagai jenis penyakit bulai yang menyerang tanaman serealia kini tersedia untuk karakterisasi parasit obligat seperti patogen tanaman penyakit karat dan penyakit bulai, yang tidak dapat dibudidayakan di iklim tropis karena gejalanya. Genus *Peronosclerospora* sulit dibedakan (Haikal *et al*., 2022).

Kondisi terkini penyakit bulai pada jagung di Indonesia menunjukkan bahwa penyakit ini tetap menjadi masalah serius bagi petani (Talanca & Tenrirawe, 2015). Di beberapa daerah, seperti di Kabupaten Maros pada bulan Agustus, intensitas serangan penyakit bulai mencapai 96,7%, yang berarti hampir seluruh tanaman yang diamati mengalami serangan (Sulfitri *et al*., 2024). Gejala yang terlihat termasuk bercak klorotik pada daun dan pertumbuhan tanaman yang terhambat, bahkan tanaman muda dapat mati jika terinfeksi (Sulfitri *et al*., 2024). Penelitian terbaru menunjukkan bahwa spesies penyebab bulai yang umum di Indonesia meliputi *P. maydis*, *P. philippinensis*, dan *P. sorghi*. Menurut Muis *et al*. (2018), *P. maydis* ditemukan di Pulau Jawa khususnya pada daerah yang memiliki suhu 25-30 ºC dengan kelembaban relatif 80-100% dan curah hujan tahunan antara 1000-3000 mm. Selain itu spesies ini ditemukan juga di wilayah Lampung, Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Sulawesi Tengah dan sebagian wilayah Sulawesi Selatan. *P. philippinensis* hanya ditemukan di Pulau Sulawesi. Sedangkan *P. sorghi* ditemukan di Aceh, Sumatera Utara, sebagian wilayah Lampung, Jawa Barat, sebagian Jawa Tengah, D.I. Yogyakarta (Gunung Kidul), Sulawesi Tenggara, bagian Timur Sulawesi Tengah dan Nusa Tenggara Barat. Gambar peta penyebaran tiga spesies bulai di Indonesia dapat dilihat Gambar 1.



Gambar 1. Peta penyebaran tiga spesies penyebab bulai pada jagung di Indonesia (Muis *et al*., 2018).

Sebuah penelitian yang dilakukan di Pulau Bali antara Oktober hingga Desember 2022 mengidentifikasi spesies penyebab penyakit bulai pada jagung dengan menggunakan metode morfologi dan molekuler. Penelitian ini melibatkan pengambilan sampel dari sembilan kabupaten, di mana 24 sampel daun tanaman jagung bergejala bulai dianalisis. Proses identifikasi mencakup induksi sporulasi, analisis mikroskopis, isolasi DNA, dan teknik Polymerase Chain Reaction (PCR) untuk mendeteksi spesies patogen yang ada (Agnesi *et al*., 2023). Perkembangan teknik-teknik penelitian baru dan semakin bertambahnya karakteristik yang dapat diamati secara lebih objektif, serta dengan adanya analisis filogenetik dengan menggunakan urutan basa DNA (Kalqutny *et al*., 2020).

Taksonomi

Bulai pada tanaman jagung merupakan penyakit yang disebabkan oleh *Peronosclerospora* spp. (Muis *et al*., 2023), dan mampu menurunkan persentase produksi tanaman jagung 10-90% (Rustiani dkk., 2021). Hal ini diduga karena ukurannya yang sangat mikroskopis dan mudah terbawa angin pada pagi hari (Muis *et al*., 2013), menyebabkan penyakit ini mudah tersebar secara luas di suatu area lahan pertanaman. Menurut Hikmawati *et al*, (2011) penyakit bulai di Indonesia disebabkan oleh tiga spesies yaitu *P. maydis*, *P. phillippinensis*, dan *P. sorghi*. Keragaman morfologi dan molekuler *Peronosclerospora* spp. diduga menyebabkan terjadinya evolusi pada tingkat spesies (Rustiani *et al*., 2021). Menurut Voglmayr (2008), selain memang terjadinya evolusi, berkembangnya teknologi dalam mengklasifikasikan suatu spesies akan terus mengalami perubahan. Hal ini justru menjadi keterbaruan di dunia taksonomi karena spesies-spesies tersebut akan semakin spesifik. Berikut ini adalah susunan taksonomi dari bulai menurut Salcedo *et al*. (2020):

Domain	: Eukaryota
Superkingdom	: Chromalveolata
Kingdom	: Chromista
Infrakingdom	: Heterokonta or Stramenopiles
Filum	: Pseudofungi (Oomycota)
Kelas	: Peronosporea
Ordo	: Peronosporales
Familia	: Peronosporaceae
Genus	: *Pseudoperonospora*
Spesies	: *P. maydis*; *P. sorghi*; *P. phillipinensis*

