



DINAMIKA AGROEKOSISTEM PENYAKIT *MOLER* (*Fusarium oxysporum f. sp. cepae*) BAWANG MERAH DI SENTRA PRODUKSI KABUPATEN BREBES

DWI NDARU SEKAR ASIH



**PROGRAM STUDI FITOPATOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2022**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Dinamika Agroekosistem Penyakit *Moler* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*) Bawang Merah di Sentra Produksi Kabupaten Brebes” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Januari 2022

Dwi Ndaru Sekar Asih
NIM A352180031



RINGKASAN

DWI NDARU SEKAR ASIH. Dinamika Agroekosistem Penyakit *Moler* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*) Bawang Merah di Sentra Produksi Kabupaten Brebes. Dibimbing oleh BONNY POERNOMO WAHYU SOEKARNO, TITIEK SITI YULIANI, dan SURONO.

Penyakit *moler* banyak dilaporkan menginfeksi bawang merah di sejumlah daerah sentra produksi, terutama di Kabupaten Brebes, Indonesia. Kabupaten Brebes merupakan salah satu kontributor utama bawang merah nasional. Kejadian penyakit *moler* berpotensi menurunkan hasil panen secara ukuran maupun kualitas umbi dengan potensi kehilangan hasil mencapai 65,49%. Meskipun infeksi berat penyakit *moler* terjadi pada *off season* (musim hujan), namun penyakit ini juga ditemukan saat musim kemarau. Penyakit *moler* disebabkan oleh *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*.

Banyak penelitian yang mempublikasikan terkait hubungan faktor lingkungan dengan penyakit layu fusarium pada tanaman jagung, semangka, dan *chickpea*. Akan tetapi sampai saat ini belum dilaporkan hubungan faktor lingkungan terhadap penyakit *moler* pada bawang merah. Tujuan dari penelitian ini untuk mempelajari keparahan penyakit *moler* pada agroekosistem bawang merah dan mengkaji hubungan faktor lingkungan dan cara budi daya terhadap keparahan penyakit *moler* di sentra produksi bawang merah Kabupaten Brebes meliputi kecamatan Larangan, Wanasari dan Brebes.

Penelitian survei dilakukan di sentra produksi bawang merah kecamatan Larangan, Wanasari dan Brebes, kabupaten Brebes. Pengukuran kejadian dan keparahan penyakit dilakukan di kebun petani secara *purposive sampling* dengan metode pengambilan contoh tanaman secara diagonal. Pengamatan gejala dan tanda penyakit untuk mengetahui penyebab tanaman sakit. Wawancara dengan panduan kuesioner dilakukan kepada responden petani tentang cara budi daya dan pengendalian penyakit. Data cuaca diambil dari basis data *online* BMKG stasiun pengamatan Tegal. Pengambilan sampel tanah komposit dilakukan untuk analisis kandungan sifat kimia, fisik, dan biologi tanah. Analisis biologi tanah dilakukan di Laboratorium Mikologi Tumbuhan, IPB. Analisis kimia dan fisik tanah dilakukan di Laboratorium Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, IPB. Data wawancara disajikan dalam bentuk tabel dan dianalisis *multivariate Principal Component Analysis (PCA)*, data variabel lingkungan dianalisis regresi dan korelasi, dan data keparahan penyakit dianalisis ANOVA.

Berdasarkan hasil pengamatan keparahan penyakit *moler* di tiga kecamatan sentra bawang merah yaitu kecamatan Brebes, Wanasari dan Larangan menunjukkan bahwa keparahan penyakit *moler* tergolong rendah (< 5%) sebesar 2,34%; 1,54%; 1,06% dengan laju infeksi 0,000415; 0,000375; 0,000225 per unit per minggu, dan *AUDPC* 0,85; 0,43 ; 0,37 unit secara berurutan pada masa tanam Juli-Agustus. Perkembangan penyakit (*AUDPC*) *moler* pada tingkat kecamatan maupun desa berbeda secara signifikan. Nilai *AUDPC* paling tinggi terdapat di kecamatan Brebes.

Berdasarkan hasil kajian analisis unsur cuaca terhadap keparahan penyakit menunjukkan bahwa faktor kelembapan udara (RH) dan suhu (t) mendukung keparahan penyakit *moler* di lapangan pada musim kemarau. Pada kondisi

kelembapan rendah (75,10%) diikuti dengan suhu tinggi (27,55⁰C) secara simultan menyebabkan keparahan penyakit *moler* di lapangan rendah antara 1,06%-2,35%. Berdasarkan hasil kajian korelasi sifat-sifat tanah terhadap keparahan penyakit *moler* menunjukkan bahwa C-organik dan rasio C/N berkorelasi negatif kuat dengan keparahan penyakit sedangkan kandungan N-total dan persentase pasir tanah berkorelasi positif kuat dengan keparahan penyakit. Selain itu, indeks keragaman bakteri rhizosfer (H') berpengaruh nyata terhadap keparahan penyakit *moler*. Rendahnya indeks keragaman bakteri rhizosfer dipengaruhi oleh kandungan C-organik tanah yang rendah menyebabkan keparahan penyakit *moler* meningkat. Berdasarkan hasil analisis *principal component analysis* (PCA) kajian aspek cara budidaya menunjukkan kecenderungan sama antara praktik budi daya yang dilakukan petani di kecamatan Brebes, Larangan, maupun Wanasari. Dosis pupuk NPK, frekuensi penyiraman, frekuensi aplikasi herbisida dan pestisida berhubungan kuat dengan keparahan penyakit *moler* sebesar 84,4% dari total varians data.

Hasil penelitian ini memberikan informasi hubungan antara keparahan penyakit *moler* dengan faktor lingkungan dan cara budi daya bawang merah sehingga diketahui penyebab utama penyakit *moler* terjadi pada musim kemarau di Kabupaten Brebes. Hal tersebut menjadi dasar untuk para peneliti mengembangkan strategi pengendalian penyakit *moler* dan untuk pelaku usaha tani bawang merah untuk melakukan perbaikan cara budidaya seperti memilih waktu tanam yang tepat, menggunakan benih yang sehat, penggunaan pupuk N berbasis nitrat dan pemupukan tepat dosis, serta menambah *input* bahan organik tanah sebagai upaya pencegahan dan pengendalian penyakit *moler* dengan tetap menjaga keberlanjutan agroekosistem.

Kata kunci: Faktor lingkungan, gejala, keparahan penyakit, korelasi

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



SUMMARY

DWI NDARU SEKAR ASIH. The Dynamics of Fusarium Basal Rot Disease Agroecosystem (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*) in Shallot Production Centers, Brebes Regency. Supervised by BONNY POERNOMO WAHYU SOEKARNO, FITIEK SITI YULIANI, and SURONO.

Fusarium basal rot disease has been reported to infect shallots in several production centres, especially in Brebes Regency, Indonesia. Brebes Regency is one of the main contributors to national shallots. Fusarium basal rot disease incidence can reduce crop yields in terms of size and quality of tubers, with a potential yield loss of 65,49%. Although severe infection with fusarium basal rot occurs in the off-season (rainy season), this disease is also found during the dry season. Fusarium basal rot disease caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*.

Many studies have been published on the relationship of environmental factors with fusarium wilt disease caused by *F. oxysporum* in maize, watermelon, and chickpeas. However, the relationship between environmental factors and fusarium basal rot disease in shallots has not been reported until now. This research aims to study the severity of fusarium basal rot disease in the shallot agroecosystem and examine the relationship between environmental factors and cultivation methods on the severity of fusarium basal rot disease in shallot production centres of Brebes Regency, including the sub-district of Brebes Regency. Larangan, Wanasari, and Brebes.

The survey was conducted at the shallot production centre, sub-district Larangan, Wanasari, and Brebes. The measurement of disease incidence and severity was carried out in farmers' gardens by purposive sampling by taking plant samples using the diagonal method. Observation of symptoms and signs of disease to determine the cause of diseased plants. Interviews with a questionnaire guide were conducted with farmer respondents about cultivation methods and disease control. The weather data was taken from the BMKG online database for the Tegal observation station. Composite soil sampling was carried out to analyze the soil's chemical, physical, and biological soil content. Soil biological analysis was carried out at the Plant Mycology Laboratory, IPB university. Soil chemical-physical analysis was carried out at the Department of Soil Science and Land Resources Laboratory, IPB university. The results of the interviews were presented in tabular form and analyzed by multivariate Principal Component Analysis (PCA), regression and Pearson's correlation analyzed environmental variable data, and ANOVA analyzed disease severity data.

Based on the results, observations of the fusarium basal rot disease severity in three districts of shallot centres, namely Brebes, Wanasari, and Larangan, showed that the disease severity was low (< 5%) at 2,34%; 1,54%; 1,06% with an infection rate of 0,000415; 0,000375; 0,000225 per unit per week, and AUDPC 0,85; 0,43; 0,37 units respectively in July-August. The disease development (AUDPC) at the district and village levels differed significantly, with the highest AUDPC being in the district Brebes.

Based on the results of weather analysis elements on disease severity, it shows that air humidity (RH) and temperature (t) support the severity of fusarium basal rot disease in the field during the dry season. In conditions of low humidity



(75,10%) followed by high temperature (27,55°C) simultaneously causes the disease severity in the field to be low between 1,06%-2,35%. Based on the results study of the correlation of soil properties to the disease severity, it was shown that C-organic and C/N ratio had a strong negative correlation with disease severity. In contrast, the total N content and percentage of soil sands had a strong positive correlation with disease severity. In addition, the rhizosphere bacterial diversity index (H') has a significant effect on the disease severity. The low diversity of rhizosphere bacteria is influenced by the low C-organic content causing disease severity to be high. Based on the principal component analysis (PCA) of aspects of cultivation methods, it shows the same trend between cultivation practices carried out by farmers in three districts. The dose of NPK fertilizer, the frequency of watering, herbicide, and pesticide application was strongly related to the disease severity of fusarium basal rot disease by 84,4% of the total variance data.

This study provides information on the relationship between the severity of fusarium basal rot disease with environmental factors and the shallot cultivation. The leading cause of Fusarium basal rot disease occurs in the dry season in Brebes Regency. That matters the basis for researchers to develop strategies to control fusarium basal rot disease and shallot farmers to improve cultivation methods. Such as choosing the proper planting time, using healthy seeds, using nitrate-based N fertilizer, and fertilizing at the correct dose, as well as adding input materials soil organic matter to prevent and control fusarium basal rot disease maintaining the sustainability of the agroecosystem.

Keywords: Environmental factors, symptom, disease severity, correlation

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

© Hak Cipta Milik IPB, tahun 2022

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



**DINAMIKA AGROEKOSISTEM PENYAKIT *MOLER*
(*Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*) BAWANG MERAH
DI SENTRA PRODUKSI KABUPATEN BREBES**

DWI NDARU SEKAR ASIH

Tesis

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Fitopatologi

**PROGRAM STUDI FITOPATOLOGI
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2022**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Tesis : Dinamika Agroekosistem Penyakit *Moler (Fusarium oxysporum f. sp. cepae)* Bawang Merah di Sentra Produksi Kabupaten Brebes

Nama : Dwi Ndaru Sekar Asih
NIM : A352180031

@Hak cipta milik IPB University

Disetujui oleh

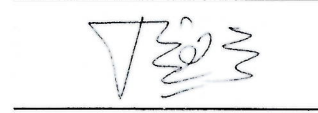
Pembimbing 1:
Dr. Ir. Bonny Poernomo Wahyu Soekarno, M.S.



Pembimbing 2:
Dr. Ir. Titiek Siti Yuliani, S.U.



Pembimbing 3:
Dr. Suroño, S.P., M.Agr.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Dr. Ir. Giyanto, M.Si
NIP. 196707091993031002



Dekan Sekolah Pascasarjana:
Prof. Dr. Ir. Anas Miftah Fauzi, M.Eng.
NIP. 196004191985031002



Tanggal Ujian: 03 Desember 2021

Tanggal Lulus: 24 JAN 2022

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Dinamika Agroekosistem Penyakit *Moler* Bawang Merah di Sentra Produksi Kabupaten Brebes” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Sains pada Program Studi Fitopatologi, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak, penulis tidak dapat berbuat maksimal dalam menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini dengan rasa tulus penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada Dr. Ir. Bonny Poernomo Wahyu Soekarno, M.S., Dr. Ir. Titiek Siti Yuliani, S.U., dan Dr. Surono, S.P., M.Agr. selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan bimbingan, masukan, arahan, dan motivasi kepada penulis. Terima kasih juga kepada Dr. Ir. Giyanto, M.Si. sebagai Ketua Program Studi Fitopatologi atas arahan, bimbingan, dan motivasi selama penulis menjalani pendidikan magister di program studi Fitopatologi IPB. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Dr. Ir. Suwanto M.Si. selaku penguji luar komisi, dan Prof. Dr. Ir. Dadang, M.Sc. selaku moderator seminar yang telah memberikan masukan untuk perbaikan karya tulis ini. Ungkapan terima kasih kepada seluruh staf pengajar program studi Fitopatologi yang sabar dalam memberikan pendidikan kepada penulis, juga kepada seluruh pegawai lingkungan Departemen Proteksi Tanaman yang selalu siap memberikan bantuan kepada penulis.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada rekan-rekan seperjuangan Fitopatologi 2018 yang saling memberikan dukungan, bantuan, dan menguatkan untuk menyelesaikan pendidikan Magister di IPB. Ucapan terima kasih yang tak terhingga disampaikan kepada yang tercinta Ayahanda Warsum dan Ibunda Tri Umaeni S.Pd.SD. atas doa-doa terbaik, dukungan materiil, maupun nasihat kehidupan yang sangat berarti. Kepada kakak dan adik tercinta, saudaraku Hikmah Maulida, SE, mertua juga kepada suami terkasih Aris Budiman, S.P., M.Si. terima kasih untuk dukungan tiada henti selama penulis menempuh pendidikan di IPB. Ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan pendidikan magister di Sekolah Pascasarjana IPB.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan

Bogor, Januari 2022

Dwi Ndaru Sekar Asih

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup	3
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Budi Daya Bawang Merah	5
2.2 Penyakit <i>Moler</i> (<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cepae</i>)	5
2.3 Agroekosistem Bawang Merah	7
2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Terjadinya Penyakit	7
III METODE	9
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	9
3.2 Pemilihan Lokasi Sampel Kebun dan Responden	9
3.3 Pengamatan Perkembangan Penyakit <i>Moler</i> di Kebun Bawang Merah	10
3.4 Faktor Pendukung Perkembangan Penyakit di Lapangan	11
3.4.1 Analisis Cuaca	11
3.4.2 Teknik Pengambilan Sampel Tanah	12
3.4.3 Analisis Hara Makro dan Sifat Fisik Tanah	12
3.4.4 Analisis Mikrob Rhizosfer (Cendawan dan Bakteri <i>Culturable</i>)	12
3.4.5 Kondisi Kebun dan Teknik Budi Daya yang Dilakukan Petani	13
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1 Gejala Penyakit <i>Moler</i>	14
4.2 Tanda Penyakit <i>Moler</i>	15
4.3 Perkembangan Penyakit <i>Moler</i> di Tiga Kecamatan	16
4.4 Peranan Cuaca dalam Proses Terjadinya Penyakit <i>Moler</i>	19
4.5 Hubungan Sifat-sifat Tanah dengan Keparahan Penyakit <i>Moler</i>	23
4.5.1 Kimia dan Fisik Tanah	23
4.5.2 Biologi Tanah	25
4.6 Kondisi Kebun dan Teknik Budi Daya Bawang Merah	27
4.6.1 Kondisi Umum Kebun	27
4.6.2 Teknik Budi Daya	28
4.7 Rekomendasi	33
V SIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Simpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	44
RIWAYAT HIDUP	46



DAFTAR TABEL

3.1	Titik koordinat lokasi kebun sampel, tanggal tanam dan panen bawang merah	9
3.2	Skor (kategori) keparahan penyakit <i>moler</i> pada tajuk bawang merah	11
3.3	Kriteria hubungan korelasi Pearson (Kusdiana 2021)	12
4.1	Hubungan linier faktor cuaca secara simultan dengan keparahan penyakit <i>moler</i>	20
4.2	Hubungan sifat kimia dan fisik tanah terhadap keparahan penyakit <i>moler</i>	23
4.3	Kerapatan dan keragaman mikrob pada rhizosfer bawang merah di tiga kecamatan	26
4.4	Cara budidaya bawang merah di tiga kecamatan	29
4.5	<i>Principal component analysis (PCA)</i> menggunakan matriks korelasi komponen cara budidaya terhadap keparahan penyakit <i>moler</i> untuk 18 kebun bawang merah di Kabupaten Brebes	31

Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR GAMBAR

1.1	Diagram alir penelitian “Dinamika Agroekosistem Penyakit <i>Moler</i> (<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>cepae</i>) Bawang Merah di Sentra Produksi Kabupaten Brebes”	4
2.1	Gejala penyakit <i>moler</i> pada bawang merah (Wiyatiningsih <i>et al.</i> 2009)	6
2.2	Siklus penyakit <i>moler</i> pada bawang bombai (<i>A. cepa</i> L.) (Le <i>et al.</i> 2021)	7
4.1	Gejala penyakit <i>moler</i> pada bagian tajuk dan umbi dengan ciri daun menguning dan nekrosis (a), tajuk tumbuh abnormal (daun terpuntir) (b), tanaman layu dan mati kering (c), miselium tumbuh di atas permukaan umbi yang membusuk (d), pangkal umbi membusuk (e), dan perbandingan antara umbi sehat dan bergejala <i>moler</i> (f).	14
4.2	Karakteristik morfologi <i>F. oxysporum</i> pada bawang merah dengan ciri warna koloni ungu-putih berbentuk radial (a), makrokonidium bersekat 3 perbesaran 100 x 10 (b), kladospora tunggal perbesaran 100 x 10 (c), konidiogenus dengan konidiofor (<i>false head</i>) perbesaran 40 x 10 (d).	15
4.3	Grafik perkembangan penyakit <i>moler</i> di tiga kecamatan pada bulan Juli-Agustus: kejadian penyakit (a), keparahan penyakit (b), laju infeksi (c), dan area di bawah kurva perkembangan penyakit (d).	17
4.4	<i>Analysis of variance</i> dari kejadian penyakit (a), keparahan penyakit (b), laju infeksi (c), dan <i>AUDPC</i> (d) pada tingkat kecamatan di Kabupaten Brebes	18
4.5	Kurva linier dari suhu udara (a), kelembapan udara (b), dan curah hujan (c) secara parsial terhadap keparahan penyakit <i>moler</i>	19
4.6	Kurva linier dari kelembapan tanah (a) dan pH tanah (b) terhadap keparahan penyakit <i>moler</i>	21
4.7	Kurva linier antara keparahan penyakit di musim kemarau dan musim hujan dari tahun 2017/2018 sampai dengan 2019/2020 (Sumber data: Supyani <i>et al.</i> 2021 dengan dimodifikasi)	22
4.8	Regresi linier antara C-organik (a), N-total (b), rasio C/N (c) dengan keparahan penyakit dan C-organik dengan <i>H'</i> bakteri (d)	24
4.9	Kerapatan dan keragaman koloni cendawan dan bakteri <i>culturable</i> pada rhizosfer bawang merah di tiga kecamatan	26
4.10	Kondisi kebun bawang merah di tiga kecamatan: kecamatan Brebes (a), kecamatan Wanasari (b), dan kecamatan Larangan (c)	28
4.11	<i>Principal component analysis (PCA) score plot</i> sebaran 18 kebun sampel berdasarkan variabel cara budidaya yang dilakukan petani	30
4.12	Jenis fungisida yang paling banyak digunakan petani di kecamatan Larangan, Wanasari, dan Brebes	32
4.13	Upaya pengendalian penyakit <i>moler</i> yang dilakukan petani di tiga kecamatan antara lain rotasi tanaman (a), mencabut tanaman bergejala (b), dan penggunaan pestisida (c)	33

DAFTAR LAMPIRAN

1	Hasil analisis tanah rhizosfer bawang merah di tiga kecamatan	44
2	Kriteria penilaian status hara tanah	45

2 @Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Brebes merupakan salah satu daerah sentra produksi bawang merah di Indonesia. Kontribusi kabupaten Brebes terhadap kebutuhan bawang merah di Jawa Tengah mencapai 66,07% dan memenuhi 25,33% kebutuhan nasional, dengan produksi mencapai 311.396 ton (Kementan RI 2016). Kabupaten Brebes terletak pada koordinat 6°44'56,5" – 7°20'51,48" Lintang Selatan dan 108°41'37,7" – 109° 11'28,92" Bujur Timur dengan luas wilayah 1.769,62 km² terbagi menjadi 17 kecamatan (Pemkab Brebes 2020). Kecamatan Wanasari, Larangan dan Brebes merupakan tiga kecamatan sentra bawang merah di Kabupaten Brebes yang terletak di dataran rendah dengan ketinggian 1-23 m dpl. Data produksi tahun 2019 menunjukkan kontributor bawang merah terbesar di Kabupaten Brebes terdiri atas Kecamatan Larangan (25,48%), Kecamatan Wanasari (21,67%), dan Kecamatan Brebes (13,49%) (BPS Brebes 2020).