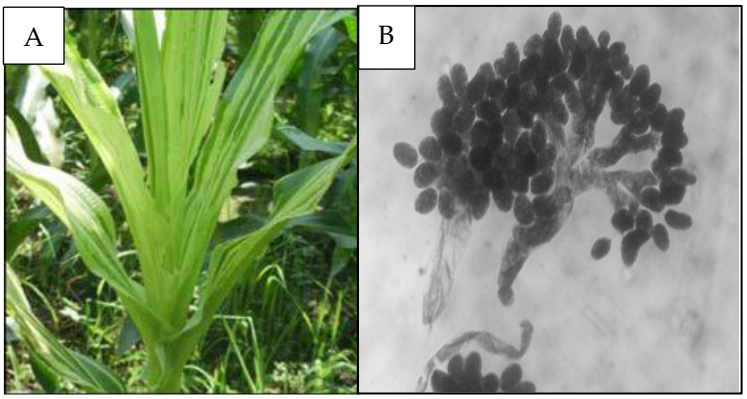
Morfologi

Tanaman jagung yang terinfeksi oleh bulai secara makroskopis ditandai dengan garis-garis klorosis memanjang pada daun jagung. Pada bagian atas serta bawah daun terdapat massa/koloni konidia (Janruang & Unartngam, 2018) dan terdapat warna putih seperti tepung yang sangat jelas saat pagi hari (Talanca, 2013). Menurut Adhi *et al*, (2021) gejala tanaman yang terinfeksi penyakit bulai terdapat gejala klorotik sejajar dengan tulang daun. Ketika keparahan meningkat maka rambut jagung akan mengalami perubahan bentuk dan tongkol jagung akan gugur. Muiz *et al*. (2016) menambahkan bahwa pengerdilan tanaman kerap terjadi hingga tidak mampu memproduksi tongkol.

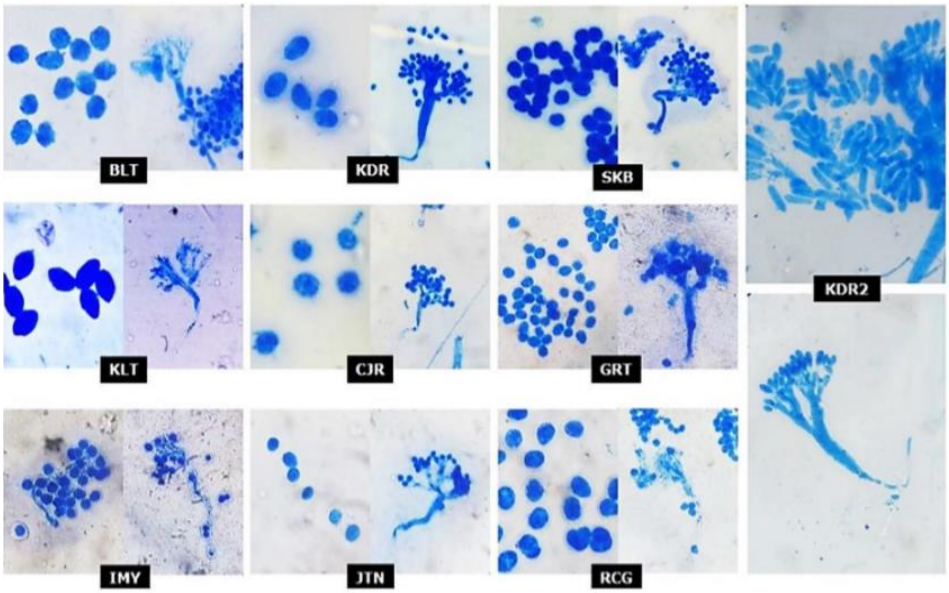
Gambar 2. Perbandingan kenampakan daun tanaman jagung yang terserang bulai dan tanaman sehat. A) Tanaman sehat; B) Tanaman yang terinfeksi penyakit bulai dengan gejala klorotik sejajar pada tulang daun; C) Propagul masa konidium *Peronosclerospora* spp. pada daun permukaan bawah; D) Kondisi tanaman terinfeksi penyakit bulai umur 14 HST (Adhi *et al*., 2021).

Ketika diamati secara mikroskopis, *Peronosclerospora* spp. memiliki 3 bagian, meliputi konidia, konidifor dan oospore (William & Weston, 1924). Konidifor berukuran lebih besar dibandingkan konidia, percabangan yang luas dan secara struktural lebih kompleks. Panjang berkisar 100 µm dengan tebal 12 µm dengan beberapa cabang pendek yang megandung konidia. Menurut hasil penelitian Janruang & Unartngam (2018),

panjang konidifor berkisar antara 172,26 µm hingga 412,12 µm. Sedangkan menurut Widiantini *et al*. (2015), panjang konidiofor berkisar 150-550 µm dengan 2 hingga 4 percabangan dikotomis. Perbedaan ukuran konidifor sangat dipengaruhi oleh Lokasi pengambilan sampel bulai (Rustiani, 2015).



Gambar 3. Penyakit bulai pada tanaman jagung. A) Gejala penyakit (Rustiani *et al*., 2015); B) Morfologi patogen secara mikroskopis (Widiantini *et al*., 2015).



Gambar 4. Morfologi isolat *Peronosclerospora* spp. yang diambil dari sentra produksi jagung di Pulau Jawa. BLT = Blitar, KDR = Kediri, SKB = Sukabumi, KLT = Klaten, CJR = CIanjur, GRT = Garut, IMY = Indramayu, JTN = Jatinangor – Sumedang, RCG = Rancakalong – Sumedang, KDR2 = Kediri (Adhi *et al*.,

Konidia *Peronosclerospora* spp. dapat berbentuk bulat telur ataupun bulat (Muis *et al*., 2013), berbentuk bulat lonjong (Hikmawati *et al*., 2011), hingga berbentuk elips atau oval memanjang (Holliday, 1975). Hasil penelitian Rustiani (2015), terdapat tiga kelompok morfologi *pseudo fungi* penyebab bulai. Kelompok pertama bulai dengan konidia berbentuk bulat dan agak bulat (*spherical* dan subspherical) serta berdinding tipis, kelompok ke-2 berbentuk *spherical* dengan lapisan dinding yang tebal, dan kelompok ke-3 konidia berbentuk oval dan berdinding tipis. Perbedaan bentuk diduga dipengauhi oleh adanya penyebaran pathogen dari wilayah atau negara di sekitarnya secara letak geografis berdekatan dengan negara lain dan kondisi iklim wilayah tersebut yang sesuai untuk perkembangan patogen (Hikmawati *et al*., 2011).

Menurut Holliday (1975), miselium bulai dapat tumbuh di seluruh jaringan tanaman kecuali pada akar dengan diameter 8 µm, dengan haustoria yang sederhana, vesikulosis hingga sub-digitasi berkisar 8 µm dengan diameter 2 µm. Ukuran konidia *Peronosclerospora* spp. sangatlah bervariasi, memerlukan pengukuran secara kuantitatif dan dilakukan ketika dalam kondisi ideal (William & Weston, 1924). Beberapa studi menyebutkan bahwa konidia dapat berukuran 12-23 x 25-44 µm (Rustiani, 2015), 27-39 x 17-21 µm (Holliday, 1975), 17-23 x 27-39 µm (Widiantini *et al*., 2015).

Oospora adalah spora seksual yang dihasilkan akibat adanya pertemuan gamet jantan dan gamet betina. Produksi oospore pada bulai tanaman jagung jauh lebih melimpah dibandingkan pada sorgum dan hanya muncul pada tanaman yang terinfeksi secara sistemik (Bigirwa *et al*., 1998). Oospore mampu bertahan selama bertahun-tahun dan dapat tersebar oleh angin(Henik dan roeswitawati, 2023). Menurut Muis *et al*. (2016), oospore berbentuk bulat dengan diameter yang bervariasi, terkecil 22 µm dan yang paling besar 75 µm. Berwarna kuning terang atau coklat, kuning pucat, hingga coklat pucat. Keragaman tersebut dipengaruhi oleh jenis spesies bulai yang diamati.

Pengendalian secara mekanis pada tanaman jagung yang terserang penyakit bulai

Mengatasi penyakit bulai pada jagung memerlukan fokus pada langkah-langkah pencegahan yang efektif untuk melindungi tanaman dan memastikan hasil panen tetap optimal. Upaya pencegahan ini melibatkan berbagai tindakan pengendalian yang terencana meliputi pengaturan waktu tanam, sanitasi lahan, pemangkasan, dan eradikasi. Tanam serempak adalah teknik yang efektif untuk mencegah hama dan penyakit, termasuk bulai pada jagung. Pengendalian penyakit bulai bisa dilakukan dengan menanam jagung serempak di area luas, dengan jarak tanam tidak lebih dari dua minggu, dan memilih varietas tahan (Talanca & Tenrirawe, 2015). Selain itu, rotasi tanaman dan varietas dapat mengurangi patogen di tanah (Anggarda *et al*., 2023). Kegiatan sanitasi lahan dilakukan dengan membersihkan lahan dari gulma dan sisa tanaman yang mati atau kering. Hal ini bertujuan untuk mengurangi sumber infeksi hama dan penyakit pada tanaman (Rodliyatun *et al*., 2019).

Langkah terakhir yang sangat ekstrim adalah eradikasi, dengan cara menghancurkan tanaman atau organisme pengganggu yang berpotensi menyebarkan penyakit (Indiati & Ermawan, 2015). Tindakan ini penting untuk menanggulangi penyebaran penyakit, seperti pada tanaman jagung yang terinfeksi bulai dengan gejala parah dalam waktu kurang dari dua minggu setelah tanam. Tanaman yang dicabut harus segera dimusnahkan tanpa dibawa jauh agar spora tidak menyebar ke tanaman sehat (Tiara, 2022). Konidia dari tanaman sakit yang telah dicabut, jika disimpan beberapa jam, maka akan mati dikarenakan sifat obligat yang dimiliki oleh patogen bulai (Muis *et al*., 2018).