Selama periode tahun 2014 sampai dengan 2016 Kabupaten Brebes menjadi kontributor utama dengan total produksi bawang merah paling tinggi di Jawa Tengah, namun pada tahun 2018 kedudukannya digeser oleh Kabupaten Demak (Kementan RI 2020). Berdasarkan data BPS (2020) produktivitas bawang merah di Jawa Tengah selama periode 2016-2019 mengalami penurunan yang semula 11,05 ton/ha pada tahun 2016 turun menjadi 10,05 ton/ha pada tahun 2020. Faktor pembatas produktivitas bawang merah ini disebabkan oleh faktor biotik dan abiotik, termasuk gangguan hama dan penyakit tanaman. Penyakit dan hama penting pada bawang merah antara lain penyakit trotol atau *purple blotch* (*Alternaria porri*), penyakit embun tepung atau *downy mildew* (*Peronospora destructor*), penyakit *moler* atau *basal plate rot* (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*), hama ulat bawang *Spodoptera exigua* dan *Thrips tabaci* (Ditlinhorti 2020). Penyakit yang sering muncul pada setiap musim tanam ialah penyakit *moler* atau *fusarium basal rot* (FBR).

Penyakit *moler* ialah sebutan umum yang sering digunakan oleh petani di Indonesia jika tanaman bawang merah menunjukkan gejala busuk umbi, daun terpelintir dan tanaman mudah dicabut. Penelitian terkait penyebab penyakit *moler* telah banyak dipublikasi. Cramer (2000) dan Sintayehu *et al.* (2011) melaporkan bahwa penyebab penyakit *moler* pada bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) adalah cendawan patogen *F. oxysporum* f. sp. *cepae*. Selain pada bawang merah, penyakit *moler* juga dapat ditemukan pada bawang bombay (*Allium cepa*) (Haapalainen *et al.* 2016), dan bawang putih (*Allium sativum* L.) (Mondani *et al.* 2021).

Penyakit *moler* menjadi masalah penting di Kabupaten Brebes. Saptayanti (2019) melaporkan bahwa penyakit *moler* sering terjadi di Kabupaten Brebes. Penyakit *moler* telah menjadi penyakit dominan pada beberapa sentra produksi bawang merah di pulau Jawa seperti Nganjuk-Jawa Timur, Brebes-Jawa Tengah, Bantul-Yogyakarta (Wiyatiningsih *et al.* 2009), dan Cipanas-Jawa Barat (Herlina *et al.* 2021), di Sumatera Utara bagian kabupaten Karo (Hasanuddin *et al.* 2021), dan di Kalimantan Selatan seperti Tabalong, Balangan, Tanah Laut, Tapin, Kotabaru, dan Banjarbaru (Safitri *et al.* 2019). Menurut laporan petani, kejadian

penyakit *moler* terjadi paling parah pada musim hujan namun juga sering ditemukan pada musim kemarau.

Di Ethiopia, kejadian penyakit *moler* dilaporkan mencapai 23,2% menyebabkan kehilangan hasil di lapangan 45% dan di penyimpanan 12-30% (Sintayehu *et al.* 2011). Sedangkan di Indonesia, kejadian penyakit *moler* menyebabkan kehilangan hasil mencapai 55,97% dengan kejadian penyakit 64,10% pada tanaman bawang merah varietas Bima yang memiliki ketahanan cukup rentan (Hadiwiyono *et al.* 2020). Penyakit *moler* dapat menyebabkan penurunan hasil panen secara kuantitas maupun kualitas. Penyakit *moler* menyebabkan ukuran umbi bawang merah lebih kecil dan berjumlah lebih sedikit dibandingkan umbi yang sehat (Wiyatiningsih *et al.* 2009).

Gejala penyakit *moler* ditandai dengan daun tumbuh melengkung abnormal, warna daun menjadi kekuningan, layu, kering, ukuran umbi lebih kecil, umbi mengalami pembusukan dan menyebabkan kematian tanaman (Saputri 2018). Inokulum *fusarium* terdapat di dalam rhizosfer dan tumbuh menuju permukaan akar tanaman (*rhizoplane*) (Abdel-Azeem *et al.* 2019). Apabila kondisi lingkungan mendukung, patogen dapat menginfeksi inang dan terjadi patogenesis. Secara ekologi, *Fusarium* merupakan cendawan *soil borne* dan *seed borne* yang bersifat nekrotrof dan monosiklik. Klamidospora *fusarium* mampu bertahan dalam jangka panjang di dalam tanah, konidia dapat terbawa air dan pada beberapa kasus dapat terbawa angin (Smith 2007).

Fenomena peningkatan penyakit dalam suatu populasi tanaman tidak lepas dari campur tangan manusia melalui kegiatan budidaya yang dilakukan selama kurun waktu tertentu. Beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya penyakit adalah terdapat hubungan saling mempengaruhi antara inang yang rentan, patogen yang virulen, kondisi lingkungan yang mendukung patogen, serta peran manusia. Perilaku petani dalam praktik budidaya bawang merah dapat mempengaruhi kondisi agroekosistem. Menurut Bahar (2020), penggunaan input *agrochemical* secara intensif dan tidak sesuai rekomendasi teknologi mengakibatkan penurunan keanekaragaman hayati dan meningkatkan serangan OPT. Penggunaan bibit yang berasal dari umbi pertanaman sebelumnya dapat menjadi sumber inokulum yang potensial bagi terjadinya ledakan penyakit (Southwood *et al.* 2015).

1.2 Perumusan Masalah

Penyakit *moler* menjadi penyakit endemik di sentra budidaya bawang merah Kabupaten Brebes. Sebaran penyakit ini hampir merata di wilayah produksi sentra Brebes. Lahan yang terinfestasi patogen *F. oxysporum* akan sulit terbebas dari kejadian penyakit *moler* karena patogen bersifat tular tanah dan dapat terinfestasi pada umbi. Sampai saat ini, penggunaan benih vegetatif (umbi) masih menjadi kebiasaan petani di Brebes. Penyakit *moler* menjadi salah satu faktor pembatas penurunan produksi bawang merah baik secara kuantitas maupun kualitas. Publikasi ilmiah terkait hubungan faktor lingkungan dan kejadian penyakit yang disebabkan oleh *F. oxysporum* pada tanaman selain bawang merah telah banyak dilaporkan [(Mehmood *et al.* 2013);(Cao *et al.* 2016);(Pfordt *et al.* 2020)], akan tetapi sampai saat ini belum dilaporkan publikasi terkait hubungan penyakit *moler* bawang merah dengan faktor lingkungan dan teknik budi daya. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian hubungan faktor lingkungan dan teknik budi daya terhadap

keparahan penyakit *moler* sebagai informasi dasar dalam penyusunan strategi pencegahan dan pengendalian epidemi penyakit *moler*.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mempelajari keparahan penyakit *moler* pada agroekosistem bawang merah di sentra produksi Kabupaten Brebes meliputi Kecamatan Larangan, Wanasari dan Brebes.
2. Mengkaji hubungan faktor lingkungan dan cara budi daya terhadap keparahan penyakit *moler* di sentra produksi bawang merah Kabupaten Brebes yang meliputi Kecamatan Larangan, Wanasari dan Brebes.

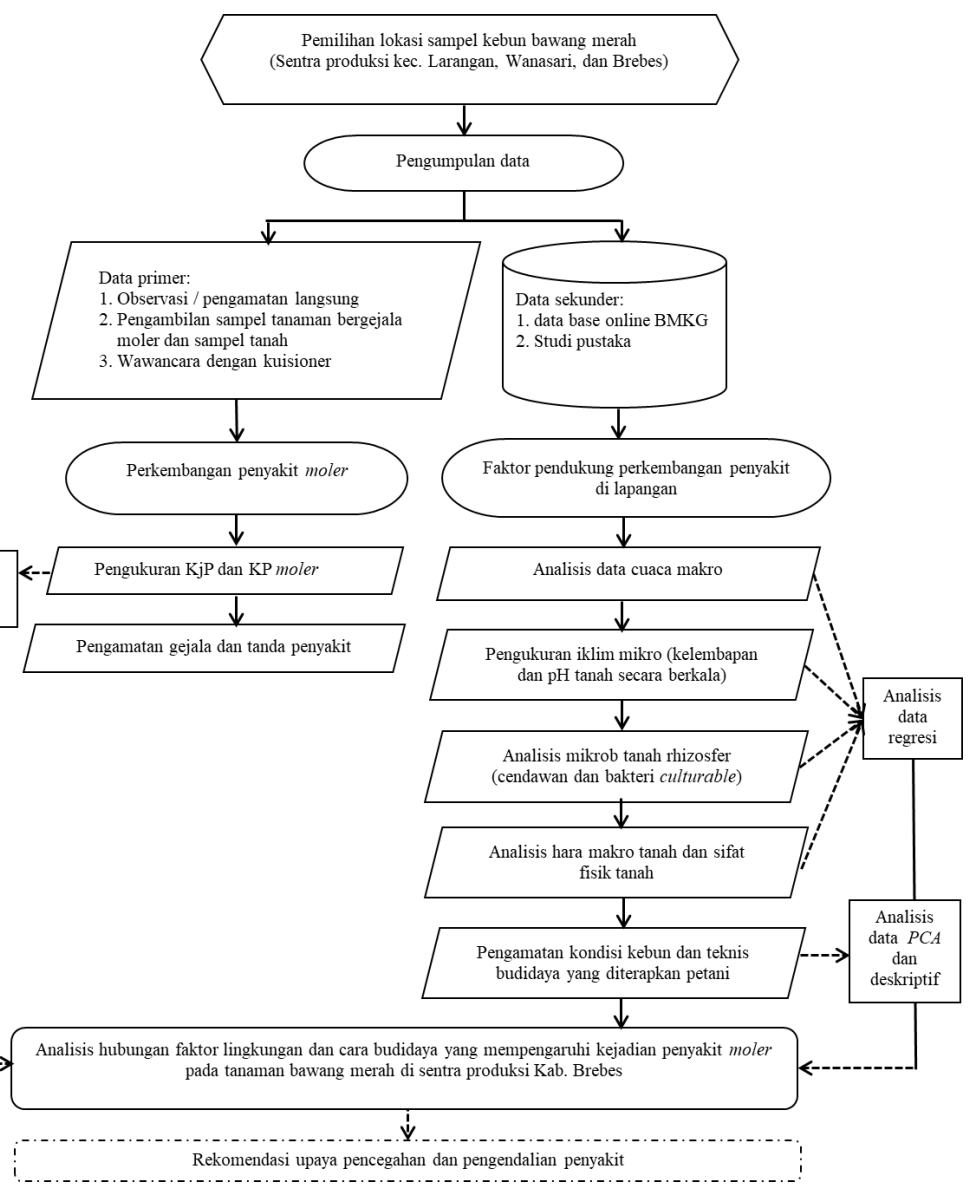
1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dasar untuk menyusun strategi pencegahan dan pengendalian penyakit *moler* baik di daerah endemik maupun non endemik guna mencegah terjadinya epidemi penyakit atau ledakan penyakit serta penyebaran penyakit *moler* yang lebih luas.

1.5 Ruang Lingkup

Penelitian ini memerlukan sejumlah data primer dan data sekunder yang terdiri atas data kejadian penyakit dan keparahan penyakit *moler* di lapangan, cara budi daya yang dilakukan petani, data cuaca, serta faktor kimia-fisik-biologi tanah. Penelitian ini dilakukan mengikuti diagram alur penelitian pada Gambar 1.





Gambar 1.1 Diagram alir penelitian “Dinamika Agroekosistem Penyakit Moler (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*) Bawang Merah di Sentra Produksi Kabupaten Brebes”.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Budi Daya Bawang Merah

Tanaman bawang merah pada umumnya optimal tumbuh di dataran rendah dengan ketinggian 0 - 450 m dpl. Bawang merah membutuhkan penyinaran cahaya matahari maksimal dengan suhu udara 25-32°C, kelembapan nisbi 50-70%, pH tanah 5.6 – 6.5, struktur tanah remah dengan tekstur sedang sampai liat (Sumarni & Hidayat 2005).

Pengolahan tanah pada dasarnya diperlukan untuk menggemburkan tanah, memperbaiki drainase dan aerasi tanah. Pada lahan bekas padi sawah atau bekas tebu, bedengan-bedengan dibuat terlebih dahulu dengan ukuran lebar 1,75 cm, dengan kedalaman parit 50-60 cm dan lebar parit 40-50 cm. Pencangkulan tanah dilakukan secara bertahap sampai tanah menjadi gembur. Pengolahan tanah membutuhkan waktu sekitar 3-4 minggu (Sumarni & Hidayat 2005).

Pada budi daya tanaman, pemilihan bahan tanam yang baik, pengaturan jarak tanam ideal, dan penggunaan pupuk yang tepat penting dilakukan guna mencapai hasil produksi yang optimal. Pada umumnya bawang merah diperbanyak secara vegetatif dengan umbi. Umbi yang baik untuk bibit adalah umbi yang berukuran sedang. Penggunaan ukuran benih sedang (5-10 gram) menghasilkan bobot umbi bawang merah tertinggi yaitu 12.70 ton/h (Rohim 2019).

Pengaturan jarak tanam bertujuan memberikan ruang bagi tanaman untuk tumbuh dengan baik tanpa persaingan dalam hal pengambilan air, unsur hara, dan cahaya matahari. Hasil penelitian Rohim (2019) menunjukkan bahwa penggunaan jarak tanam sempit (15x10 cm) menghasilkan bobot umbi bawang merah tertinggi yaitu 17,63 ton/h. Hasil penelitian lainnya menunjukkan bahwa produksi umbi bawang merah asal benih umbi mini dengan jarak tanam 15x20 cm dan pemberian dosis pupuk NPK (N 190 kg/h, P₂O₅ 92 kg/h, dan K₂O 120 kg/h) menghasilkan bobot umbi kering 35,48 g/tanaman (Sumarni *et al.* 2012).

Balitsa merekomendasikan penggunaan pupuk organik (kompos) sebanyak 5 ton/h diberikan bersama dengan pupuk TSP/SP-36 dan diaplikasikan 2-3 hari sebelum tanam (Sumarni & Hidayat 2005). Pemupukan bawang merah di lahan bekas padi sawah di dataran rendah (tanah aluvial) dengan menggunakan pupuk N sebanyak 300-300 kg ($\frac{1}{2}$ N-urea + $\frac{1}{2}$ N-ZA) yang dikombinasikan dengan P₂O₅ sebanyak 90 kg, K₂O sebanyak 50-150 kg/h diketahui produktivitas dan mutu bawang merah meningkat (Sumarni & Hidayat 2005).

Tanaman bawang merah memerlukan penyiraman yang cukup selama pertumbuhannya, biasanya satu kali dalam sehari pada pagi atau sore hari. Pengendalian gulma dilakukan dengan cara mekanis dan pengendalian terhadap hama dan penyakit. Bawang merah dapat dipanen setelah cukup umur, biasanya umur tanaman 60-70 hari tergantung varietas yang digunakan. Bawang merah varietas Bima Brebes dapat dipanen saat umur 60 hari (Sumarni & Hidayat 2005).

2.2 Penyakit Moler (*Fusarium oxysporum f. sp. cepae*)

Penyakit *moler* telah banyak dilaporkan menginfeksi tanaman bawang merah di sejumlah daerah sentra produksi bawang merah baik di Indonesia maupun di negara lain. Penyakit *moler* pertama kali dilaporkan oleh Kuruppu (1999) telah menginfeksi tanaman bawang merah (*A. ascalonicum* L.) di Sri Lanka yang

menyebabkan kehilangan hasil mencapai 20-30%. Selain itu, *moler* dapat menyebabkan kehilangan hasil sekitar 45% dan 12-30% kehilangan umbi di penyimpanan (Sintayehu *et al.* 2011).

Sebaran penyakit *moler* di dunia sangat luas menginfeksi bawang merah (*A. ascalonicum* L) di beberapa negara dunia seperti Vietnam (Le *et al.* 2020); Tamil Nadu, India (Dinakaran *et al.* 2013), dan Ethiopia, Afrika (Sintayehu *et al.* 2011), sedangkan di Indonesia penyakit *moler* banyak ditemukan di Kabupaten Karo, Sumatera Utara (Hasanuddin *et al.* 2021), di Pulau Jawa seperti Brebes, Cipanas (Herlina *et al.* 2021), Bantul-Yogyakarta, Nganjuk-Jawa Timur (Wiyatiningsih *et al.* 2009), dan di Kalimantan Selatan (Safitri *et al.* 2019). Selain bawang merah, penyakit *moler* banyak ditemukan pada bawang bombai (*A. cepa* L.) dan bawang putih (*A. sativum*) di Mexico (Tirado-Ramírez *et al.* 2018), Israel (Kalman *et al.* 2020), India (Gupta & Gupta 2014), Finland (Haapalainen *et al.* 2016), dan Italia (Mondani *et al.* 2021).

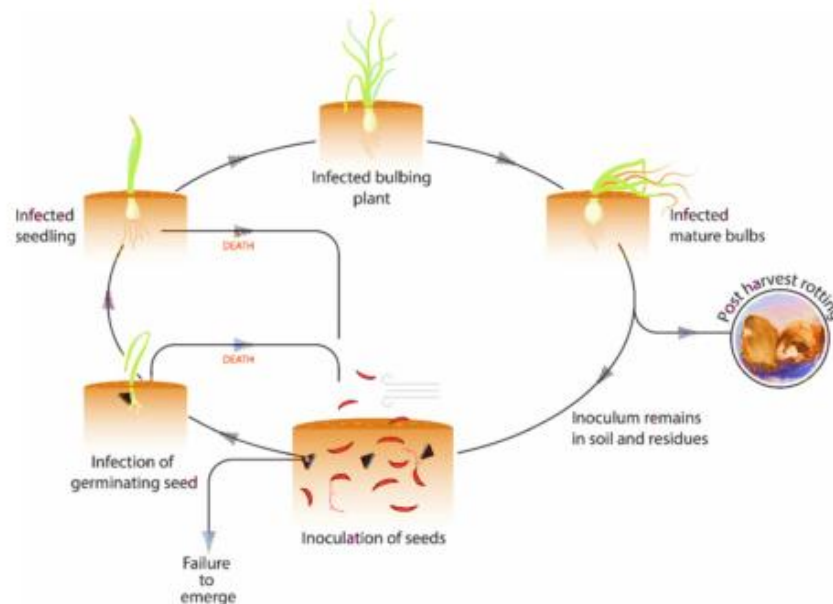


Gambar 2. 1 Gejala penyakit *moler* pada bawang merah (Wiyatiningsih *et al.* 2009)

Gejala penyakit *moler* ditandai dengan klorosis pada daun diikuti dengan pengeritingan dan pelintiran daun, batang mengalami pemanjangan abnormal menyebabkan tanaman rebah (Kuruppu 1999). Penyebab penyakit *moler* telah dikonfirmasi oleh Kuruppu dengan Postulat Koch yaitu *F. oxysporum*. Namun dijelaskan lebih lanjut, di lapangan *Colletotrichum* spp. selalu terdeteksi pada penyakit *moler* yang parah. Kemudian pada tahun 2007, penyakit *moler* dilaporkan berstatus menjadi penyakit utama pada bawang merah di berbagai daerah sentra bawang merah seperti Brebes (Wiyono 2007). Wiyatiningsih *et al.* (2009) melaporkan bahwa ditemukan gejala penyakit *moler* pada bawang merah di Bantul, Brebes, dan Nganjuk yang mirip dengan temuan oleh Kuruppu di Sri Lanka (Gambar 2.1), dan postulat Koch menunjukkan penyebab penyakit ialah *F. oxysporum*.