Pengendalian mekanis memiliki sejumlah keuntungan, diantaranya biaya yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan pengendalian kimia, serta tidak berisiko mencemari lingkungan. Namun, pengendalian mekanis juga memiliki keterbatasan, seperti memerlukan tenaga kerja yang cukup banyak, terutama pada lahan yang luas, serta tidak dapat sepenuhnya menghilangkan patogen. Oleh karena itu, pengendalian mekanis harus dilakukan bersamaan dengan strategi lain, seperti penerapan varietas tahan bulai untuk mengendalikan penyakit bulai.

Pengendalian bulai secara kimiawi pada tanaman jagung

Infeksi jamur *Peronosclerospora maydis* pada tanaman jagung dapat menyebabkan penurunan hasil produksi yang signifikan, bahkan gagal panen total akibat kerusakan jaringan tanaman yang luas. Penggunaan fungisida kimia, meskipun umum dilakukan, memiliki keterbatasan karena efisiensi rendah akibat adsorpsi tanah yang tinggi. Selain itu, penggunaan pestisida secara berlebihan dapat merusak lingkungan, mengganggu keseimbangan ekosistem, dan membahayakan kesehatan manusia (Ulhaq & Masnilah, 2019). Sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan, Budi & Majid (2019) menyarankan pengendalian pengendalian hayati dengan jamur *Trichoderma* penggunaan dan pupuk organik dari abu sekam padi untuk mengatasi penyakit bulai jagung.

Perlakuan benih jagung dengan fungisida berbahan aktif metalaksil, seperti Ridomil, dengan dosis 2,5-5,0 g per kilogram benih, terbukti efektif dalam mencegah infeksi awal penyakit bulai (Talanca, 2013). Namun, penggunaan berulang fungisida metalaksil dalam jangka waktu panjang sejak dekade 1980-an telah memicu munculnya resistensi pada patogen *Peronosclerospora maydis*. Sayangnya, penggunaan jangka panjang dapat memicu resistensi patogen, mengurangi efektivitas fungisida tersebut. Munculnya populasi patogen yang resisten terhadap fungisida terjadi melalui dua tahap, yaitu kemunculan dan seleksi. Penggunaan fungisida secara terus-menerus memicu mutasi genetik pada patogen, menghasilkan strain yang resisten (Widiantini *et al*., 2017).

Pengendalian penyakit tanaman secara genetik melalui penggunaan varietas tahan merupakan pendekatan ideal (Widiantini *et al*., 2017). Pemilihan varietas ini juga harus mempertimbangkan ketahanan terhadap hama, penyakit, kekeringan, tanah masam, umur tanaman, dan produktivitas. Penggunaan varietas tahan penyakit memberikan manfaat bagi petani, karena tanaman akan tumbuh lebih baik dan tidak menyebabkan dampak negatif seperti pencemaran lingkungan (Pajrin & Panggesso, 2013). Perbandingan beberapa calon varietas jagung hibrida yang diujikan ketahanannya terhadap penyakit bulai (Tabel 1).

Tabel 1. Perbandingan ketahanan calon varietas jagung hibrida terhadap penyakit bulai jenis (*Peronosclerospora maydis* dan *Peronosclerospora philippinensis*) di Kabupaten Kediri dan Kabupaten Bontobili

Galur/varietas	Intensitas infeksi *P. philippinensis* (28-42 HST dalam %) di Kabupaten Bontobili	Intensitas infeksi *P. maydis* (28-42 HST dalam %) di Kabupaten Kediri
ADTR 5123	27,24% (Agak Tahan) AT	94,24% (Sangat Rentan) SR
TB 04	35,89% (Agak Tahan) AT	98,17% (Sangat Rentan) SR
TB 06	13,60% (Tahan) T	19,59% (Tahan) T
Pioner 36	7,91% (Tahan) T	41,17% (Rentan) R
ADV 777	15,17% (Tahan) T	83,50% (Sangat Rentan) SR
BISI 18	23,36% (Agak Tahan) AT	91,17% (Sangat Rentan) SR
Pertiwi 6 (CT)	11,26% (Tahan) T	14,58% (Tahan) T
Anoman (CR)	100% (Sangat Rentan) SR	99,30% (Sangat Rentan) SR

Sumber: Christie *et al*. (2024).

Pengendalian bulai secara biologis pada tanaman jagung

Dalam mengatasi permasalahan penyakit bulai, diperlukan metode pengendalian yang efektif dan ramah lingkungan (Prasetyo, 2022). Berikut adalah beberapa pendekatan pengendalian biologi untuk penyakit bulai:

Pemanfaatan agen hayati. Bakteri Antagonis: Bakteri seperti *Pseudomonas fluorescens* dan *Bacillus subtilis* mampu menghasilkan senyawa metabolit yang dapat menghambat pertumbuhan patogen bulai. Penelitian yang dilakukan oleh Ulhaq & Masnilah (2019), mengungkap keunggulan *Pseudomonas fluorescens* dalam mengendalikan *P. maydis*. Mikroorganisme ini memproduksi enzim kitinase yang dapat menghancurkan dinding sel patogen, serta senyawa antibiosis lainnya seperti siderofor. Aplikasi *P. fluorescens* terbukti menekan keterjadian penyakit dan secara tidak langsung meningkatkan hasil panen jagung, menjadikannya alternatif yang aman dibandingkan dengan fungisida kimia yang cenderung mencemari lingkungan.