Berikutnya, beberapa hasil penelitian menyebutkan bahwa penyakit *moler* atau *Fusarium basal rot* dapat disebabkan oleh lebih dari satu jenis patogen. Lestiyani (2015) melaporkan bahwa penyakit *moler* pada bawang merah disebabkan oleh *F. oxysporum*, *F. solani*, dan *F. acutatum*. Pada tahun 2019, studi di Iran dilaporkan teridentifikasi sebanyak 8 *Fusarium* spp pada bawang bombay bergejala *moler*. Berdasarkan karakteristik morfologi dan molekuler, lima diantaranya ialah *F. oxysporum*, *F. solani*, *F. proliferatum*, *F. avenaceum*, dan *F. crookwellens* dengan virulensi 43,62%; 42,41%; 47,16%; 51%; 55% secara berurutan (Jahedi *et al.* 2019). *Fusarium* spp. dapat menginfeksi tanaman pada semua tahap perkembangan tanaman bawang bombai (Le *et al.* 2021). *F.*

oxysporum menjadi salah satu patogen yang paling merusak pada pembibitan dan umbi bawang merah, *F. proliferatum* paling merusak di penyimpanan, sedangkan *F. redolens* dan *F. solani* memiliki patogenisitas yang rendah (Ghanbarzadeh *et al.* 2014). Siklus penyakit *moler* pada tanaman bawang diilustrasikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Siklus penyakit *moler* pada bawang bombai (*A. cepa* L.) (Le *et al.* 2021)

2.3 Agroekosistem Bawang Merah

Tanah dengan kandungan tinggi bahan organik dan biologi tanah pada umumnya menunjukkan kesuburan tanah yang baik serta jaring makanan yang kompleks dan organisme bermanfaat yang mencegah infeksi penyakit (Altieri & Nicholls 2003). Di sisi lain petani sangat bergantung pada penggunaan pestisida untuk mengendalikan hama dan penyakit demi keberhasilan panen. Menurut Bahar (2020) Petani di Brebes tidak menanam bawang merah sepanjang musim tetapi ada pergiliran tanaman dengan tanaman lain seperti cabai, jagung, dan kedelai. Pola tanam yang diterapkan ada dua macam, yaitu pola tanam 1: padi-bawang merah-jagung-bawang merah dan pola tanam 2: padi-kedelai-bawang merah-bawang merah (Bahar 2020).

Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Dinakaran *et al.* (2013), penerapan *integrated pest management* (IPM) dengan melakukan penggunaan *input* non kimia seperti menggunakan bio-pestisida, perlakuan benih dengan bio-pestisida, *bio-input*, menanam refugia, dan perangkap feromon pada kebun bawang merah menunjukkan bahwa penerapan IPM tersebut dapat mengurangi kejadian penyakit *moler* sebesar 3,5%, thrips 5,99%, *S. litura* 3,51%, dan *A. porri* 24,5%. Heterogenitas genetik dengan pencampuran spesies atau varietas tanaman dapat mengurangi penyebaran penyakit yang membawa spora (Altieri & Nicholls 2005).

2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Terjadinya Penyakit

Konsep Segitiga penyakit menjelaskan interaksi antara patogen-inang-lingkungan, sedangkan manusia mempengaruhinya dengan berbagai cara yang



penting (Zadoks & Schein 1979). Suatu epidemi penyakit tanaman terjadi karena patogen mampu memencar dan menular ke areal yang cukup luas (Oka 1993). Pemencaran patogen dapat terjadi secara aktif dan pasif. Inokulum primer fusarium biasanya berasal dari tanah dan benih (Le *et al.* 2021).

Faktor inang (tanaman) erat kaitannya dengan gen ketahanan yang dimiliki tanaman dalam melawan gen virulen patogen. Filyushin *et al.* (2021) melakukan penelitian identifikasi tujuh gen kitinase kelas I, AsCHI1-7 pada genom *A. sativum* cv. Ershuizao yang memiliki fungsi pertahanan bawang putih melawan infeksi Fusarium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekspresi gen AsCHI2, AsCHI3, dan AsCHI7 bersifat konstitutif pada kultivar tahan dan rentan Fusarium, sebagian besar diinduksi pada tahap awal infeksi. Ekspresi gen AsCHI2 dan AsCHI3 di akar meningkat pada kultivar rentan, sebaliknya menurun pada kultivar tahan (Filyushin *et al.* 2021).

Faktor lingkungan mempengaruhi ketahanan tanaman serta frekuensi patogen. Pfordt *et al.* (2020) melakukan studi dampak kondisi lingkungan dan praktik agronomi terhadap prevalensi spesies Fusarium pada *ear rot* dan *stalk rot* jagung. Hasil analisis korelasi Pearson menunjukkan bahwa suhu dan curah hujan selama bulan Agustus dan September memiliki pengaruh kecil pada frekuensi spesies fusarium, sementara itu pada bulan Juli suhu dan curah hujan berpengaruh sedang hingga kuat terhadap frekuensi spesies fusarium (*F. graminearum* $r = -0,42$, *F. verticillioides* $r = 0,69$, dan *F. temperatum* $r = -0,71$) (Pfordt *et al.* 2020).

Faktor manusia dalam hal ini petani mempunyai peran penting sebagai pelaku budi daya dan pengendalian penyakit. Penelitian terkait pengujian beberapa jenis fungisida telah dilaporkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi fungisida berbahan aktif *Prochloraz* mampu menghambat pertumbuhan koloni *F. oxysporum* f. sp. *cepae* dan mengurangi dampak merugikan terhadap biomassa basah bibit bawang bombai, tetapi tidak efektif pada *F. acutatum* (Degani & Kalman 2021).

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

III METODE

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Juli 2020 sampai dengan Februari 2021. Penelitian dilaksanakan di sentra produksi bawang merah Kabupaten Brebes Provinsi Jawa Tengah terdiri atas kecamatan Larangan, Wanasari, dan Brebes. Kegiatan isolasi patogen dan mikroba rhizosfer (cendawan dan bakteri *culturable*) dilakukan di Laboratorium Mikologi Tumbuhan, Departemen Proteksi Tanaman, Institut Pertanian Bogor. Pengujian sampel tanah untuk analisis hara makro dan sifat fisik tanah dilakukan di Laboratorium Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, IPB.

3.2 Pemilihan Lokasi Sampel Kebun dan Responden

Penelitian ini menggunakan metode survei lapangan. Lokasi pengamatan sampel kebun dipilih secara sengaja (*purposive*) dengan pertimbangan bahwa Kabupaten Brebes merupakan sentra produksi bawang merah terbesar, sedangkan kecamatan Larangan, Wanasari dan Brebes merupakan kontributor utama produksi bawang merah di kabupaten Brebes.

Tabel 3.1 Titik koordinat lokasi kebun sampel, tanggal tanam dan panen bawang merah

Kecamatan	Desa	Sampel	Latitude	Longitude	Tanggal tanam	Tanggal panen
Brebes	Pamaron	Kebun 1	6°54,6700'S	109°2,8650'E	2/7/2020	26/8/2020
		Kebun 2	6°54,6990'S	109°2,8150'E	2/7/2020	26/8/2020
		Kebun 3	6°55,0450'S	109°2,7800'E	2/7/2020	26/8/2020
	Krasak	Kebun 4	6°54,3230'S	109°3,2660'E	2/7/2020	29/8/2020
		Kebun 5	6°54,3120'S	109°3,2310'E	2/7/2020	29/8/2020
		Kebun 6	6°53,9950'S	109°3,4950'E	2/7/2020	27/8/2020
Wanasari	Jagalempeni	Kebun 7	6°56,9090'S	109°0,4880'E	2/7/2020	20/8/2020
		Kebun 8	6°56,6490'S	109°0,5610'E	2/7/2020	20/8/2020
		Kebun 9	6°56,6360'S	109°0,6520'E	2/7/2020	25/8/2020
	Sidamulya	Kebun 10	6°54,6440'S	109°1,0880'E	2/7/2020	27/8/2020
		Kebun 11	6°54,6650'S	109°1,1670'E	2/7/2020	27/8/2020
		Kebun 12	6°54,6210'S	109°1,4180'E	2/7/2020	26/8/2020
Larangan	Larangan	Kebun 13	6°59,2910'S	108°57,2560'E	2/7/2020	26/8/2020
		Kebun 14	6°59,3240'S	108°57,2470'E	2/7/2020	02/9/2020
		Kebun 15	6°59,5600'S	108°57,0160'E	2/7/2020	07/9/2020
	Siandong	Kebun 16	6°58,3810'S	108°57,8390'E	2/7/2020	26/8/2020
		Kebun 17	6°58,3790'S	108°57,8770'E	2/7/2020	27/8/2020
		Kebun 18	6°58,4730'S	108°57,9050'E	2/7/2020	30/8/2020

Lokasi kebun sampel dipilih dengan kriteria memiliki keseragaman umur tanaman. Setiap kecamatan dipilih dua desa sentra dan setiap desa sentra dipilih 3 kebun sampel terluas dengan umur tanam seragam, total sampel kebun sebanyak 18

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

kebun. Luas kebun bawang merah petani kurang dari 1 ha. Lokasi sampel kebun terletak di titik koordinat sebagai berikut (Tabel 3.1).

Responden terpilih adalah petani penggarap atau pemilik kebun sampel yang berperan aktif mengelola kebun bawang merah. Total responden sebanyak 18 orang.

3.3 Pengamatan Perkembangan Penyakit *Moler* di Kebun Bawang Merah

3.3.1 Pengamatan Gejala Visual dan Tanda Penyakit *Moler*

Pengamatan gejala penyakit *moler* dilakukan secara langsung pada tajuk tanaman dan umbi bawang merah. Gejala khas *moler* yaitu daun meliuk-liuk atau terpelintir, daun klorosis, layu, pangkal umbi membusuk dan tanaman mudah dicabut. Tanda penyakit diisolasi dari sampel umbi bergejala *moler* kemudian ditumbuhkan pada media PDA mengikuti metode Saputri *et al.* (2019) yang dimodifikasi. Isolasi cendawan patogen dari tanaman sakit dilakukan dengan memotong bagian pangkal umbi bawang merah di antara bagian jaringan yang sakit dan sehat $\pm 0,5-1 \text{ cm}^2$. Selanjutnya potongan umbi disterilisasi permukaan dengan perendaman NaOCl 1% selama 30 detik, alkohol 70% selama 15 detik, kemudian dibilas dengan akuades steril sebanyak tiga kali dilanjutkan dengan penanaman pada media *potato dextrose agar* (PDA) 50%. Isolat cendawan yang tumbuh dimurnikan pada media PDA dan diidentifikasi morfologi.

Identifikasi cendawan dilakukan berdasarkan karakter koloni (warna dan bentuk koloni) dan karakter morfologi patogen (aservulus, bentuk konidia, bentuk klamidospora, dan jumlah seta). Identifikasi cendawan mengacu pada buku identifikasi Barnett dan Hunter (1998) dan Leslie dan Summerell (2006).

3.3.2. Teknik Pengambilan Sampel Tanaman

Pengambilan sampel tanaman berdasarkan metode *diagonal sampling*. Pada masing-masing kebun pengamatan ditentukan 5 sub petak pengamatan dengan pola diagonal yang berukuran 5m x 5m. Semua individu tanaman yang ada di dalam sub petak diambil sebagai tanaman sampel. Total tanaman sampel pada kebun dengan jarak tanam 10cm x 15cm adalah ± 5.775 tanaman, dan jarak tanam 10cm x 20cm adalah ± 4.375 tanaman.

3.3.3. Pengamatan Kejadian Penyakit dan Keparahan Penyakit *Moler*

Pengamatan kejadian penyakit (KjP) dan keparahan penyakit (KP) dilakukan setiap 2 minggu sekali dimulai pada umur tanaman 2 mst (minggu setelah tanam) sampai dengan 8 mst. Penilaian kejadian penyakit (KjP) dilakukan pada tajuk tanaman dengan mengamati jumlah tanaman bergejala *moler*. KjP dihitung menggunakan rumus (Cooke 2006) sebagai berikut:

$$\text{Kejadian Penyakit} = \frac{\text{jumlah tanaman yang terinfeksi}}{\text{jumlah tanaman yang diamati}} \times 100\%$$

Penilaian keparahan penyakit (KP) dilakukan pada tajuk tanaman dengan mengamati persentase keparahan gejala pada tajuk. Skala keparahan penyakit dihitung dengan kategori seperti pada Tabel 3.2 menurut Hadiwiyono *et al.* (2020) dengan modifikasi.

Tabel 3.2 Skor (kategori) keparahan penyakit *moler* pada tajuk bawang merah

Skor	Gejala
0	Keparahan 0% (tidak ada gejala)
1	1-10% daun melengkung atau terpuntir
2	11-30% daun melengkung atau terpuntir
3	31-75% daun melengkung atau terpuntir
4	≥ 76% daun melengkung atau terpuntir

Dari table *skoring* di atas, dihitung persentase keparahan penyakit menggunakan rumus berikut ini:

$$\text{Keparahan Penyakit} = \frac{\sum_{i=0}^4 n_i \cdot v_i}{N \cdot V} \times 100\%$$

Keterangan:

n_i = jumlah tanaman dengan skor ke- i ;

v_i = nilai skor penyakit dari $i = 0, 1, 2$, sampai $i = t$ - skor tertinggi;

N = jumlah tanaman yang diamati;

V = skor tertinggi.

Pengamatan Kjp dan KP *moler* di lapangan menggunakan rancangan *nested* (tersarang) dengan faktor induk ialah kecamatan dan faktor anak ialah desa pada masing-masing kecamatan. Untuk mengetahui signifikansi KJP dan KP penyakit *moler* antar desa/kecamatan dilakukan analisis varians menggunakan *software* Minitab versi 19.2020.1 (64-bit).

Penyakit *moler* merupakan penyakit dengan tipe monosiklik. Laju infeksi dihitung untuk mengetahui kecepatan patogen dalam menimbulkan keparahan penyakit pada waktu tertentu. Laju infeksi (r) dihitung menggunakan rumus berikut ini (Oka 1993).

$$r = \frac{2,714}{t} \times \left[\log \frac{1}{1-Xt} - \log \frac{1}{1-Xo} \right].$$

Keterangan:

R = Laju infeksi

Xt = keparahan penyakit pada waktu tertentu;

Xo = keparahan penyakit awal;

t = waktu pengamatan (misal minggu ke-2, 4, 6).

Perhitungan nilai area di bawah kurva perkembangan penyakit atau *Area Under Disease Progress Curve (AUDPC)* memberikan informasi luasan perkembangan penyakit sehingga diketahui ketahanan varietas tanaman inang. *AUDPC* dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$AUDPC = \frac{Xt + Xo}{2} \times t.$$

3.4 Faktor Pendukung Perkembangan Penyakit di Lapangan

3.4.1 Analisis Cuaca

Data cuaca makro terdiri atas kelembapan udara, suhu udara, dan curah hujan selama bulan Juli sampai dengan Agustus 2020 diambil dari basis data *online* BMKG stasiun pengamatan Tegal. Hubungan antara faktor cuaca dengan keparahan penyakit dianalisis menggunakan regresi linear sederhana dan regresi linear berganda dengan bantuan program *Microsoft® Excel 365*.

Data iklim mikro berupa kelembapan tanah dan pH tanah diukur secara berkala setiap 2 minggu sekali (2-8 mst) menggunakan alat ukur *soil kit meter Mediatech*. Data tersebut dianalisis regresi linier untuk mengetahui hubungan faktor kelembapan tanah dan pH tanah terhadap laju infeksi (r).

3.4.2 Teknik Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah diambil dari 18 kebun dengan metode *diagonal sampling*. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan cara tanah diambil dari zona perakaran pada kedalaman 10-15 cm selanjutnya tanah dikomposit (Adhi & Suganda 2020). Sampel tanah komposit berjumlah 18 sampel dianalisis kandungan hara makro dan sifat fisik tanah (tekstur tanah) di Laboratorium Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, IPB University.

3.4.3 Analisis Hara Makro dan Sifat Fisik Tanah

Sampel tanah dianalisis kandungan unsur hara makro tanah dan komposisi tekstur tanah terdiri atas pH 1:5 H₂O, C-organik Walkley & Black, N-total Kjeldahl, rasio C/N, P-tersedia dan K-tersedia Bray I, tekstur tanah (persentase kandungan debu: lempung: pasir) metode pipet. Analisis hara tanah dilakukan di Laboratorium Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB.

Untuk mengetahui hubungan hara makro tanah dan sifat fisik tanah dengan keparahan penyakit digunakan analisis korelasi Pearson menggunakan perangkat lunak SPSS versi 26. Kriteria korelasi Pearson menggunakan kriteria sebagai berikut.

Tabel 3.3 Kriteria hubungan korelasi Pearson (Kusdiana 2021)

Nilai korelasi Pearson	Hubungan korelasi
0,00 s.d. 0,20	Tidak ada korelasi
0,21 s.d. 0,40	Korelasi lemah
0,41 s.d. 0,60	Korelasi sedang
0,61 s.d. 0,80	Korelasi kuat
0,81 s.d. 1,00	Korelasi sangat kuat

3.4.4 Analisis Mikrob Rhizosfer (Cendawan dan Bakteri *Culturable*)

Isolasi cendawan rhizosfer dilakukan dengan metode sebar (*spread method*) mengikuti Cappuccino & Sherman (2014). Sebanyak 10 g tanah disuspensikan dalam 90 ml air steril kemudian dihomogenkan selama 30 menit dengan kecepatan 110 rpm. Pengenceran dilakukan bertahap 10^{-1} sampai 10^{-5} . Sebanyak 0,1 ml sampel setiap pengenceran diteteskan pada permukaan media *Martin Agar* (MA) dengan 2 kali ulangan. Tahapan yang sama juga dilakukan untuk isolasi bakteri rhizosfer pada media *Nutrient Agar* (NA) dengan seri pengenceran 10^{-4} - 10^{-7} . Jumlah koloni bakteri dan cendawan *culturable* yang tumbuh selanjutnya dihitung.

Koloni cendawan dan bakteri rhizosfer yang tumbuh dihitung berdasarkan rumus berikut ini (Arantika *et al.* 2019):

$$\text{Jumlah populasi per ml (cfu/ml)} = \frac{\text{jumlah populasi cendawan atau bakteri pada pengenceran ke-n}}{\text{faktor pengenceran ke-n} \times \text{volume yang di-plating (ml)}}$$

Indeks keragaman mikrob dihitung menggunakan rumus Shannon-Weaver (Workneh & van Bruggen 1994) sebagai berikut:

$$H' = -\sum_{i=1}^n pi \ln pi, \text{ dimana } pi = \frac{ni}{N}$$

Keterangan:

H' = Indeks Shannon-Weaver;

pi = Proporsi jumlah individu spesies ke-i (ni) / jumlah total individu (N);

ni = Jumlah individu jenis ke-i ;

N = Jumlah total individu.

Adapun kriteria keanekaragaman spesies yaitu:

$H' < 1$ = keanekaragaman spesies rendah

$1 < H' < 3$ = keanekaragaman spesies sedang

$H' > 3$ = keanekaragaman spesies tinggi

Untuk mengetahui korelasi antara kerapatan dan keragaman spesies cendawan bakteri rhizosfer terhadap keparahan penyakit digunakan analisis regresi linear menggunakan *Microsoft® Excel 365*.

3.4.5. Kondisi Kebun dan Teknik Budi Daya yang Dilakukan Petani

Data kondisi kebun diperoleh dari pengamatan secara langsung dan wawancara dengan petani. Wawancara dengan panduan kuisisioner kepada petani pemilik atau penggarap lahan dilakukan untuk mendapatkan informasi teknik budidaya yang diterapkan, pengendalian penyakit moler dan OPT, dan asal benih.

Data hasil wawancara dan pengamatan kondisi kebun disajikan dalam bentuk tabel dan dibahas secara deskriptif. Data wawancara berupa angka dianalisis uji multivariat *Principal Component Analysis (PCA)* menggunakan *software Minitab* versi 19.2020.1 (64-bit).



IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gejala Penyakit *Moler*

Hasil pengamatan penyakit *moler* di lapangan menunjukkan gejala yang khas pada bagian tajuk yaitu tajuk tumbuh abnormal, daun melengkung atau terpuntir, daun berubah warna menjadi hijau pucat atau kuning (klorosis) dari bagian ujung menuju pangkal daun. Pada beberapa daun berbentuk pipih melengkung, nekrosis, tanaman layu, dan mati (Gambar 4.1 a-c). Pada bagian umbi terdapat nekrosis/busuk pada bagian pangkal umbi (*basal plate rot*), mati akar dan tanaman mudah dicabut (Gambar 1d-e). Hasil pengamatan gejala *moler* tersebut sesuai dengan hasil penelitian Herlina *et al.* (2021) bahwa tanaman bawang merah yang diinokulasi dengan *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* pada percobaan rumah kaca menunjukkan gejala serupa.



Gambar 4.1. Gejala penyakit *moler* pada bagian tajuk dan umbi dengan ciri daun menguning dan nekrosis (a), tajuk tumbuh abnormal (daun terpuntir) (b), tanaman layu dan mati kering (c), miselium tumbuh di atas permukaan umbi yang membusuk (d), pangkal umbi membusuk (e), dan perbandingan antara umbi sehat dan bergejala *moler* (f).

Penyakit *moler* menyebabkan tanaman mati muda (*damping off*) sedangkan gejala pada tanaman dewasa menyebabkan ukuran umbi lebih kecil dibanding dengan umbi yang sehat serta umbi membusuk (Gambar 4.1e-f). Menurut Cramer

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

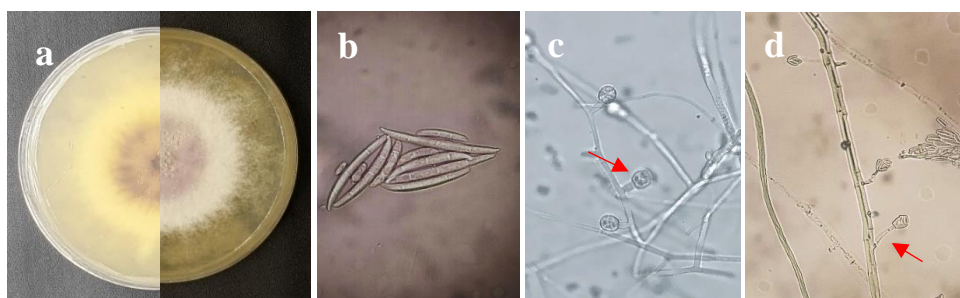
(2000), pada kondisi lingkungan yang mendukung *F. oxysporum* f. sp. *cepae* dapat menyebabkan kematian pada bibit bawang merah. Gejala penyakit *moler* di lapangan terlihat jelas pada umur 14 hari (2 MST). Hal ini berbeda dengan laporan Supyani *et al.* (2021), bahwa gejala *moler* muncul pada tanaman umur 30-35 hari setelah tanam. Sedangkan menurut Aprilia *et al.* (2020), periode inkubasi penyakit *moler* dengan inokulasi buatan terjadi pada 5-27 hari setelah tanam.

Gejala penyakit *moler* terbentuk karena adanya proses patogenesis. Infeksi *F. oxysporum* f. sp. *cepae* dapat terjadi melalui penetrasi langsung pada pangkal umbi (*basal plate*), melalui akar, luka alami ataupun mekanis. Gejala busuk pada umbi disebabkan oleh pelepasan enzim pektik saat proses infeksi yaitu *exo-polygalacturonase* (*exo-PG*) dan *endo-pectin-trans-eliminase* (*endo-PTE*) yang berfungsi merombak pektin dinding sel bawang merah sehingga terjadi degradasi dinding sel, maserasi jaringan dan menyebabkan umbi membusuk (Cramer 2000). Senyawa fenol yang dilepas ke dalam xilem sebagai akibat dari enzim pektinase menyebabkan gejala umbi berwarna coklat. Toksin asam fusarat dan likomarasmin (bersifat tidak spesifik inang) diproduksi setelah enzim pektolitik sehingga menyebabkan jaringan nekrosis (Semangun 2006). Invasi hifa sampai pada pembuluh vaskular tanaman dapat memblokir sistem pengangkutan air dan unsur hara menuju ke daun secara sistemik dan menyebabkan tanaman layu (Gordon 2017).

4.2 Tanda Penyakit *Moler*

Tanaman bawang merah yang menunjukkan gejala *moler* dilakukan identifikasi terhadap tanda patogen untuk memastikan infeksi oleh cendawan *F. oxysporum*. Isolasi patogen dilakukan pada lokasi gejala primer yaitu bagian umbi.

Berdasarkan hasil identifikasi isolat secara morfologi menunjukkan bahwa cendawan yang tumbuh ialah *F. oxysporum*. Karakteristik koloni *F. oxysporum* pada media PDA berupa koloni berbentuk radial, miselium berwarna putih-ungu seperti kapas (Gambar 4.2a). Berdasarkan hasil pengamatan mikroskopis, karakter makrokonidia berbentuk sabit, bersel 4 dan memiliki 3 sekat atau *septa*, mikrokonidia berbentuk oval sampai ginjal, mikrokonidia bersel tunggal terbentuk pada *false head*, dan klamidospora berbentuk tunggal (Gambar 4.2).



Gambar 4.2 Karakteristik morfologi *F. oxysporum* pada bawang merah dengan ciri warna koloni ungu-putih berbentuk radial (a), makrokonidium bersekat 3 perbesaran 100 x 10 (b), klamidospora tunggal perbesaran 100 x 10 (c), konidiogenus dengan konidiofor (*false head*) perbesaran 40 x 10 (d).

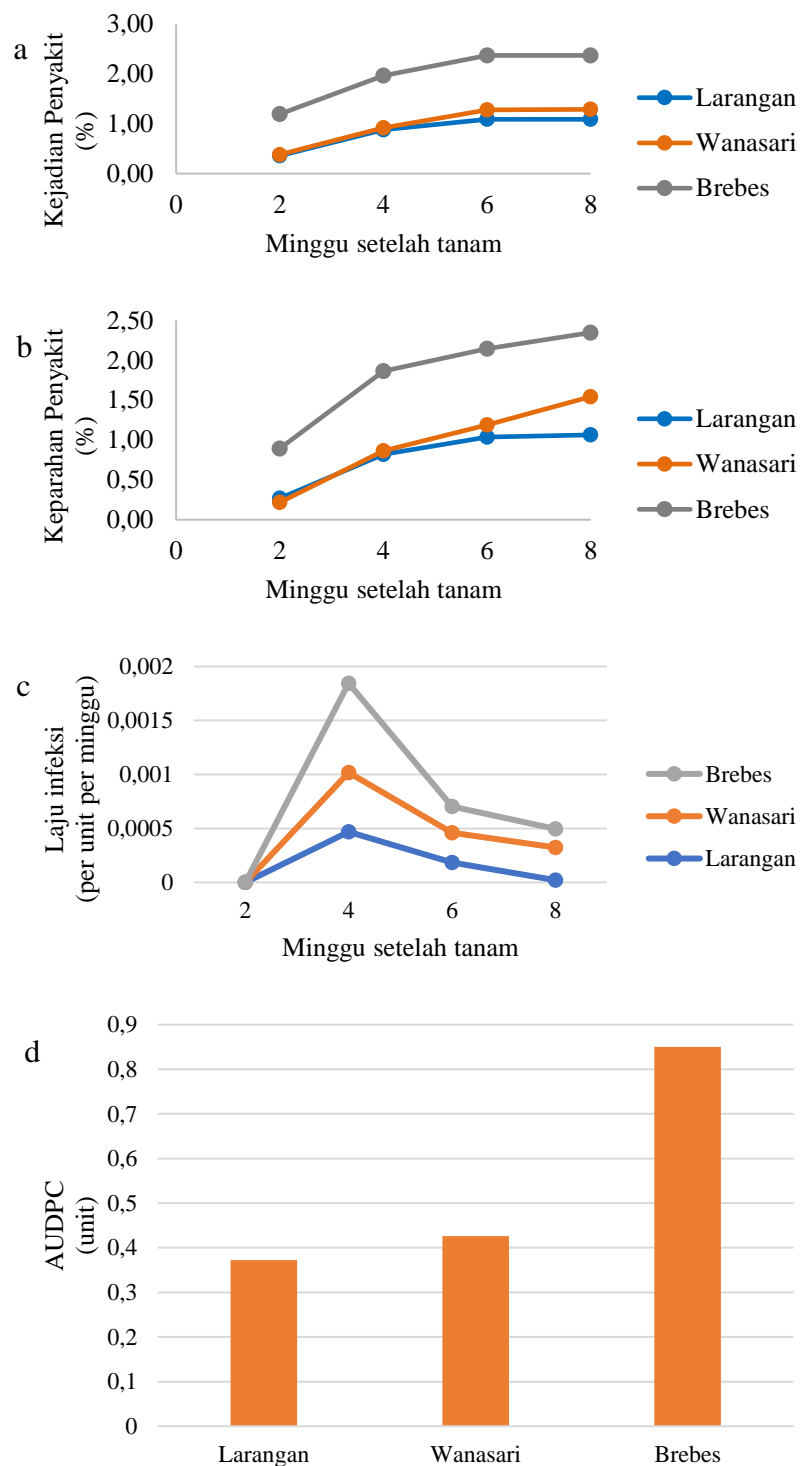
Penyakit *moler* atau *basal plate rot* atau *fusarium basal rot* pada bawang merah disebabkan oleh cendawan *F. oxysporum* f. sp. *cepae* [(Sintayehu *et al.* 2011);(Hadiwiyono *et al.* 2020)]. Bektas & Kusek (2019) melaporkan bahwa karakteristik *F. oxysporum* f. sp. *cepae* memiliki makrokonidia berbentuk tegak agak melengkung berdinding tipis berukuran $\pm 15-20 \mu\text{m} \times 2,5-3\mu\text{m}$ dan bersekat 3, mikrokonidia berbentuk oval, elips, dan ginjal berukuran $2,5-15 \mu\text{m} \times 2-3\mu\text{m}$ dan tidak memiliki sekat.

4.3 Perkembangan Penyakit *Moler* di Tiga Kecamatan

Hasil pengamatan penyakit *moler* pada 18 kebun di tiga kecamatan sentra menunjukkan kejadian penyakit *moler* sebesar 1,09% - 2,37% dengan keparahan penyakit sebesar 1,06% - 2,35% pada musim tanam Juli-Agustus (Gambar 4.3). Menurut Mondani *et al.* (2021) kejadian penyakit *moler* di bawah 5% tergolong rendah. Hal ini disebabkan faktor cuaca seperti kelembapan, suhu dan curah hujan berkurang selama bulan Juli-Agustus sehingga perkembangan penyakit lambat. Berdasarkan data BMKG, pada bulan Juli-Agustus 2021 jumlah curah hujan sebesar 101,5 mm (tergolong sedang), rata-rata kelembapan (RH) 75,10% dan suhu 27,55°C. Kondisi tersebut kurang optimal bagi perkembangan *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* ialah suhu 28°C-32°C dan pH 6,6. Dari hasil pengamatan di lapangan tidak ditemukan penyakit pada bawang merah selain penyakit *moler* yang disebabkan oleh cendawan.

Laju infeksi penyakit (*r*) dapat memberikan informasi laju suatu penyakit dari awal pengamatan sampai dengan menimbulkan keparahan penyakit yang tinggi dalam satu siklus tanaman. Sedangkan *AUDPC* (*Area under disease progress curve*) atau nilai area dibawah kurva perkembangan penyakit menggambarkan luasan kurva perkembangan penyakit dari awal sampai akhir pengamatan. Dari Gambar 4.3c terlihat bahwa grafik laju infeksi penyakit di tiga kecamatan meningkat pada 4 MST (minggu setelah tanam) kemudian menurun sampai dengan 8 MST. Secara keseluruhan laju infeksi penyakit *moler* pada musim kemarau terjadi sangat lambat dibawah satu per unit per minggu.

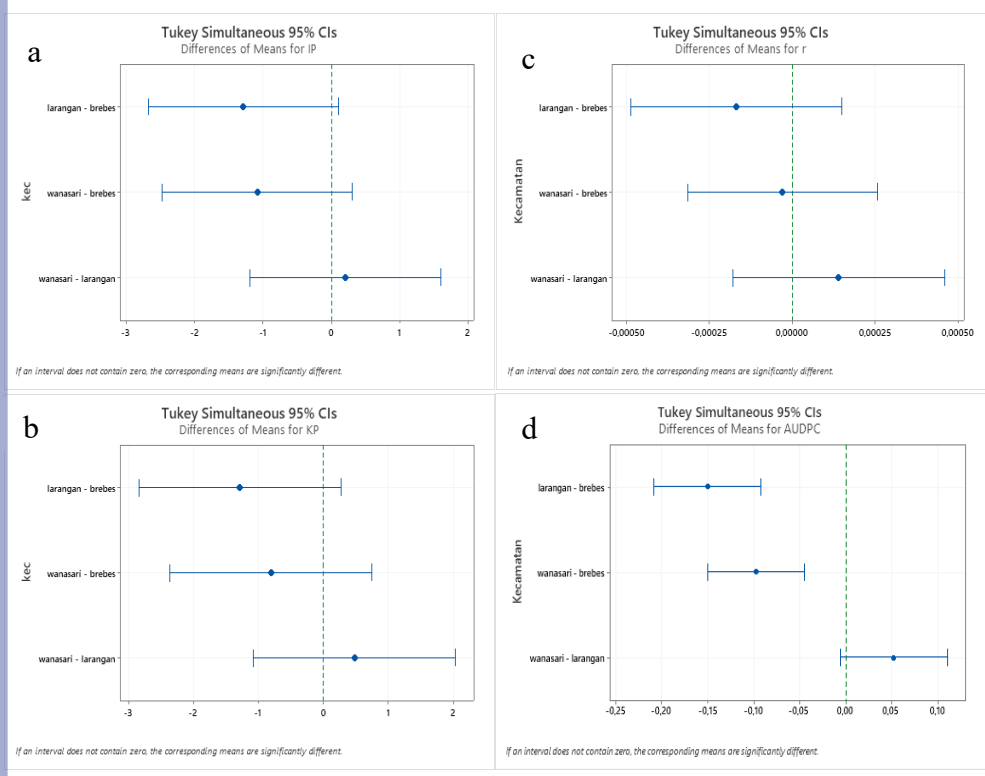
Laju infeksi patogen terjadi lebih cepat saat tanaman umur 4 minggu (Gambar 4.3c) diduga patogen *F. oxysporum* bersifat lebih virulen pada awal pertumbuhan tanaman. Pada fase vegetatif awal, respon ketahanan tanaman terhadap patogen belum optimal ditambah dengan kondisi lingkungan yang cukup sesuai bagi patogen. Respon ketahanan tanaman dalam melawan patogen *F. oxysporum* dapat berupa mekanisme pertahanan biokimia dan histologi. Gen PAL (*phenylalanine amonialyase*) adalah salah satu gen pada bawang merah yang terletak pada kromosom 2A yang dapat mengekspresikan senyawa fenolik antifungal (Yaguchi *et al.* 2009). Penelitian yang dilakukan oleh Vu *et al.* (2012) menunjukkan bahwa bawang merah yang diinokulasi *F. oxysporum* f. sp. *cepae* memproduksi senyawa fenolik dan saponin lebih tinggi dibanding dengan kontrol pada hari ketiga setelah inokulasi. Selain itu, tanaman memiliki banyak senjata biologi untuk memblokir penyebaran patogen di dalam *xylem* seperti membentuk lapisan aposisi yang mengandung *callose*, dan membentuk tilosis pada sel parenkim yang menggelembung ke dalam lumen melalui lubang *xylem* (Fallath *et al.* 2017).



Gambar 4.3 Grafik perkembangan penyakit *moler* di tiga kecamatan pada bulan Juli-Agustus: kejadian penyakit (a), keparahan penyakit (b), laju infeksi (c), dan area di bawah kurva perkembangan penyakit (d).

Berdasarkan hasil analisis anova, perkembangan penyakit *moler* (*AUDPC*) di tiga kecamatan sentra menunjukkan beda nyata pada tingkat kecamatan dengan $p < 0,05$, sedangkan kejadian dan keparahan penyakit tidak berbeda nyata pada tingkat

kecamatan (induk) maupun desa (anak) dengan $p > 0,05$ (Gambar 4.4). Dari Gambar 4.4d terlihat bahwa interval garis antara kecamatan Brebes dengan kecamatan Larangan dan Wanasari tidak melewati garis 0 sedangkan interval garis antara kecamatan Wanasari dan Larangan melewati garis 0. Artinya AUDPC penyakit *moler* di kecamatan Brebes lebih tinggi dibandingkan dengan kecamatan lainnya. Hal ini disebabkan oleh faktor benih yang digunakan dan faktor tanah.



Gambar 4.4 Analysis of variance dari kejadian penyakit (a), keparahan penyakit (b), laju infeksi (c), dan AUDPC (d) pada tingkat kecamatan di Kabupaten Brebes

Benih yang digunakan oleh petani di kecamatan Brebes adalah varietas Bima (dalam bentuk umbi vegetatif). Dilaporkan oleh Hadiwiyono *et al.* (2020), bawang merah varietas Bima Rajat dan Bima Curut memiliki ketahanan cukup rentan terhadap penyakit *moler*. Meskipun varietas benih yang digunakan petani sama tetapi pemilihan benih yang sehat sangat menentukan besarnya peluang kejadian penyakit *moler* di lapangan. Selain bersifat *soil borne*, *Fusarium oxysporum* juga bersifat *seed borne*. Hasil penelitian Aprilia *et al.* (2020), menunjukkan bawang merah varietas Bima tergolong rentan terhadap penyakit *moler*. *F. oxysporum* dilaporkan dapat terinfestasi pada umbi bawang. Fadhilah *et al.* (2016) melaporkan bahwa *Fusarium* sp. terdeteksi pada umbi bawang merah asal Brebes di bagian *basal plate* sebanyak 78,7% dengan tingkat infeksi berkisar 32% - 97,5%. Dilaporkan juga oleh Saputri *et al.* (2019), *F. oxysporum* patogenik ditemukan pada umbi bawang merah dan menyebabkan kejadian penyakit mencapai 55%. Mekanisme infeksi fusarium terbawa benih telah dijelaskan. *Fusarium* sp. dapat menginfeksi benih dalam bentuk spora yang menempel pada permukaan biji atau dalam bentuk miselium yang berada di dalam integumen biji (Dabire *et al.* 2021).