Zainudin *et al*. (2014) juga mengungkapkan bahwa *Bacillus subtilis* memiliki kemampuan untuk menghasilkan berbagai senyawa metabolit yang berfungsi sebagai agen pengendali biologi terhadap patogen, termasuk yang menyebabkan penyakit bulai pada tanaman. Dalam penelitian yang disebutkan, *B. subtilis* dapat menekan serangan penyakit bulai hingga 50% dengan memproduksi senyawa seperti siderofor, β-1,3-glukanase, dan chitinase, yang semuanya berkontribusi dalam menghambat pertumbuhan patogen, Senyawa-senyawa ini tidak hanya membantu dalam mengendalikan patogen, tetapi juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan memodulasi hormon pertumbuhan seperti asam indol asetat (IAA) .

Induksi ketahanan tanaman. Agen hayati seperti *Trichoderma* spp. atau *Pseudomonas fluorescens* dapat merangsang tanaman untuk meningkatkan sistem ketahanannya sendiri melalui mekanisme seperti *induced systemic resistance* (ISR). Aplikasi bahan seperti asam salisilat atau produk biokontrol yang menginduksi ketahanan sistemik tanaman (Prasetyo, 2022).

Fungi Antagonis: Beberapa jamur seperti *Trichoderma* spp. memiliki kemampuan sebagai agen biokontrol dengan menghasilkan enzim atau senyawa antifungal yang menghancurkan struktur patogen. Pengendalian penyakit bulai jagung (*Peronosclerospora maydis*) dengan menggunakan agen hayati terus menunjukkan potensi besar dalam praktik budidaya tanaman yang ramah lingkungan. Eksplorasi penggunaan *Trichoderma* sp. sebagai agen hayati utama menunjukkan hasil, bahwa aplikasi *Trichoderma* sp. secara signifikan mampu mengurangi tingkat infeksi hingga 75%, bahkan mencapai pengendalian optimal sebesar 85% jika dikombinasikan dengan fungisida nabati. Bahan-bahan seperti kunyit (*Curcuma longa*), sirih (*Piper betle*), bawang putih (*Allium sativum*), daun sirsak (*Annona muricata*), dan daun jarak (*Jatropha curcas*) menjadi sumber fungisida nabati yang efektif karena sifat antimikroba alaminya (Prasetyo, 2022).

Pendekatan berkelanjutan yang semakin mendapatkan perhatian adalah penggunaan agen pengendalian hayati (*biocontrol agents*). Agen-agen biokontrol, seperti *Trichoderma* spp., *Bacillus* spp., dan *Pseudomonas* spp., telah terbukti efektif dalam menghambat pertumbuhan atau aktivitas patogen pada berbagai tanaman budidaya (Prasetyo, 2022). Selain itu, metode ini mendukung kebijakan Pengelolaan penyakit terpadu yang berwawasan lingkungan dan berperan dalam mengurangi ketergantungan

pada pestisida kimia yang dapat merusak lingkungan serta kesehatan manusia (Monte, 2001).

Namun, meskipun penggunaan agen biokontrol telah diterapkan di berbagai daerah di dunia, khususnya untuk mengendalikan patogen penyebab penyakit tanaman, penerapannya pada penyakit bulai jagung masih sangat terbatas. Sebagai salah satu daerah penghasil jagung, minimnya adopsi teknologi pengendalian hayati ini menjadi tantangan besar. Oleh karena itu, diperlukan lebih banyak penelitian untuk mengidentifikasi dan mengeksplorasi potensi agen biokontrol yang efektif dalam mengendalikan *Peronosclerospora maydis*. Berikut terdapat beberapa hasil riset pengendalian penyebab penyakit bulai menggunakan agen biokontrol (Prasetyo, 2022).

Penelitian lain yg dilakukan oleh Ulhaq & Masnilah (2019) mengungkap keunggulan *Pseudomonas fluorescens* dalam mengendalikan *P. maydis*. Mikroorganisme ini memproduksi enzim kitinase yang dapat menghancurkan dinding sel patogen, serta senyawa antibiosis lainnya seperti siderofor. Aplikasi *P. fluorescens* terbukti menekan keterjadian penyakit dan secara tidak langsung meningkatkan hasil panen jagung, menjadikannya alternatif yang aman dibandingkan dengan fungisida kimia yang cenderung mencemari lingkungan.