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

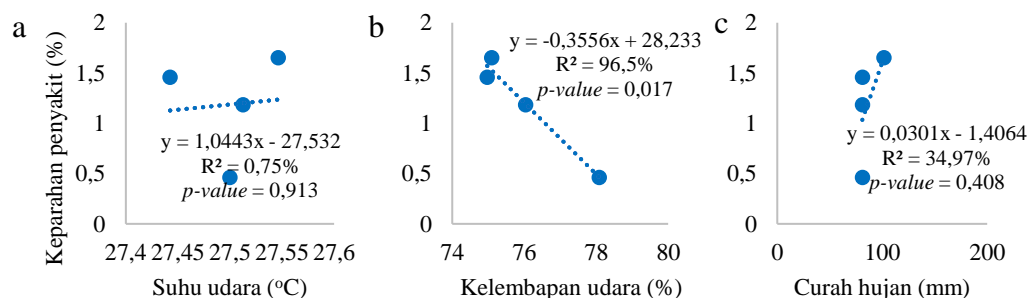
Di kabupaten Brebes, penggunaan umbi sebagai bahan tanam sudah dilakukan sejak dulu hingga sekarang. Umumnya petani menggunakan umbi (vegetatif) sebagai benih dari hasil panen sebelumnya. Fenomena ini menjadi salah satu penyebab kejadian penyakit *moler* tidak terbatas di musim hujan saja tapi juga terjadi pada musim kemarau meskipun keparahan penyakitnya rendah.

Tanah rhizosfer di kecamatan Brebes mengandung keragaman bakteri yang rendah berdasarkan hasil isolasi mikrob rhizosfer (Gambar 4.9). Rendahnya keragaman bakteri rhizosfer dapat disebabkan oleh kandungan kimia dan fisik tanah terutama bahan organik dan rasio C/N yang rendah serta kandungan pasir pada tanah dan N-total yang lebih tinggi sehingga mempengaruhi keparahan penyakit *moler* di kecamatan Brebes lebih tinggi dibandingkan dengan kecamatan Larangan dan Wanasari (Lampiran 1). Menurut Cruz *et al.* (2020), *F. oxysporum* cocok tumbuh pada tanah berpasir kasar atau bertekstur lempung. Unsur N berperan dalam pembentukan asam amino, kandungan N yang tinggi dapat menciptakan ketidakseimbangan mineral N dalam jaringan tanaman yang berdampak pada penurunan resistensi tanaman terhadap patogen (Spann *et al.* 2010). Srihuttanum dan Sivasithamparam (1991) in Dordas (2008) melaporkan bahwa N yang tinggi dapat meningkatkan keparahan penyakit oleh *F. oxysporum*, atau sebaliknya.

4.4 Peranan Cuaca dalam Proses Terjadinya Penyakit Moler

4.4.1 Cuaca

Cuaca atau iklim memiliki peranan penting dalam proses terjadinya penyakit. Tidak ada penyakit yang timbul tanpa bantuan dari faktor cuaca sebab faktor lingkungan dapat mempengaruhi patogen dan tanaman inang baik secara langsung maupun tidak langsung. Umumnya penyakit yang disebabkan oleh cendawan terjadi pada musim hujan saat kondisi lingkungan lembab, namun berbeda dengan penyakit *moler* yang selalu eksis baik pada musim hujan maupun kemarau karena *F. oxysporum* mampu bertahan pada kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan. Oleh karena itu perlu dilakukan kajian faktor lingkungan yang paling berperan dalam proses terjadinya penyakit *moler* di lapangan.



Gambar 4.5 Kurva linier dari suhu udara (a), kelembapan udara (b), dan curah hujan (c) secara parsial terhadap keparahan penyakit *moler*

Hasil regresi linier antara kelembapan udara dan keparahan penyakit *moler* menunjukkan keterkaitan sangat erat antara kedua variabel tersebut dengan korelasi linier negatif dan berpengaruh nyata dengan nilai koefisien determinasi (R^2) 96,50%; $p < 0,05$) (Gambar 4.5b). Berdasarkan persamaan regresi $Y = -0,3556x +$

28,233 keparahan penyakit *moler* akan meningkat saat terjadi penurunan kelembapan udara sebesar 0,3556x.

Tabel 4.1 Hubungan linier faktor cuaca secara simultan dengan keparahan penyakit *moler*

Faktor cuaca (simultan)	Uji F	Adj-R ² (%)	Persamaan regresi
Suhu dan kelembapan	0,044*	99,4	KP = 2,20 t – 0,36 rh - 31,82
Suhu dan curah hujan	0,654	-28,3	KP = – 8,07 t + 0,05 ch + 218,48
Kelembapan dan curah hujan	0,06	98,9	KP = – 0,32 rh + 0,01 ch + 24,98

Keterangan: Tanda * menunjukkan beda nyata pada taraf 5%. t = suhu; rh = kelembapan udara; ch = curah hujan

Kelembapan udara tidak berdiri sendiri dalam menyebabkan keparahan penyakit. Faktor suhu terlihat juga berperan terhadap keparahan penyakit secara simultan. Hasil regresi linier berganda antara kelembapan udara, suhu udara dan keparahan penyakit menunjukkan keterkaitan sangat erat antara ketiga variabel tersebut dengan korelasi linier mengingat nilai koefisien determinasi yang disesuaikan (R² adj.) 99,4%; uji F < 0,05 (Tabel 4.1). Berdasarkan persamaan regresi linier berganda KP = 2,20 t – 0,36 ch -31,82 keparahan penyakit *moler* meningkat apabila terjadi kenaikan suhu udara sebesar 2,20t disertai penurunan kelembapan udara sebesar 0,36rh. Persamaan regresi tersebut mampu menjelaskan sebesar 99,4%, sisanya 0,6% disebabkan oleh faktor lain. Dari hasil regresi di atas menunjukkan bahwa terjadinya penyakit *moler* dipengaruhi oleh faktor kelembapan udara dan suhu secara simultan. Kelembapan dapat mempengaruhi perkecambahan spora dan perkembangan patogen sedangkan suhu dapat mempengaruhi kecepatan perkembangan penyakit dan banyaknya spora patogen yang berkecambah (Semangun 2006).

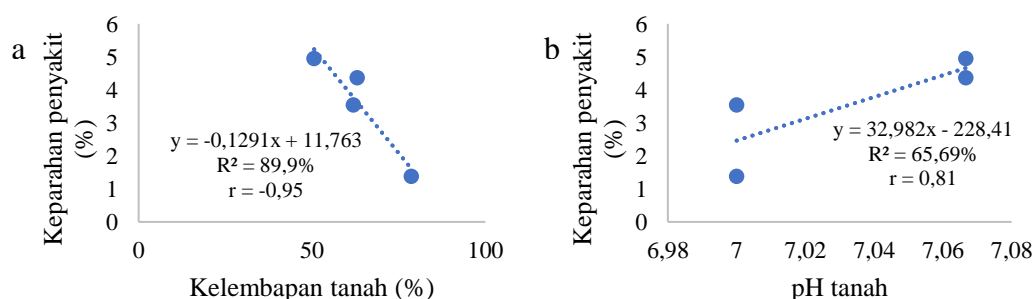
Kelembapan dan suhu udara pada bulan Juli-Agustus belum cukup menyebabkan epidemi penyakit *moler* yang tinggi dilihat dari besarnya nilai keparahan penyakit dibawah 5%, laju infeksi < 1 per unit per minggu, dan AUDPC < 1 unit karena kelembapan udara 75-78% dan suhu 27,4- 27,5°C bukan merupakan kondisi yang optimal bagi perkembangan patogen. Pada kultur murni secara *in vitro*, pertumbuhan dan sporulasi *F. oxysporum* optimal terjadi pada kelembapan 90%, temperatur 25°C, dan pH 6,5, dengan rentang toleransi suhu sampai dengan 35°C, kelembapan 100%, dan pH 7,5 masih menunjukkan sporulasi yang baik (Yadav *et al.* 2014). Menurut Mehmood *et al.* (2013) suhu yang optimum untuk kejadian penyakit layu fusarium ialah 28°C. Bila besarnya kelembapan udara dan suhu di bawah kondisi optimal maka perkembangan penyakit menjadi terhambat.

Meskipun demikian, pada penelitian ini dengan kondisi cuaca di bawah kisaran optimal penyakit *moler* masih bisa berkembang sampai dengan keparahan penyakit 2,35%. Secara ekologi, *F. oxysporum* f.sp. *cepae* memiliki kemampuan yang lemah untuk bersaing dengan mikro flora lain di dalam tanah akan tetapi patogen ini dapat terbawa benih atau umbi bawang (Özer & Köycü 2004). Penggunaan umbi bawang merah yang terinfestasi *F. oxysporum* dapat menyebabkan kejadian penyakit *moler* di lapangan menjadi tinggi.

4.4.2 Iklim Mikro Rhizosfer

Selain dipengaruhi oleh cuaca, keparahan penyakit *moler* juga dapat dipengaruhi oleh iklim mikro rhizosfer seperti kelembapan tanah dan pH tanah. Hal ini berhubungan dengan ekologi patogen yang mana *F. oxysporum* tergolong patogen tular tanah (*soil borne pathogen*). Hasil regresi linier antara kelembapan tanah dan keparahan penyakit *moler* menunjukkan keterkaitan antara kedua variabel tersebut dengan korelasi linier negatif dengan nilai koefisien determinasi (R^2) 89,9%; $r = -0,95$ (Gambar 4.6a), sedangkan regresi antara pH tanah dan keparahan penyakit berkorelasi linier positif dengan R^2 65,69%; $r = 0,81$ (Gambar 4.6b).

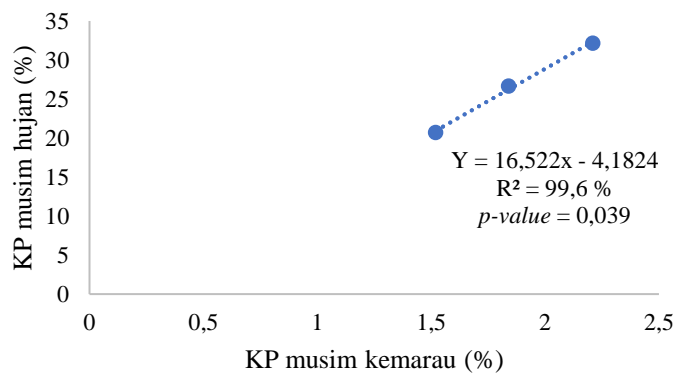
Dari kurva linier pada Gambar 4.6a terlihat bahwa keparahan penyakit *moler* meningkat saat kelembapan tanah menurun ($r = -0,95$). Hal ini menunjukkan bahwa *F. oxysporum* tidak menyukai kondisi tanah yang terlalu basah (becek). *Fusarium* spp. bersifat sangat aerobik dan pada kondisi jenuh air tanpa adanya inang populasi *Fusarium* dapat berkurang drastis (Southwood *et al.* 2015). Dilaporkan oleh Liu *et al.* (2020) pada percobaan lapangan tentang pengaruh perlakuan irigasi dan non irigasi tanah terhadap populasi *Fusarium* menunjukkan bahwa kerapatan dan keragaman populasi *Fusarium* signifikan lebih tinggi pada tanah tanpa irigasi dibandingkan dengan perlakuan irigasi. Selain itu, mikroba antagonis seperti *Trichoderma* dan *Pseudomonas* spp. pada tanah dengan kelembapan yang tinggi mampu menekan *Fusarium* spp. lebih baik dibandingkan dengan tanah yang kurang lembab (Liu *et al.* 2019). Dengan demikian kelembapan tanah dapat mempengaruhi keparahan penyakit baik secara langsung menekan populasi patogen maupun tidak langsung melalui mikroba antagonis tanah.



Gambar 4.6 Kurva linear dari kelembapan tanah (a) dan pH tanah (b) terhadap keparahan penyakit *moler*

pH tanah mempengaruhi ketersediaan makro dan mikro nutrisi penting untuk pertumbuhan, sporulasi, dan virulensi *F. oxysporum*. Semakin tinggi pH tanah maka keparahan penyakit meningkat (Gambar 4.6b). pH yang tinggi dapat mengurangi ketersediaan unsur hara Si, Fe, dan Zn sehingga dapat melemahkan tanaman. Unsur Si berperan mempengaruhi toleransi penyakit dengan membentuk barier fisik, Fe berperan mendukung sintesis antibiotik cendawan oleh bakteri tanah, dan Zn berperan menginduksi akumulasi asam amino dan gula dalam jaringan tanaman serta pelindung membran terhadap kerusakan oksidatif (Dordas 2008). Apabila ketersediaan unsur-unsur mikro tersebut berkurang maka respon ketahanan tanaman terhadap patogen menjadi lemah.

Berdasarkan laporan dari Supyani *et al.* (2021), selama periode 2017/2018 sampai dengan 2019/2020 keparahan penyakit *moler* di kab. Brebes mengalami peningkatan dari musim kemarau ke musim kemarau tahun berikutnya (1,52%; 1,84%; 2,21% secara berurutan) maupun pada musim hujan (20,71%; 26,63%; 32,14% secara berurutan). Peningkatan keparahan penyakit *moler* berkorelasi positif dengan kehilangan hasil (Supyani *et al.* 2021). Kurva linier pada Gambar 4.7 menunjukkan keparahan penyakit *moler* pada musim hujan berkorelasi positif erat dengan keparahan penyakit di musim kemarau. Keparahen penyakit dapat meningkat hingga di atas 20% pada musim hujan antara bulan Desember sampai April saat curah hujan di atas 200 mm/bulan berdasarkan persamaan regresi $Y=16,522x - 4,1824$. Keparahen penyakit *moler* di atas 20% tergolong tinggi (Mondani *et al.* 2021).



Gambar 4.7 Kurva linier antara keparahan penyakit (KP) di musim kemarau dan musim hujan dari tahun 2017/2018 sampai dengan 2019/2020 (Sumber data: Supyani *et al.* 2021 dengan dimodifikasi)

Perubahan iklim seperti peningkatan suhu dan penurunan kelembapan udara secara simultan dapat meningkatkan kejadian penyakit *moler*. Saat *Fusarium* tertekan oleh kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan, ia akan membentuk struktur tahan yang disebut kladospora yang memiliki dinding tebal dan mengandung banyak cadangan makanan (Hadiwiyono *et al.* 2020). Selain itu, *Fusarium* memiliki kemampuan melakukan mutasi genetik untuk mempertahankan eksistensinya pada kondisi lingkungan yang ada. Pada tahun 1999, penyakit *moler* bukan merupakan penyakit penting dan utama pada bawang merah, namun pada tahun 2007 statusnya berubah menjadi penyakit utama dan terjadi epidemi penyakit di sejumlah daerah sentra produksi seperti Brebes (Wiyono 2007). Saat ini kejadian penyakit *moler* tidak hanya terjadi pada musim hujan tetapi juga pada musim kemarau. Di samping itu, gejala penyakit *moler* dapat diperparah dengan adanya patogen sekunder. Pada beberapa negara dilaporkan seperti Finlandia (Haapalainen *et al.* 2016), Mexico (Tirado-Ramírez *et al.* 2018), dan Iran (Jahedi *et al.* 2019) penyakit *moler* dapat berasosiasi dengan patogen lain selain *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*. Sedangkan di Indonesia, publikasi terbaru melaporkan bahwa penyakit *moler* dapat berasosiasi dengan *F. solani*, *F. proliferatum*, *F. acutatum*, dan *F. Verticilioides* (Herlina *et al.* 2021). Dari hasil analisis tersebut, kemungkinan terjadinya ledakan atau epidemi penyakit *moler* di musim kemarau dan penyakit *moler* disebabkan oleh lebih dari satu jenis patogen utama. Kajian postulat Koch untuk memastikan penyebab gejala *moler* masih terbuka lebar. Pergeseran

fenomena ini sangat mungkin terjadi karena perubahan iklim yang ekstrim memaksa patogen mengubah pola hidupnya menyesuaikan perubahan lingkungan yang ada dengan cara mutasi genetik.

4.5 Hubungan Sifat-sifat Tanah dengan Keparahan Penyakit *Moler*

4.5.1 Kimia dan Fisik Tanah

Kesuburan tanah dapat mempengaruhi keparahan penyakit tanaman. Hasil analisis sifat kimia dan fisik tanah menunjukkan bahwa tanah rhizosfer bawang merah di tiga kecamatan sentra memiliki sifat yang relatif sama yaitu memiliki kandungan pH berkisar 6,27-6,52, rendah C-organik (1,05-1,18%), rasio C/N yang rendah (7,04-8,85), rendah N-total (0,13-1,15%), sangat tinggi P-tersedia (45,10-59,50 ppm), sangat tinggi K-tersedia (125,90-245,30 ppm), dan tanah bertekstur liat (Lampiran 1). Berdasarkan nilai korelasi Pearson unsur kesuburan tanah terhadap keparahan penyakit *moler*, ternyata hanya unsur kimia tanah seperti C-organik, N-total dan rasio C/N yang berkorelasi kuat menentukan keparahan penyakit. Untuk unsur fisik tanah hanya % kandungan pasir yang berkorelasi kuat menentukan keparahan penyakit. Variabel fisik dan kimia tanah yang berperan menentukan keparahan penyakit ditandai dengan angka di atas 0,61 (Tabel 4.2).

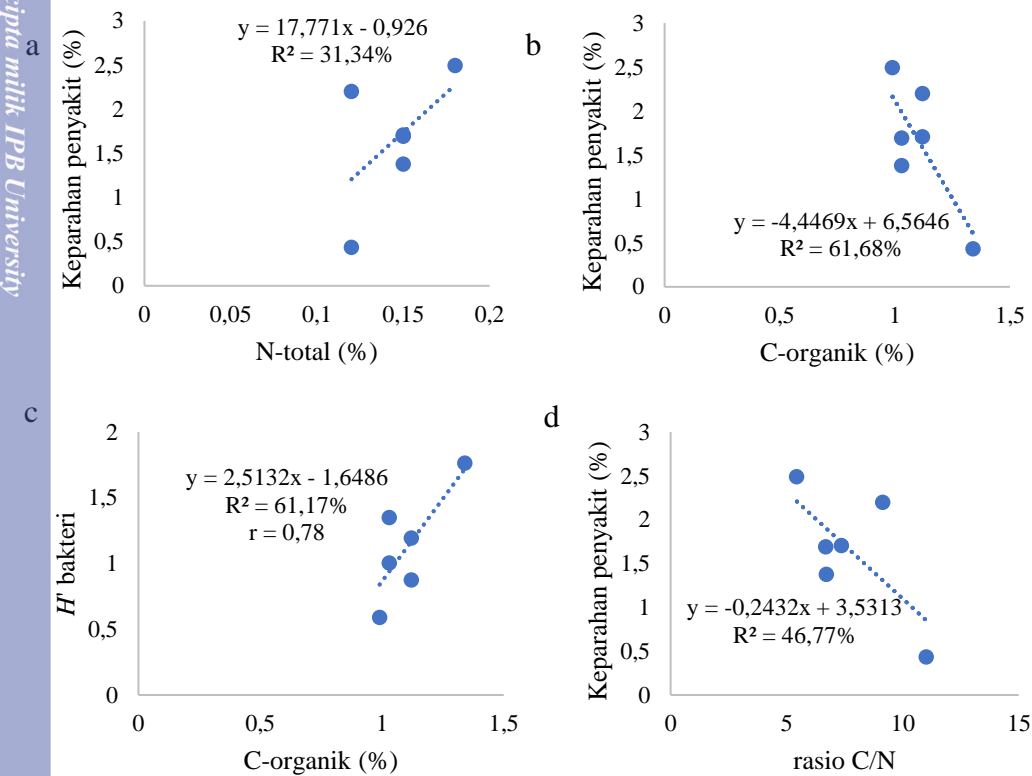
Tabel 4. 2 Hubungan sifat kimia dan fisik tanah terhadap keparahan penyakit *moler*

Hubungan	Nilai korelasi
Keparahan penyakit dan C-organik (%)	-0,864
Keparahan penyakit dan N-total (%)	0,784
Keparahan penyakit dan rasio C/N	-0,698
Keparahan penyakit dan P-tersedia (ppm)	0,563
Keparahan penyakit dan K-tersedia (ppm)	-0,398
Keparahan penyakit dan pH (H ₂ O)	-0,330
Keparahan penyakit dan pasir (%)	0,997
Keparahan penyakit dan debu (%)	-0,388
Keparahan penyakit dan lempung (%)	-0,399

Keterangan: Angka yang bercetak tebal menunjukkan korelasi erat, tanda positif dan negatif pada nilai korelasi menunjukkan arah hubungan

Korelasi unsur N berbanding lurus dengan keparahan penyakit. Meningkatnya unsur N-total di tanah menyebabkan keparahan penyakit meningkat, demikian sebaliknya (Gambar 4.8a). Sedangkan korelasi rasio C/N berbanding terbalik dengan keparahan penyakit (Gambar 4.8d). N-total di dalam tanah terdapat dalam bentuk nitrat (NO₃) dan amonium (NH₄). Sebelum diserap oleh tanaman, amonium akan diubah menjadi nitrat melalui proses nitrifikasi oleh bakteri nitrifikasi. Pemberian pupuk N berbasis amonium (rasio C/N rendah) dapat meningkatkan kejadian dan keparahan penyakit tular tanah (*Fusarium* dan busuk akar *Phytophthora*), sedangkan pupuk N berbasis nitrat (rasio C/N tinggi) mengandung N tersedia untuk tanaman dan secara umum memiliki efek sebaliknya (Aviles *et al.* 2011). Dari perspektif patogen, patogen membutuhkan nutrisi NO₃ dan NH₄, serta asam amino pada proses infeksi dan untuk perkembangan patogen, kecuali pada saat proliferasi karena NH₄ menghambat proliferasi *F. oxysporum* dan *Veticillium dahlia* (Sun *et al.* 2020). Selain itu, pupuk N amonium dapat menurunkan pH tanah dan bersaing dengan penyerapan K⁺, sebaliknya pupuk N nitrat dapat meningkatkan pH tanah dan merangsang penyerapan K⁺ (Gupta *et al.*

2017). Nutrisi K yang tepat berfungsi melindungi tanaman dari penyakit dan hama. Sedangkan dari perspektif tanaman, kadar N yang tinggi dapat mengurangi ketebalan dinding sel sekunder tanaman dan komponen selulosa dan lignin pada xylem salah satunya akibat dari menurunnya kandungan Si (Sun *et al.* 2020). Oleh karena itu, penggunaan pupuk N berbasis amonium dapat menurunkan resistensi tanaman terhadap penyakit *moler* dan menyebabkan keparahan penyakit *moler* meningkat.



Gambar 4.8 Regresi linier antara C-organik (a), N-total (b), rasio C/N (c) dengan keparahan penyakit dan C-organik dengan H' bakteri (d)

Korelasi C-organik berbanding terbalik dengan keparahan penyakit. Menurunnya kandungan C-organik di tanah menyebabkan keragaman bakteri rhizosfer berkurang dan keparahan penyakit meningkat, demikian sebaliknya (Gambar 4.8b-c). Kandungan C-organik pada semua kebun sampel tergolong rendah, kecuali di desa Pemaron kecamatan Brebes yang tergolong sangat rendah. (Lampiran 1). Kondisi tersebut menjadi salah satu penyebab keparahan penyakit *moler* terjadi paling tinggi di kecamatan. Brebes.

Korelasi C-organik terhadap penekanan penyakit dapat dijelaskan dari peran C-organik sebagai sumber energi utama bagi mikro organisme tanah karena adanya substrat C yang mudah diasimilasi. Selain itu, C-organik mengandung mikro antagonis bagi patogen tular tanah seperti *F. oxysporum*. Sumber C-organik berasal dari bahan organik seperti sisa tanaman, berbagai limbah kotoran hewan dan kompos. Pada kompos yang matang komposisi mikro organisme menguntungkan/antagonis lebih banyak dari pada patogen. Selama proses pengomposan, mikro flora menguntungkan dapat bertahan pada lapisan terluar dengan temperatur yang lebih rendah dan terjadi rekolonisasi mikro antagonis saat

fase pendinginan, sedangkan patogen mati pada proses termofilik (Aviles *et al.* 2011). Beberapa bakteri (*Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Bacillus*, *Serratia*, *Streptomyces*) dan cendawan (*Trichoderma*, *Penicillium*, *Gliocladium*, *Sporidesmium*, *Fusarium* spp. non patogenik) teridentifikasi sebagai antagonis patogen tular tanah memiliki kemampuan mekanisme miko parasitisme, antibiosis, kompetisi, dan induksi resistensi tanaman menyebabkan penekanan terhadap patogen tular tanah seperti *Rhizoctonia solani* dan *Sclerotium rolfsii* (Aviles *et al.* 2011). Peningkatan aktivitas bakteri yang menguntungkan di dalam tanah memainkan peran utama dalam penekanan penyakit. Selain itu, media yang mengandung kompos dapat mempengaruhi perkecambahan spora patogen tular tanah lebih awal tanpa inang (tanaman) karena kompos dapat meniru sinyal eksudat akar tanaman sehingga proliferasi patogen menjadi tidak efektif (Mehta *et al.* 2014).

C-organik akan meningkat apabila dilakukan penambahan *input* bahan organik ke dalam tanah. Hasil penelitian van Bruggen *et al.* (2015) memperlihatkan tanah yang diberi kompos hijau dan kotoran sapi menunjukkan kandungan C-organik lebih tinggi, *AUDPC flax wilt* (*F. oxysporum* f. sp. *lini*) menurun serta komunitas mikrob lebih stabil dibandingkan dengan tanah yang dikelola secara konvensional. Kompos berbahan dasar campuran kotoran sapi dan sampah tanaman (kulit jeruk, jerami gandum dan tanaman tomat kering) dapat menekan penyakit layu oleh patogen *F. oxysporum* ditunjukkan dengan penurunan kepadatan inokulum patogen melalui mekanisme lisis (Yogev *et al.* 2006). Sumarni *et al.* (2012) merekomendasikan pemberian pupuk kandang kuda sebanyak 20 ton/ha sebagai pupuk dasar tanaman bawang merah.

Tekstur tanah mempengaruhi distribusi patogen di dalam tanah dan ketahanan tanaman terhadap penyakit. Kandungan persentase (%) pasir pada tekstur tanah berkorelasi positif dengan keparahan penyakit (Tabel 4.2). Meningkatnya persen (%) kandungan pasir menyebabkan keparahan penyakit meningkat, demikian sebaliknya. Menurut Cramer (2000) penyakit layu fusarium umumnya berasosiasi dengan tanah berpasir Hal ini selaras dengan penelitian Sheng *et al.* (2020) bahwa kerapatan dan keragaman cendawan *F. oxysporum* tertinggi terdapat pada tanah dengan tekstur lempung tanah liat (*clay loam*), diikuti lempung berpasir (*sandy loam*), dan lempung (*loam*). Keparahan penyakit tertinggi dan jumlah DNA *F. graminearum* diamati pada pH 6 dan titik layu permanen pada tanah lempung berpasir (*sandy loam*) (Cruz *et al.* 2020).

4.5.2 Biologi Tanah

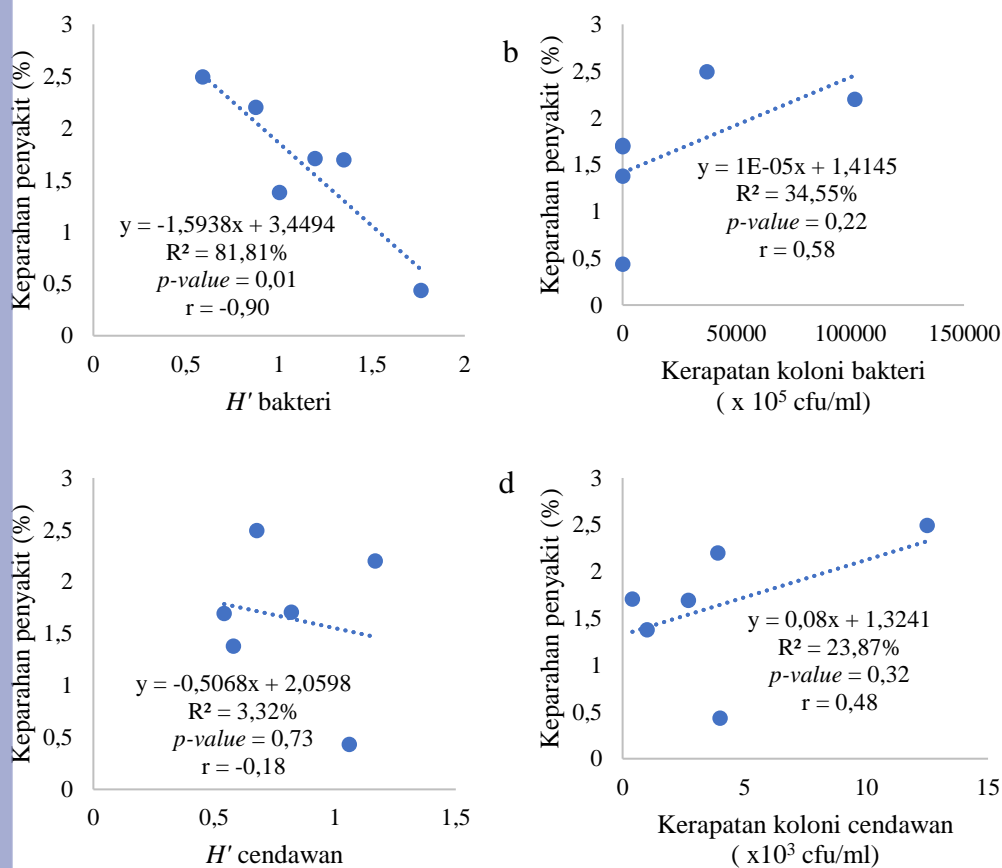
Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 4.3, jumlah koloni bakteri rhizosfer *culturable* asal kebun di kecamatan Brebes tumbuh lebih banyak dibandingkan dengan kecamatan Wanasari dan Larangan ($6,95 \times 10^9$ cfu ml⁻¹, $3,67 \times 10^6$ dan $7,6 \times 10^5$ cfu ml⁻¹ secara berurutan) serupa dengan kerapatan koloni cendawannya. Sebaliknya, indeks keragaman bakteri berbanding terbalik dengan kerapatan koloni bakteri. Dari Tabel 4.3 terlihat bahwa jumlah populasi bakteri rhizosfer di kecamatan Brebes paling tinggi tetapi keragaman jenis bakterinya paling rendah yaitu $H' = 0,73$. Hal tersebut dikarenakan kuantitas C-organik tanah pada masing-masing kebun berbeda sehingga mempengaruhi kekayaan mikrob rhizosfer yang ada di dalam tanah. Selain itu, frekuensi penyiraman yang berbeda dapat mempengaruhi kelembapan tanah dan aktivitas mikrob tanah. Menurut Qin *et al.* (2019), pemberian *input* air yang tinggi berdampak negatif terhadap respirasi

tanah dan berkurangnya biomassa bakteri dan aktivitas mikrob lain kecuali cendawan.

Tabel 4.3 Kerapatan dan keragaman mikrob pada rhizosfer bawang merah di tiga kecamatan

Asal tanah	Cendawan		Bakteri	
	Kerapatan koloni cendawan (cfu g ⁻¹)	Indeks keragaman cendawan	Kerapatan koloni bakteri (cfu ml ⁻¹)	Indeks keragaman bakteri
Larangan	7 x 10 ²	0,70	7,6 x 10 ⁵	1,56
Wanasari	3,35 x 10 ³	0,80	3,67 x 10 ⁶	1,10
Brebes	8,2 x 10 ³	0,92	6,95 x 10 ⁹	0,73

@Hacria mitra IPB University



Gambar 4.9 Kerapatan dan keragaman koloni cendawan dan bakteri *culturable* pada rhizosfer bawang merah di tiga kecamatan

Hasil analisis regresi dan korelasi (r) menunjukkan bahwa indeks keragaman bakteri (shannon-wiever) berkorelasi negatif erat dan berpengaruh nyata terhadap keparahan penyakit *moler* (R^2 81,81%; $r = -0,90$; $p\text{-value} < 0,05$) (Gambar 4.9). Dari persamaan regresi $Y = -1,59x + 3,45$ keparahan penyakit *moler* akan menurun apabila keragaman bakteri rhizosfer (H') meningkat sebesar 1,59x. Artinya, keragaman bakteri rhizosfer yang tinggi berpengaruh terhadap penurunan persentase keparahan penyakit *moler*. Bakteri rhizosfer berperan penting dalam

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

menekan patogen *F. oxysporum* di dalam tanah atau meningkatkan kesehatan tanaman. Oleh karena itu, kandungan bahan organik sangat penting untuk meningkatkan jumlah dan keragaman bakteri rhizosfer yang menguntungkan/antagonis terhadap patogen fusarium sehingga keparahan penyakit *moler* dapat ditekan.

Korelasi indeks keragaman bakteri rhizosfer berlawanan dengan indeks keragaman cendawan (Tabel 4.3). Hal ini selaras dengan penelitian Zhao *et al.* (2014), keragaman bakteri yang lebih tinggi berkorelasi dengan keragaman cendawan rhizosfer yang lebih rendah pada rhizosfer tanaman melon. Cendawan rhizosfer yang diisolasi dari rhizosfer tanaman bawang merah antara lain *Aspergillus niger*, *Geotrichum sp.*, *Pythium sp.*, *A. flavus*, *Rhizopus sp.*, dan *Penicillium sp.* dilaporkan dapat menghambat *F. oxysporum* secara *in vitro* melalui mekanisme kompetisi dan mikoparasit (Putri 2019). *Trichoderma* dan *Gliocladium* diketahui memproduksi senyawa antimikrob yang dapat menekan penyakit melalui mekanisme yang beragam (Dordas 2008).

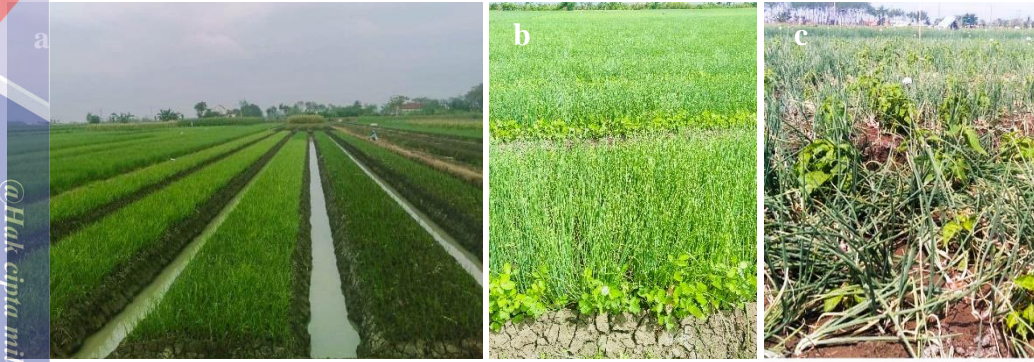
Mekanisme mikrob dalam penekanan penyakit dapat dilakukan dengan interaksi kompetisi, hiperparasitisme, antibiosis, dan induksi resisten (Hadar & Papadopoulou 2012). Secara singkat, antibiosis adalah asosiasi dua organisme di mana yang satu dirugikan atau dibunuh oleh yang lainnya melalui metabolit spesifik atau non spesifik, enzim, senyawa volatil, atau zat beracun lainnya (Mehta *et al.* 2014). Hiperparasitisme adalah jenis antagonisme secara langsung di mana mikrob langsung menyerang patogen dan membunuhnya.

Beberapa bakteri rhizosfer seperti *Pseudomonas chlororaphis*, *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*, *P. fluorescens*, *Chromobacterium violaceum*, *B. cereus*, dan *B. stearothermophilus* diketahui mampu menekan pertumbuhan cendawan patogen seperti *Macrophomina phaseolina*, *Magnaporthe grisea* dan *F. oxysporum* (Kumar *et al.* 2021). Rhizobakteria dapat memproduksi hormon, siderofor, enzim litik (kitinase, lipase, protease, dan β -1,3 glukonase), asam organik, lipopeptida, senyawa folatil, dan antibiotik yang berfungsi menghambat pertumbuhan patogen (Kumar *et al.* 2021). Dilaporkan juga oleh Sari (2019), *P. aeruginosa* pada rhizosfer bawang merah mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* 53,3%, produksi volatil 39,6% dan bersifat hiperparasit terhadap hifa patogen *F. oxysporum*.

4.6 Kondisi Kebun dan Teknik Budi Daya Bawang Merah

4.6.1 Kondisi Umum Kebun

Kabupaten Brebes terletak di wilayah pantai utara Laut Jawa dengan luas wilayah 1.769,62 km² terletak pada koordinat 6°44'–7°21'LS dan 108°41'–109°11'BT. Dari 17 wilayah kecamatan, ada sebanyak 14 kecamatan yang ditanami bawang merah dan 3 diantaranya merupakan kecamatan sentra terdiri atas kecamatan Larangan, Wanasari, dan Brebes. Kecamatan Wanasari terletak pada ketinggian 1 m dpl, kecamatan Brebes 3 m dpl, dan kecamatan Larangan 23 m dpl dengan topografi kemiringan lahan relatif datar 0-4% dan jenis tanah aluvial.



Gambar 4.10 Kondisi kebun bawang merah di tiga kecamatan: kecamatan Brebes (a), kecamatan Wanasari (b), dan kecamatan Larangan (c)

Berdasarkan hasil wawancara, diketahui bahwa bawang merah biasa ditanam sepanjang tahun dengan waktu dan pola tanam yang berbeda pada masing-masing petani. Dalam satu tahun, petani menanam bawang merah sebanyak 2-3 kali tanam yaitu pada bulan Maret-April, Mei-Juni, Juli-Agustus, dan Oktober-November sedangkan pada bulan Desember-Maret digunakan untuk menanam padi. Pola tanam yang digunakan ialah monokultur, akan tetapi pada bulan Juli-Agustus biasanya petani menanam dengan pola tumpang sari pada sepertiga akhir umur tanaman (mendekati masa panen). Benih yang digunakan berupa umbi yang didapatkan dari hasil panen musim tanam sebelumnya atau membeli kepada petani lain. Bawang merah ditanam pada bedengan dengan parit yang tinggi yang berfungsi untuk menampung air dan mengondisikan air selalu tersedia di parit antar bedengan (menggenang) untuk mempermudah penyiraman seperti terlihat pada Gambar 5.1. Detail perbandingan teknis budidaya bawang merah yang dilakukan petani di tiga kecamatan disajikan pada Tabel 4.4.