Selain itu, studi mengenai *Paenibacillus polymyxa* dan *Trichoderma* sp. oleh Sutama *et al*. (2015) juga menunjukkan hasil yang menjanjikan. Pada pengamatan keterjadian penyakit, perlakuan agensi hayati ini mampu mengurangi tingkat infeksi secara signifikan dibandingkan dengan kontrol maupun perlakuan fungisida metalaksil. Misalnya, pada umur 33 hari, perlakuan *P. polymyxa* menurunkan keterjadian penyakit menjadi 20%, sementara kontrol menunjukkan tingkat infeksi hingga 40%. Dari segi pertumbuhan, perlakuan dengan *Trichoderma* sp. menghasilkan tinggi tanaman yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya, mencapai 67,35 cm pada umur 28 hari. Secara keseluruhan, pendekatan menggunakan agensi hayati seperti *Trichoderma* sp., *P. fluorescens*, dan *P. polymyxa* memberikan hasil yang signifikan dalam mengendalikan penyakit bulai jagung. Selain efektif, pendekatan ini juga mendukung prinsip keberlanjutan karena lebih aman bagi lingkungan dan manusia dibandingkan fungisida sintetik. Kajian ini memberikan landasan kuat bagi pengembangan metode pengendalian hayati yang dapat diimplementasikan oleh petani untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil jagung secara ramah lingkungan.

Mikroba simbiotik dan fungisisda nabati. Wijaya (2018) mengungkapkan mikoriza arbuskular (*Arbuscular Mycorrhizal Fungi*) dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen bulai dengan memperbaiki penyerapan nutrisi dan meningkatkan imunitas tanaman. Mikoriza, yang merupakan simbiosis antara jamur dan akar tanaman, berperan penting dalam meningkatkan kesehatan tanaman dan dapat digunakan sebagai salah satu metode pengendalian penyakit, termasuk penyakit bulai pada jagung. Kombinasi mikoriza dengan *Trichoderma* dan fungisida nabati menunjukkan hasil yang positif dalam menekan keparahan penyakit bulai. Berdasarkan hasil penelitiannya, kombinasi perlakuan yang melibatkan mikoriza, seperti kunyit + mikoriza dan sirih + mikoriza, dapat meningkatkan masa inkubasi penyakit bulai dan menekan keterjadian penyakit tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa mikoriza tidak hanya berfungsi sebagai penguat pertumbuhan tanaman tetapi juga dapat berkontribusi dalam pengendalian penyakit dengan meningkatkan daya tahan tanaman terhadap infeksi patogen. Penggunaan mikoriza sebagai agen pengendali penyakit bulai dapat menjadi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan dalam praktik pertanian, terutama dalam konteks pengendalian penyakit yang lebih luas.

Simpulan

Bulai adalah penyakit penting yang menyerang jagung dan disebabkan oleh jamur *Peronosclerospora* spp. Pentingnya studi taksonomi bulai berperan dalam pengembangan strategi pengendalian bulai. Di Indonesia terdapat tiga spesies bulai, diantaranya adalah *P. maydis*, *P. sorghi* dan *P. phillipinensis*. Beberapa pengendalian yang dapat dilakukan untuk menekan perkembangan bulai adalah pengendalian secara mekanis, pengendalian secara kimiawi dan pengendalian secara biologi.

Referensi

Adhi, S. R., Widiantini, F., & Yulia, E. 2021. Variasi morfometri dan patogenisitas *Peronosclerospora* spp. penyebab penyakit bulai jagung di Pulau Jawa, Indonesia. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 17(5): 173–182.

Agnesi, E.G., Martosudiro, M., Choliq, F.A., & Wijayanti, F.E. 2023. Identifikasi morfologi dan molekuler penyebab penyakit bulai pada tanaman jagung (*Zea mays* L.) di Pulau Bali. *Sarjana Thesis*. Universitas Brawijaya. Malang.

Anggarda, B., Adileksana, C., & Pratama, A. B. 2023. *Modul Pembelajaran Praktik Pertanian Terbaik Budi Daya Jagung*. Yayasan Edufarmers International. Jakarta.

Bigirwa, G. Adipala, E., & Esele, J.P. 1998. Occurrence of *Peronosclerospora sorghi* in Uganda. *Plant Disease*. 82(7): 757–760.

Budi, M. B. S. & Majid, A. 2019. Potensi kombinasi *Trichoderma* sp. dan abu sekam padi sebagai sumber silika dalam meningkatkan ketahanan tanaman jagung (*Zea mays*) terhadap serangan penyakit bulai (*Peronosclerospora maydis*). *UNEJ e-Proceeding: Pembangunan Pertanian dan Pera Pendidikan Tinggi Agribismis: Peluang dan Tantangan di Era Industri 4.1*.

Christie, C. D., Hendrayana, F., & Lestari, N. A. 2024. Perbandingan ketahanan penyakit bulai jenis (*Peronosclerospora philippinensis* dan *Peronosclerospora maydis*) calon varietas jagung hibrida. *Jurnal Agriovet.* 6(2): 153–168.