4.6.2 Teknik Budi Daya

Hasil analisis *PCA (Principal Components Analysis)* variabel teknik budidaya dari 18 kebun sampel di tiga kecamatan sentra menunjukkan hubungan kedekatan satu sama lain (Gambar 5.2). Cara budidaya bawang merah yang dilakukan petani di kecamatan Brebes cenderung sama dengan kecamatan Larangan, sedangkan kecamatan Larangan cenderung sama dengan kecamatan Wanasari. Penerapan teknik budi daya bawang merah yang cenderung sama di semua kecamatan dan saling terhubung satu sama lain menyebabkan sebaran penyakit *moler* merata dengan tingkat keparahan penyakit yang sama.

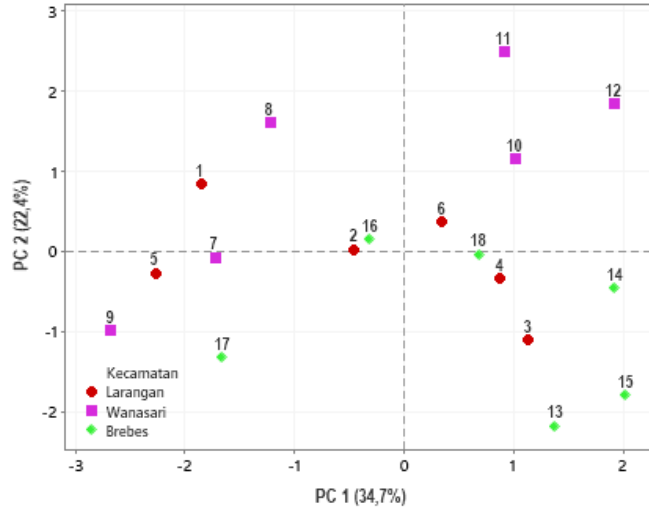
Hasil *PCA* menunjukkan bahwa empat komponen utama membenarkan 84,4% dari total varians data teknik budidaya dari 18 kebun sampel yang tersebar di tiga kecamatan sentra (Tabel 4.5). *PC1* menyumbang sebesar 34,7% dari varians data. Pada *PC* pertama, faktor dosis pemupukan NPK memberikan proporsi terbesar dari total varians data ($>0,5$) yang berhubungan paling dekat dengan keparahan penyakit *moler*. Faktor dosis pemupukan NPK memberikan beban positif kuat terhadap keparahan penyakit *moler*. *PC2* menyumbang sebesar 22,4% dari varians data. Pada *PC* kedua, faktor frekuensi penggunaan herbisida memberikan pembebanan positif kuat terhadap keparahan penyakit *moler*.

Tabel 4.4 Cara budidaya bawang merah di tiga kecamatan

Informasi Kebun	Lokasi kebun			Keterangan/ rekomendasi
	Larangan (n=6 kebun)	Wanasari (n=6 kebun)	Brebes (n=6 kebun)	
Pola tanam	Monokultur; tumpang sari pada 1/3 akhir umur tanam (5:1)	Monokultur; tumpang sari pada 1/3 akhir umur tanam (3:3)	Monokultur (6)	Umur panen bawang merah varietas Bima 60 hst (Balitsa 2018)
Varietas benih	Bima	Bima	Bima	
Sumber benih	Hasil panen sebelumnya; beli ke petani (5:1)	Hasil panen sebelumnya; beli ke petani (4:2)	Hasil panen sebelumnya (6)	
Umur panen (petani)	56-68 hst	50-57 hst	56-59 hst	
Rotasi tanam	Padi, cabai, palawija	Padi dan palawija	Padi dan palawija	Pupuk kandang kuda 20 ton/ha sebagai pupuk dasar (Sumarni <i>et al.</i> 2012)
Pertanaman di sekitar lahan	Bawang merah, cabai	Bawang merah, cabai, jagung	Bawang merah	
Pengendalian penyakit <i>moler</i> :				
a. Musim kemarau	Mekanis	Mekanis	Mekanis & fungisida	
b. Musim hujan	MekanisFungisida	Fungisida	Fungisida	
Perlakuan benih	Fungisida	Fungisida	Fungisida	
Aplikasi herbisida	Sebelum tanam	Sebelum dan sesudah tanam	Sebelum tanam	
Frekuensi penyemprotan pestisida	2-3 hari sekali	2-3 hari sekali	2-3 hari sekali	
Pemupukan:				
Pupuk organik	Tidak (6)	Tidak (6)	Ya; tidak (2:4)	
Pupuk NPK	N 140-360 kg/ha, P ₂ O ₅ 120- 400kg/ha, K ₂ O 40-512 kg/ha	N 133-400 kg/ha, P ₂ O ₅ 60-500 kg/ha, K ₂ O 80- 300 kg/ha	N 216-420 kg/ha, P ₂ O ₅ 80-440 kg/ha, K ₂ O 80-360 kg/ha	Dosis NPK standar: N 190 kg/ha, P ₂ O ₅ 92 kg/ha, dan K ₂ O 120 kg/ha (Sumarni <i>et al.</i> 2012)
Frekuensi pemupukan	3-5 kali	3-4 kali	2-3 kali	
Penyiraman	2 hari sekali – setiap hari	Setiap hari	2 hari sekali	
Frekuensi tanam setahun	2-3 kali	2-3 kali	3 kali	
Rotasi tanam	Padi, jagung, cabai	Padi, jagung manis, cabai	Padi	

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PC3 menyumbang sebesar 14,5% dari varians data. Pada PC ketiga, faktor frekuensi penyiraman memberikan pembebanan negatif kuat terhadap keparahan penyakit *moler*. Sedangkan PC4 menyumbang sebesar 12,8% dari varians data. Pada PC keempat, faktor frekuensi aplikasi pestisida memberikan pembebanan positif kuat terhadap keparahan penyakit *moler*.



Gambar 4.11 *Principal component analysis (PCA) score plot* sebaran 18 kebun sampel berdasarkan variabel cara budidaya yang dilakukan petani

Dosis Pupuk NPK. Pemberian dosis pupuk NPK yang tidak berimbang dapat meningkatkan keparahan penyakit *moler* (Tabel 4.5). Dosis pupuk NPK yang diaplikasikan pada tanaman kurang atau melebihi dosis pupuk anjuran sampai dengan dua kali lipat (Tabel 4.4). Pemberian dosis pupuk yang tidak berimbang dapat menyebabkan ketidakseimbangan unsur hara mikro yang berdampak pada kesehatan tanaman menjadi lemah dan rentan terhadap penyakit, di samping itu kestabilan mikrob tanah menjadi terganggu. Dosis pupuk NPK standar untuk tanaman bawang merah yaitu N 190 kg/ha, P₂O₅ 92 kg/ha, dan K₂O 120 kg/ha (Sumarni *et al.* 2012).

Hasil penelitian Sari (2019) menunjukkan bahwa pemberian pupuk anorganik tunggal dosis 100% menyebabkan penurunan populasi bakteri rhizosfer bawang merah, sedangkan kombinasi perlakuan pupuk kandang dengan pupuk anorganik dosis 50% menyebabkan peningkatan populasi bakteri rhizosfer. Hasil penelitian Cai *et al.* (2020) tentang efek nutrisi makro pada respon tanaman kedelai terhadap *F. oxysporum* menunjukkan bahwa N tidak berpengaruh pada perkembangan penyakit layu tetapi lebih berpengaruh pada peningkatan hasil, sedangkan P meningkatkan kerentanan tanaman terhadap infeksi, dan K menginduksi resistensi tanaman terhadap infeksi *F. oxysporum*. Penggunaan pupuk N berbasis ammonium (NH₄) dapat meningkatkan kejadian penyakit tular tanah seperti *Fusarium* dan *Phytophthora*, sedangkan pupuk N berbasis nitrat (NO₃) berpengaruh sebaliknya (Spann & Schumann 2010).

Frekuensi Penggunaan Herbisida. Penggunaan aplikasi herbisida secara berkelanjutan dapat meningkatkan keparahan penyakit *moler* (Tabel 4.5). Jenis herbisida yang banyak digunakan petani di kecamatan Brebes, Larangan, dan Wanasari ialah berbahan aktif oksifluorfen dan glifosat. Oksifluorfen merupakan

herbisida yang bersifat kontak berbentuk pekatan yang dapat disuspensikan dan digunakan untuk mengendalikan gulma berdaun lebar dan sempit disekitar tanaman bawang merah (<http://pestisida.id/>). Glifosat merupakan herbisida yang bersifat sistemik berbentuk larutan untuk mengendalikan gulma berdaun lebar dan sempit (<http://pestisida.id/>).

Beberapa penelitian terkait dampak penggunaan glifosat terhadap patogen tular tanah seperti *F. oxysporum* telah dilaporkan. Carranza *et al.* (2019) melaporkan bahwa pemberian glifosat 100-300 mml L⁻¹ pada benih jagung menghasilkan keparahan penyakit mencapai skor 5 (maksimum) sedangkan tanpa glifosat (0 mml L⁻¹) keparahan penyakit menunjukkan skor 1. Glifosat dapat menghambat biosintesis fenolik dan memblokir senyawa turunan dari jalur asam *shikimic* menyebabkan respon ketahanan tanaman terhadap infeksi patogen menurun (Hammerschmidt 2018). Selain itu, penggunaan herbisida memiliki efek samping terhadap kesehatan tanaman. Herbisida yang bersifat sistemik dapat menyebabkan bintik-bintik klorosis atau nekrotik, dan pertumbuhan tanaman bawang merah atipikal (daun melengkung dan memutar) (Schwartz & Mohan 2016). Kombinasi perlakuan pemberian pupuk, herbisida, dan pestisida pada tanah dapat membuat tanaman bawang merah menjadi stress (Schwartz & Mohan 2016). Kondisi yang demikian dapat membuat tanaman menjadi lemah dan rentan terserang penyakit.

Tabel 4.5 *Principal component analysis (PCA)* menggunakan matriks korelasi komponen cara budidaya terhadap keparahan penyakit *moler* untuk 18 kebun bawang merah di Kabupaten Brebes

Variabel	Komponen			
	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4
Pemberian pupuk organik (kali)	0,255	-0,459	-0,44	-0,346
Dosis N (kg/ha)	0,537	0,145	0,119	0
Dosis P (kg/ha)	0,576	0,101	0,054	0,041
Dosis K (kg/ha)	0,503	-0,155	-0,195	0,457
Frekuensi penyiraman (kali)	-0,187	0,253	-0,815	0,348
Frekuensi aplikasi pestisida (kali)	-0,158	-0,477	0,271	0,703
Frekuensi penggunaan herbisida (kali)	0,048	0,665	0,121	0,233
<i>Eigenvalue</i>	2,4262	1,5682	1,0139	0,8973
<i>Proportion (%)</i>	34,7	22,4	14,5	12,8
<i>Cumulative (%)</i>	34,7	57,1	71,5	84,4

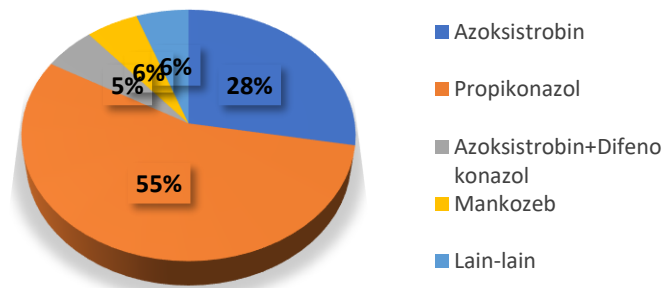
Keterangan: Angka yang bercetak tebal menunjukkan variabel pemuatan tinggi (> 0,5)

Frekuensi Penyiraman. Penyiraman merupakan kegiatan utama budidaya tanaman untuk mencukupi kebutuhan air bagi tanaman agar pertumbuhan dan hasil tanaman optimal. Frekuensi penyiraman yang tinggi dapat menurunkan keparahan penyakit *moler* (Tabel 4.5). Dari 18 responden, sebanyak 83,33% petani di kecamatan Brebes melakukan penyiraman berkala setiap 2 hari sekali, di kecamatan Larangan sebanyak 33,33% dan Wanasari sebanyak 0%, sedangkan sisanya melakukan penyiraman setiap hari (Tabel 4.4). Penyiraman dapat berdampak

langsung terhadap patogen dan secara tidak langsung pada mikroba tanah yang kemudian mempengaruhi patogen. Pemberian *input* air yang tinggi berdampak negatif terhadap respirasi tanah dan berkurangnya biomassa bakteri (Qin *et al.* 2019).

Hasil penelitian terkait efek jangka panjang perlakuan irigasi (di dalam jangkauan irigasi *center pivot*) dan non irigasi (di luar jangkauan irigasi *center pivot*) terhadap komunitas patogen penyebab busuk biji (*Pythium*), busuk akar (*Fusarium*) dan *damping-off* (*Rhizoctonia* spp.) pada kedelai menunjukkan bahwa kerapatan koloni *Fusarium* secara signifikan lebih tinggi pada tanah dengan non irigasi dibanding irigasi, sedangkan kerapatan koloni *Pythium* dan *Rhizoctonia* secara signifikan lebih rendah pada tanah dengan non irigasi dibanding irigasi (Liu *et al.* 2020). Lebih lanjut kondisi tersebut mempengaruhi indeks kejadian penyakit lebih tinggi pada perlakuan irigasi dibanding non irigasi (Liu *et al.* 2020). Hal ini disebabkan *Fusarium oxysporum* bersifat sangat aerobik sehingga pada kondisi jenuh air populasi *Fusarium* dapat berkurang (Southwood *et al.* 2015).

Frekuensi Aplikasi Pestisida. Aplikasi pestisida secara berkelanjutan dengan frekuensi yang tinggi (2-3 hari sekali) dapat meningkatkan keparahan penyakit *moler* (Tabel 4.5). Jenis fungisida yang sering digunakan petani bawang merah di kecamatan Larangan, Wanasari, dan Brebes adalah berbahan aktif propikonazol (55%), azoksistrobin (28%), azoksistrobin + difenokonazol (5%), dan mankozeb (6%) (Gambar 5.3). Aplikasi fungisida biasa dilakukan bersamaan dengan insektisida dengan cara dicampur kemudian disemprotkan pada tanaman.



Gambar 4.12 Jenis fungisida yang paling banyak digunakan petani di kecamatan Larangan, Wanasari, dan Brebes

Azoksistrobin adalah fungisida sistemik berbentuk pekatan suspensi bersifat protektif dan kuratif, sama halnya dengan propikonazol adalah fungisida sistemik berbentuk pekatan yang dapat diemulsikan (<http://pestisida.id/>). Mekanisme kerja fungisida azoksistrobin dilaporkan Wang *et al.* (2016) mengganggu proses respirasi patogen, menghambat perkecambahan konidia dan pertumbuhan miselium.

Penggunaan fungisida secara berkelanjutan tidak hanya berdampak secara langsung pada patogen tetapi dapat mempengaruhi mikroba tanah yang bersifat menguntungkan sehingga efeknya lebih panjang mempengaruhi kesehatan tanaman dan berimplikasi pada kerentannya terhadap penyakit. Beberapa penelitian terkait efek samping penggunaan fungisida telah dilaporkan. Konsentrasi rendah mankozeb (<1000 ppm) diketahui merusak populasi cendawan dan aktinomiset,

sementara konsentrasi yang lebih tinggi (1000 ppm dan 2000 ppm) mengganggu proses amonifikasi dan nitrifikasi bakteri tanah, kelarutan fosfat meningkat pada konsentrasi mankozeb ≥ 250 ppm (Walia *et al.* 2014). Aplikasi pestisida dapat menghambat transkrip gen *amoA* bakteri yang mengkodekan situs aktif *ammonia monooxygenase*, enzim unik bakteri nitrifikasi (Feld *et al.* 2015). Propikonazol dapat menghambat efek pemacu pertumbuhan tanaman dari bakteri *Azospirillum brasiliense* pada tanaman inangnya (Meena *et al.* 2020). Akumulasi berbagai macam jenis pestisida di dalam tanah mempengaruhi mikrob tanah dan ketersediaan hara khususnya nitrogen (N). Hal tersebut dapat mempengaruhi serapan hara N menjadi berkurang dan kesehatan tanaman menurun menyebabkan tanaman menjadi rentan terhadap hama dan penyakit, salah satunya keparahan penyakit *moler* meningkat.

4.7 Rekomendasi

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan menunjukkan bahwa petani di kecamatan Larangan, Wanasari, dan Brebes telah melakukan upaya pengendalian penyakit *moler* seperti rotasi tanam dengan tanaman padi atau palawija, mencabut tanaman sakit, dan aplikasi pestisida (Gambar 5.4). Cara tersebut sudah cukup baik dilakukan, akan tetapi ada beberapa hal perlu dievaluasi.



Gambar 4.13 Upaya pengendalian penyakit *moler* yang dilakukan petani di tiga kecamatan antara lain rotasi tanaman (a), mencabut tanaman bergejala (b), dan penggunaan pestisida (c)

Penyakit *moler* merupakan penyakit monosiklik berbunga sederhana. Proporsi tanaman sakit selama periode waktu tanam dapat diperkirakan sebanding dengan jumlah inokulum yang terdapat di lapangan. Pada periode tanam Juli-Agustus keparahan penyakit *moler* berada di bawah 5%, dan r yang kecil menyebabkan perkembangan penyakit lambat artinya kehilangan hasil berada di bawah 10% (di bawah kerugian ekonomi) sehingga tidak perlu dilakukan upaya pengendalian penyakit. Upaya yang perlu dilakukan untuk menunda terjadinya epidemi penyakit yaitu dengan cara pencegahan. Sedangkan upaya pengendalian penyakit dapat dilakukan saat keparahan penyakit *moler* di atas 20% (Mondani *et al.* 2021) dan kehilangan hasil di atas 10% (Hadiwiyono *et al.* 2020). Dilaporkan oleh Supyani *et al.* (2021), keparahan penyakit *moler* di atas 20% terjadi pada musim hujan.

Berdasarkan rumus $X = X_0 e^{rt}$, yang artinya proporsi penyakit X pada setiap waktu t ditentukan oleh inokulum awal (X_0), angka laju infeksi (r), dan waktu (t) setelah terjadinya infeksi, maka proporsi penyakit dapat dicegah dengan cara mengurangi atau meniadakan variabel X_0 , r , atau t (Oka 1993). Upaya pencegahan yang dapat dilakukan yaitu dengan strategi mengurangi jumlah inokulum, memilih waktu tanam yang tepat, dan mengurangi laju infeksi penyakit (menggunakan varietas tahan).

1. Mengurangi jumlah inokulum patogen di lapangan. Inokulum awal patogen dapat dikurangi dengan cara pemilihan benih yang sehat dengan menggunakan benih TSS, perlakuan benih vegetatif (umbi) dengan perendaman air panas atau fungisida untuk mengeliminasi patogen di permukaan umbi, dan sanitasi kebun secara kultur teknis.
2. Memilih waktu tanam yang tepat. Waktu tanam bawang merah sebaiknya dilakukan pada bulan Mei sampai November saat curah hujan di bawah 200 mm/bulan dengan risiko kejadian penyakit *moler* yang rendah (<10%) berdasarkan hasil penelitian ini.
3. Menggunakan varietas tahan untuk menurunkan laju infeksi penyakit dan jumlah inokulum. Hadiwiyono *et al.* (2020) melaporkan bahwa bawang merah varietas Bali Lancur tergolong varietas tahan, Bali Karet cukup tahan, Bauji dan Tajuk sedang, sedangkan varietas Bima (Curut dan Rajat) tergolong cukup rentan terhadap penyakit *moler* (*F. oxysporum*).