Haikal, M. R., Nirwanto, & Mujoko, T. 2022. Kajian pola sebaran penyakit bulai dengan analisis citra drone. *Jurnal AGROHITA. 7*(2): 242–248.

Henik Sukorini, I., & Roeswitawati, I. D. 2023. *MONOGRAF-EFEKTIFITAS PENULARAN PENYAKIT BULAI (Peronosclerospora philippinensis) PADA DUA VARIETAS TANAMAN JAGUNG (Zea mays)*. UMMPress.

Hikmahwati, Kuswinanti, T., & Melina, M. 2019. Karakterisasi molekuler isolat-isolat penyebab bulai (*Peronosclerospora* spp.) pada tanaman jagung berbasis Simple Sequence Repeat (SSR). *AGROVITAL: Jurnal Ilmu Pertanian.* 3(1): 1–7.

Hikmahwati, Kuswinanti, T., Melina, & Pabendo, M.B. 2011. Karakteristik morfologi *Peronosclerospora* spp., penyabab penyakit bulai pada tanaman jagung dari beberapa daerah di Indonesia. *J. Fitomedika.* 7(3): 159-161

Hilmawati, Kuswinanti, T., Melina dan Pabendo, M.B. 2011. Karakteristik morfologi *Peronosclerospora* spp., penyabab penyakit bulai pada tanaman jagung, dari beberapa daerah di Indonesia. *J. Fitomedika.* 7(3).

Holliday, P. 1975 *Sclerospora philippinensis*. CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria No. 454.

Indiati, S. & Ermawan, S. B. 2015. Pengelolaan tanaman dan tumbuhan inang untuk pengendalian thrips pada tanaman kacang hijau. *Buletin Palawija*. 29: 33–45.

Janruang, P. & Unartngam, J. 2018. Morphological and molecular based indentification of corn downy mildew distributed in Thailand. *International Journal of Agricultural Thecnology.* 14(6): 845–860.

Kalqutny, S., Pakki, S., & Muis, A. 2020. Potensi pemanfaatan teknik molekuler berbasis DNA dalam penelitian penyakit bulai pada jagung: Potensi pemanfaatan teknik molekuler berbasis DNA dalam penelitian penyakit bulai pada jagung. *AGROSAINSTEK: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian.* 4(1): 17–27.

Kementerian Pertanian Republik Indonesia 2023. Laporan Statistik Pertanian 2023. Badan Pusat Statistik (BPS).

Khoiri, S., Badami, K., Pawana, G., & Utami, C. S. 2021. Efektivitas isolat-isolat Bacillus sebagai pengendali penyakit bulai dan pemacu pertumbuhan tanaman jagung pada kondisi terkontrol. *Rekayasa*. 14(2): 144–151.

Khoiri, S., Abdiatun, 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.

Monte, E. 2001. Understanding Trichoderma: between biotechnology and microbial ecology. *International Microbiology*. 4(1): 1–4.

Muis, A., Nonci, N., & Pabendo, M.B. 2016. Geographical distribution of *Peronosclerospora* spp., the casual organism of maize downy mildew in Indonesia. *AAB Bioflux.* 8(3): 143–155.

Muis, A., Suriani, Kalqutny, S. H., & Nonci, N. 2018. *Penyakit Bulai Pada Tanaman Jagung dan Upaya Pengendaliannya*. Deepublish. Sleman.

Muis, A., Pabendon, M. B., Nonci, N., & Waskito, W.P.S. 2013. Keragaman genetik *Peronosclerospora maydis* penyebab bulai pada jagung berdasarkan analisis marka SSR. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 32(3): 139–147.

Muis, A., Ryley, M. J., Tan, Y. P., Suharjo, R., Nonci, N., Danaatmadja, Y., Hidayat, M., Widiastuti, A., Widinugraheni, S., Shivas, R.G., & Thines, M. 2023. *Peronosclerospora neglecta* sp. nov.—a widespread and overlooked threat to corn (maize) production in the tropics. *Mycol. Progress*. 22: 12.

Muis, A., Nonci, N and Pabendo, M.B. 2016. Geographical distribution of *Peronosclerospora* spp., the casual organism of maize downy mildew in Indonesia. *AAB Bioflux.* 8(3): 173-182.

Pakki, S., Sebayang, A., Mirsam, Djaenuddin, N., Nonci, N., & Muis, A. 2023. Genetic response of hybrid maize line to downy mildew caused by *Peronosclerospora* spp. infection. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci*. 1230: 012091.

Prasetyo, J. 2022. *Studi Pengendalian Penyakit Bulai Jagung dengan Agensia Hayati dan Fungisida Nabati. Doctoral Dissertation*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Pribadi, D. U., Sutini, S., & Sodiq, M. 2021. *Budidaya Tanaman Jagung Manis*. Graha Ilmu. Yogyakarta.

Putri, R. K. & Kasiamdari, R. S. 2023. Ketahanan tiga varietas jagung (*Zea mays* L.) terhadap infeksi jamur penyakit bulai *Peronosclerospora maydis*. *Berkala Ilmiah Biologi*. 14(1): 21–31.

Rodliyatun, S., Triyanti, S., Suseno, S., & Widodo,. 2019. Standar operasional prosedur budi daya nanas sebagai upaya penanggulangan serangan hama dan penyakit pada tanaman nanas. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat*: 1(1): 13–20.

Rustiani, U.M. 2015. Keragaman dan Pemtaan Penyebab Penyakit Bulai Jagung di 13 Provinsi Indonesia. *Disertasi.* Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Rustiani, U. S., Sinaga, M. S., Hidayat, S., & Wiyono, S. 2015. Tiga spesies Peronosclerospora penyebab penyakit bulai jagung di Indonesia. *Berita Biologi*. 14(1): 29–37.

Rustiani, U. S., Sinaga, M. S., Hidayat, S. H., Wiyono S., & Siala, D. R. D.. 2021. Potensi pengusulan jenis baru *Peronosclerospora sorghi* asal Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Fitopatologi Indonesia.* 17(1): 35–40.

Salcedo, A., Hausbeck, M., Pigg, S., & Quesada-Ocampo, L. M. 2020. Diagnostic guide for cucurbit downy mildew. *Plant Health Progress*. 21(3): 166–172.

Suharjo, R., Swibawa, G. Prasetyo, Fitriana, Y. Danaatmadja,Y. Budiawan, A. Roberts, S. Noorhajati, N., Amad, M., & Thines, M. 2020. *Peronosclerospora australiensisis* is a synonym of *P. maydis*, which is widespread on Sumatra, and distinct from the most prevalent Java maize downy mildew pathogen. *Mycol. Progress*. 19: 1309–1315.

Sulfitri, N. F., Parawansa, A. K., & Gani, M. S. 2024. Isolasi dan intensitas serangan penyakit bulai (*Peronosclerospora philippinensis* Shaw) pada tanaman jagung (*Zea mays* L.) di Kabupaten Maros. *AGrotekMAS Jurnal Indonesia: Jurnal Ilmu Pertanian. 5*(2): 214–221.

Sutama, K., Ratih, S., Maryono, T., & Ginting, C. 2015. Pengaruh bakteri *Paenibacillus polymyxa* dan jamur *Trichoderma* sp. terhadap penyakit bulai (*Peronosclerospora maydis* (Rac.) Shaw) pada tanaman jagung. *Jurnal Agrotek Tropika*. 3(2): 199–203.

Talanca, A. H. & Tenrirawe, A. 2015. Respon beberapa varietas terhadap penyakit utama jagung di Kabupaten Kediri Jawa Timur. *J. Agrotan.* 1(1): 67–78.

Talanca, A. 2013. Status Penyakit Bulai pada Tanaman Jagung dan Pengendaliannya. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian*. Balai Penelitian Tanaman Serealia.

Tiara, N. 2022. Perkembangan penyakit bulai (*Peronosclerospora* sp.) pada tanaman jagung (*Zea mays*) dan pengendaliannya di Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember. *Skripsi*. Universitas Jember. Jember.

Ulhaq, M. A. & Masnilah, R. 2019. Pengaruh penggunaan beberapa varietas dan aplikasi Pseudomonas fluorescens untuk mengendalikan penyakit bulai (*Peronosclerospora maydis*) pada tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal pengendalian hayati.* 2(1): 1–9.

Voglmayr, H. 2008. Progress and challenges in systematics of downy mildews and white blister rusts: new insights from genes and morphology. In: Lebeda, A., Spencer-Phillips, P.T.N., & Cooke, B.M. (Eds.). *The Downy Mildews - Genetics, Molecular Biology and Control*. Pp. 3–18. Springer, Dordrecht.

Widiantini, F., Pitaloka, D. J., Nasahi, C., & Yulia, E. 2017. Perkecambahan *Peronosclerospora* spp. asal beberapa daerah di Jawa Barat pada fungisida berbahan aktif metalaksil, dimetomorf dan fenamidon. *Jurnal Agrikultura*. 28(2): 95–102.

Widiantini, F., Yulia, E. & Purnama, T. 2015. Morphological variation of *Peronosclerospora maydis*, the casual agent of maize downy mildew from different locations in Java-Indonesia. *Journal of Agricultural Engeneering and Biotechnology*. 3(2): 23–27.

Wijaya, R. A. 2018. Aplikasi kombinasi Trichoderma, mikoriza, dan fungisida nabati pada tanah steril untuk mengendalikan bulai pada jagung. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Wiliam, H., and Weston, Jr. 1924. Nocturnal production of conidia by *Sclerospora graminicola*. *Jurnal of Agricultural Research.* 27 (10): 771–784.

Zainudin, Z., Abadi, A. L., & Aini, L. Q. 2014. Pengaruh pemberian Plant Growth Promoting Rhizobacteria (*Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens*) terhadap penyakit bulai pada tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)*. 2(1): 11-18.