Berdasarkan hasil pengamatan sebelumnya terkait teknik budidaya yang dilakukan petani dan analisis sifat-sifat tanah maka perlu dilakukan upaya perbaikan cara budi daya bawang merah sebagai upaya pencegahan dan pengendalian terjadinya epidemi penyakit dan ledakan penyakit *moler*, menjaga kestabilan agroekosistem, serta upaya optimalisasi hasil produksi bawang merah jangka panjang yaitu dengan cara:

1. Menggunakan pupuk N berbasis nitrat.
2. Menambah *input* bahan organik (kompos limbah ternak) ke dalam tanah untuk memperkaya mikrob tanah yang bersifat menguntungkan atau antagonis. Sumarni *et al.* (2012) merekomendasikan pemberian pupuk kandang kuda 20 ton/ha sebagai pupuk dasar pada bawang merah. Selain itu juga dilaporkan bahwa pupuk kompos 5 ton/ha dapat diberikan bersama pupuk TSP/SP-36 sebagai pupuk dasar (Sumarni & Hidayat 2005).
3. Mengurangi penggunaan fungisida dengan menambah *input* agens antagonis. Sebuah meta analisis untuk mengevaluasi agens antagonis sebagai bio kontrol penyakit busuk akar pada tanaman kacang-kacangan dilakukan Naseri & Younesi (2021) dan dilaporkan bahwa efisiensi bio kontrol paling tinggi terdeteksi pada *Trichoderma gamsii*, *Gliocladium virens*, *T. viride*, *P. fluorescense*, dan bersifat antagonis menekan patogen

Phytophthora sp. (224%), *Pythium* sp. (202%), *F. oxysporum* (143%), *S. rolfsii* (140%), *F. solani* (108%), dan *R. solani* (102%).

4. Pengendalian penyakit secara mekanis dengan mencabut tanaman sakit dan tidak membuang sisa tanaman sakit tersebut di sekitar aliran sungai atau irigasi.

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pengamatan keparahan penyakit *moler* di tiga kecamatan sentra bawang merah yaitu kecamatan Brebes, Wanasari dan Larangan menunjukkan bahwa keparahan penyakit *moler* tergolong rendah ($< 5\%$) dengan laju infeksi 0,00 per unit per minggu, dan *AUDPC* < 1 unit pada bulan Juli-Agustus. Akan tetapi perkembangan penyakit (*AUDPC*) *moler* pada tingkat kecamatan maupun desa berbeda secara signifikan. Nilai *AUDPC* paling tinggi terjadi di kecamatan Brebes.

Berdasarkan hasil kajian analisis unsur cuaca terhadap keparahan penyakit menunjukkan bahwa faktor cuaca yaitu kelembapan udara (RH) dan suhu (*t*) mendukung keparahan penyakit *moler* di lapangan pada musim kemarau. Pada kondisi kelembapan rendah (75,10%) diikuti dengan suhu tinggi (27,55⁰C) secara simultan menyebabkan keparahan penyakit *moler* di lapangan rendah antara 1,06%-2,35%. Berdasarkan hasil kajian korelasi sifat-sifat tanah terhadap keparahan penyakit *moler* menunjukkan bahwa C-organik dan rasio C/N berkorelasi negatif kuat dengan keparahan penyakit sedangkan kandungan N-total dan persentase pasir tanah berkorelasi positif kuat dengan keparahan penyakit. Selain itu, indeks keragaman bakteri rhizosfer (*H'*) berpengaruh nyata terhadap keparahan penyakit *moler*. Keragaman bakteri rhizosfer yang rendah dipengaruhi oleh kandungan C-organik tanah yang rendah menyebabkan keparahan penyakit *moler* menjadi tinggi. Berdasarkan hasil analisis *principal component analysis* (PCA) kajian aspek cara budidaya menunjukkan kecenderungan sama antara praktik budi daya yang dilakukan petani di kecamatan Brebes, Larangan, maupun Wanasari. Dosis pupuk NPK, frekuensi penyiraman, frekuensi aplikasi herbisida dan pestisida berhubungan kuat dengan keparahan penyakit *moler* sebesar 84,4% dari total varians data.

5.2 Saran

Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai dinamika agroekosistem penyakit *moler* pada musim penghujan dengan mengamati juga pengaruh lingkungan mikro di sekitar tanaman (suhu dan kelembapan), jumlah inokulum awal *F. oxysporum* dan hasil produksi.

Berdasarkan hasil pengkajian lapangan penerapan budi daya tanaman bawang merah diperlukan upaya perbaikan cara budi daya dengan melakukan pemupukan N berbasis nitrat dan pemupukan dengan tepat dosis, menambah *input* bahan organik (kompos), dan pemilihan bibit yang sehat untuk menghambat perkembangan penyakit *moler* dengan tetap menjaga keberlanjutan agroekosistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Azeem A, Abdel-Azeem M, Darwish A, Nafady N, Ibrahim N. 2019. Fusarium: Biodiversity, ecological significances, and industrial applications. Di dalam: Yadav A., Mishra S., Singh S. dan A. G, editor. *Fungal Biology*. Springer, Champ.
- Adhi SR, Suganda T. 2020. Potensi jamur rizosfer bawang merah dalam menekan *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*, penyebab penyakit busuk umbi bawang merah. *Kultivasi*. 19(1):1015-1022. doi:10.24198/kultivasi.v19i1.22877.
- Altieri MA, Nicholls CI. 2003. Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems. *Soil and Tillage Research*. 72(2):203-211. doi:10.1016/S0167-1987(03)00089-8.
- Altieri MA, Nicholls CI. 2005. *Agroecology and the Search for a Truly Sustainable Agriculture 1st Edition*. Barkeley: University of California.
- Aprilia I, Maharijaya A, Wiyono S. 2020. Keragaman Genetik dan Ketahanan terhadap Penyakit Layu Fusarium (*Fusarium oxysporum* f.sp *cepae*) Bawang Merah (*Allium cepa* L. var. *aggregatum*) Indonesia. *Jurnal Hortikultura Indonesia*. 11(1):32-40. doi:10.29244/jhi.11.1.32-40.
- Arantika W, Umboh SD, Pelealu JJ. 2019. Analisis tingkat populasi jamur tanah di lahan pertanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) berdasarkan metode *total plate count* (tpc). *Jurnal Ilmiah Sains*. 19(2):105-110.
- Aviles M, Borrero C, Trillas MI. 2011. Review on compost as an inducer of disease suppression in plants grown in soilless culture. *Dynamic Soil Dynamic Plant*. 5(2):1-11.
- Bahar YH. 2020. Dampak perilaku petani dalam budidaya bawang merah terhadap perubahan kondisi agroekosistem di Kabupaten Brebes. *Jurnal Penyuluhan Pertanian*. 11(1):23-29.
- [Balitsa] Balai Penelitian Tanaman Sayuran. 2018. Bawang merah varietas Bima Brebes [internet]. [diunduh 2020 Des 23] tersedia pada: <https://balitsa.litbang.pertanian.go.id/ind/index.php/varietas/cabai/36-halaman/616-bawang-merah-varietas-bima-brebes>
- Bektas I, Kusek M. 2019. Phylogenetic and morphological characterization of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* the causal agent of basal rot on onion isolated from Turkey. hlm. 1733-1742 in *Fresenius Environmental Bulletin*. Turkey.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2020. Produksi bawang merah menurut provinsi, tahun 2015-2019 [internet]. [diunduh 2020 Nov 11] tersedia pada: file:///C:/Users/HP/Downloads/Produksi%20B.%20Merah%20(2).pdf
- [BPS Brebes] Badan Pusat Statistik Kabupaten Brebes. 2020. Produksi tanaman sayuran menurut kecamatan dan jenis tanaman di kabupaten Brebes [internet]. [diunduh 2020 Nov 10] tersedia pada: <https://brebeskab.bps.go.id/statictable/2020/05/14/1118/produksi-tanaman-sayuran-menurut-kecamatan-dan-jenis-tanaman-di-kabupaten-brebes-2019.html>
- Cai H, Tao N, Guo C. 2020. Systematic investigation of the effects of macroelements and iron on soybean plant response to *Fusarium oxysporum*

infection. *The plant pathology journal*. 36(5):398-405. doi:10.5423/PPJ.OA.04.2020.0069.

Cao Y, Wang J, Wu H, Yan S, Guo D, Wang G, Ma Y. 2016. Soil chemical and microbial responses to biogas slurry amendment and its effect on *Fusarium* wilt suppression. *Applied Soil Ecology*. 107:116-123. doi:10.1016/j.apsoil.2016.05.010.

Cappuccino JG, Sherman N. 2014. *Microbiology a Laboratory Manual 10th Edition*. United States of America: Pearson Education, Inc.

Carranza CS, Aluffi ME, Benito N, Magnoli K, Barberis CL, Magnoli CE. 2019. Effect of in vitro glyphosate on *Fusarium* spp. growth and disease severity in maize. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 99(11):5064-5072. doi:<https://doi.org/10.1002/jsfa.9749>.

Cooke B. 2006. Disease assessment and yield loss. Di dalam: Cooke B, Jones DG dan Kaye B, editor. *The Epidemiology of Plant Diseases*. Dordrecht: Springer Netherlands. hlm:43-80.

Cramer CS. 2000. Breeding and genetics of *Fusarium* basal rot resistance in onion. *Euphytica*. 115(3):159-166.

Cruz DR, Leandro LFS, Mayfield DA, Meng Y, Munkvold GP. 2020. Effects of soil conditions on root rot of soybean caused by *Fusarium graminearum*. *Phytopathology*. 110(10):1693-1703. doi:10.1094/phyto-02-20-0052-r.

Dabire TG, Neya BF, Somda I, Legreve A. 2021. Pathogenicity study of some seed-borne fungi of onion (*Allium cepa* L.) from Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 15(3):1062-1072. doi:10.4314/ijbcs.v15i3.17.

Degani O, Kalman B. 2021. Assessment of commercial fungicides against onion (*Allium cepa*) basal rot disease caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* and *Fusarium acutatum*. *Journal of Fungi*. 7(3):235.

Dinakaran D, Gajendran G, Mohankumar S, Karthikeyan G, Thiruvudainambi S, Jonathan EI, Samiyappan R, Pfeiffer DG, Rajotte EG, Norton GW *et al.* . 2013. Evaluation of integrated pest and disease management module for shallots in Tamil Nadu, India: A farmer's participatory approach. *Journal of Integrated Pest Management*. 4(2):1-9. doi:10.1603/ipm12019.

[Ditlinhorti] Direktorat Perlindungan Hortikultura 2020. Luas Serangan OPT Bawang Merah 2018 & 2019 [internet]. [diunduh 2021 Apr 02] tersedia pada: <http://ditlin.hortikultura.pertanian.go.id/index.php/page/index/Luas-Serangan-OPT-Bawang-Merah-2018-2019>

Dordas C. 2008. Role of nutrients in controlling plant diseases in sustainable agriculture. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 28(1):33-46. doi:10.1051/agro:2007051.

Eviati, Sulaeman. 2009. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Bogor: Balai Penelitian Tanah.

Fadhilah S, Wiyono S, Surahman M. 2016. Pengembangan teknik deteksi fusarium patogen pada umbi benih bawang merah (*Allium ascalonicum*) di laboratorium. *Jurnal Hortikultura*. 24(2):8. doi:10.21082/jhort.v24n2.2014.p171-178.

Fallah T, Rosli AB, Kidd B, Carvalhais LC, Schenk PM. 2017. Toward Plant Defense Mechanisms Against Root Pathogens. Di dalam: Meena VS, Mishra PK, Bisht JK dan Pattanayak A, editor. *Agriculturally Important*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

- Microbes for Sustainable Agriculture: Volume 2: Applications in Crop Production and Protection*. Singapore: Springer Singapore. hlm:293-313.
- Feld L, Hjelmsø MH, Nielsen MS, Jacobsen AD, Rønn R, Ekelund F, Krogh PH, Strobel BW, Jacobsen CS. 2015. Pesticide side effects in an agricultural soil ecosystem as measured by amoA expression quantification and bacterial diversity changes. *Plos One*. 10(5):e0126080. doi:10.1371/journal.pone.0126080.
- Filyushin MA, Anisimova OK, Kochieva EZ, Shchennikova AV. 2021. Genome-wide identification and expression of chitinase class i genes in garlic (*Allium sativum* L.) cultivars resistant and susceptible to *Fusarium proliferatum*. *Plants*. 10(4):720. doi:10.3390/plants10040720.
- Ghanbarzadeh B, Mohammadi Goltapeh E, Safaie N. 2014. Identification of *Fusarium* species causing basal rot of onion in East Azarbaijan province, Iran and evaluation of their virulence on onion bulbs and seedlings. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 47(9):1050-1062. doi:10.1080/03235408.2013.829628.
- Gordon TR. 2017. *Fusarium oxysporum* and the *Fusarium* wilt syndrome. *Annual Review of Phytopathology*. 55(1):23-39. doi:10.1146/annurev-phyto-080615-095919.
- Gupta N, Debnath S, Sharma S, Sharma P, Purohit J. 2017. Role of nutrients in controlling the plant diseases in sustainable agriculture. Di dalam: Meena VS, Mishra PK, Bisht JK dan Pattanayak A, editor. *Agriculturally Important Microbes for Sustainable Agriculture: Volume 2: Applications in Crop Production and Protection*. Singapore: Springer hlm:217-262.
- Gupta RP, Gupta RC. 2014. Effect of integrated disease management packages on diseases incidence and bulb yield of onion (*Allium cepa* L.). *SAARC Journal of Agriculture*. 11(2):49-59. doi:10.3329/sja.v11i2.18401.
- Haapalainen M, Latvala S, Kuivainen E, Qiu Y, Segerstedt M, Hannukkala AO. 2016. *Fusarium oxysporum*, *F. proliferatum* and *F. redolens* associated with basal rot of onion in Finland. *Plant Pathology*. 65(8):1310-1320. doi:10.1111/ppa.12521.
- Hadar Y, Papadopoulou KK. 2012. Suppressive Composts: Microbial Ecology Links Between Abiotic Environments and Healthy Plants. *Annual Review of Phytopathology*. 50(1):133-153. doi:10.1146/annurev-phyto-081211-172914.
- Hadiwiyono H, Sari K, Poromarto SH. 2020. Yields losses caused by basal plate rot (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*) in some shallot varieties. *Journal of Sustainable Agriculture*. 35(2):8. doi:10.20961/carakatani.v35i2.26916.
- Hammerschmidt R. 2018. How glyphosate affects plant disease development: it is more than enhanced susceptibility. *Pest Management Science*. 74(5):1054-1063. doi:<https://doi.org/10.1002/ps.4521>.
- Hasanuddin, Bakti D, Sarifuddin. 2021. Virulence test of fusarium isolates against local shallot accessions in the highlands of Karo regency. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 782(4):042071. doi:10.1088/1755-1315/782/4/042071.
- Herlina L, Istiaji B, Wiyono S. 2021. The causal agent of *Fusarium* disease infested shallots in Java Islands of Indonesia. *E3S Web Conf*. 232:03003. doi:10.1051/e3sconf/202123203003.

- Jahedi A, Safaie N, Goltapeh EM. 2019. *Fusarium avenaceum* and *Fusarium crookwellens* cause onion basal rot in Iran. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 52(9-10):953-968. doi:10.1080/03235408.2019.1672913.
- Kalman B, Abraham D, Graph S, Perl-Treves R, Meller Harel Y, Degani O. 2020. Isolation and identification of *Fusarium* spp., the causal agents of Onion (*Allium cepa*) basal rot in Northeastern Israel. *Biology*. 9(4):69. doi:10.3390/biology9040069.
- Kementan RI] Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2016. Outlook bawang merah [internet]. [diunduh 2020 Jun 26] tersedia pada: <http://epublikasi.pertanian.go.id/arsip-outlook/76-outlook-hortikultura/426-outlook-bawang-merah-2016>
- Kementan RI] Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 2020. Outlook bawang merah 2019 [internet]. [diunduh 2020 Sep 13] tersedia pada: <http://epublikasi.pertanian.go.id/arsip-outlook/76-outlook-hortikultura/730-outlook-bawang-merah-2019>
- Kumar K, Pal G, Verma A, Verma SK. 2021. Role of rhizospheric bacteria in disease suppression during seedling formation in millet. Di dalam: Dubey SK dan Verma SK, editor. *Plant, Soil and Microbes in Tropical Ecosystems*. Singapore: Springer. hlm:263-274.
- Kuruppu PU. 1999. First report of *Fusarium oxysporum* causing a leaf twisting disease on *Allium cepa* var. *ascalonicum* in Sri Lanka. *Plant Disease*. 83(7):695-695. doi:10.1094/pdis.1999.83.7.695c.
- Le D, Ameye M, De Boevre M, De Saeger S, Audenaert K, Haesaert G. 2020. Population, virulence and mycotoxin profile of *Fusarium* spp. associated with basal rot of *Allium* spp. in Vietnam. *Plant Disease*. 0(ja):null. doi:10.1094/pdis-08-20-1850-re.
- Le D, Audenaert K, Haesaert G. 2021. *Fusarium* basal rot: profile of an increasingly important disease in *Allium* spp. *Tropical Plant Pathology*. doi:10.1007/s40858-021-00421-9.
- Lestiyani A. 2015. Identifikasi, patogenisitas dan variabilitas penyebab penyakit moler pada Bawang Merah [Tesis]. Yogyakarta (ID): Universitas Gadjah Mada.
- Liu B, Wei H, Shen W, Smith H. 2020. Long-term effect of non-irrigation and irrigation on soil *Pythium*, *Fusarium*, and *Rhizoctonia* communities and their relation with seed-rot, root-rot, and damping-off of soybean. *European Journal of Plant Pathology*. 158(2):297-314. doi:10.1007/s10658-020-02059-w.
- Liu B, Wei H, Shen W, Smith H, Correll JC. 2019. Long-term effects of dryland and irrigation production systems on soil *Fusarium* communities in wheat. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 41(4):585-596. doi:10.1080/07060661.2019.1620862.
- Meena RS, Kumar S, Datta R, Lal R, Vijayakumar V, Brtnicky M, Sharma MP, Yadav GS, Jhariya MK, Jangir CK *et al.* . 2020. Impact of Agrochemicals on Soil Microbiota and Management: A Review. *Land*. 9(2):34.
- Mehmood Y, Khan MA, Javed N, Arif MJ. 2013. Effect of soil and environmental factors on chickpea wilts disease caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*. *Pakistan Journal of Phytopathology*. 25(1):52-58.

- Mehta CM, Palni U, Franke-Whittle IH, Sharma AK. 2014. Compost: Its role, mechanism and impact on reducing soil-borne plant diseases. hlm. 607-622 in *Waste Management*.
- Mondani L, Chiusa G, Battilani P. 2021. Fungi associated with garlic during the cropping season, with focus on *Fusarium proliferatum* and *F. oxysporum*. *Plant Health Progress*. 22(1):37-46. doi:10.1094/php-06-20-0054-rs.
- Naseri B, Younesi H. 2021. Beneficial microbes in biocontrol of root rots in bean crops: A meta-analysis (1990–2020). *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 116:101712. doi:10.1016/j.pmpp.2021.101712.
- Oka IN. 1993. *Pengantar Epidemiologi Penyakit Tanaman* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Özer N, Köycü ND. 2004. Seed-borne fungal diseases of onion, and their control. Di dalam: Mukerji KG, editor. *Fruit and Vegetable Diseases*. Dordrecht (Özer2004): Springer Netherlands. hlm:281-306.
- [Pemkab Brebes] Pemerintah Kabupaten Brebes. 2020. Brebes dalam data 2019 [internet]. [diunduh 2020 Jun 28] tersedia pada: <https://brebeskab.go.id/index.php/pages/view/viewbdd/>
- Pfordt A, Ramos Romero L, Schiwiek S, Karlovsky P, von Tiedemann A. 2020. Impact of environmental conditions and agronomic practices on the prevalence of fusarium species associated with ear- and stalk rot in maize. *Pathogens*. 9(3):236. doi:10.3390/pathogens9030236.
- Putri RA. 2019. Keanekaragaman cendawan tanah pada kombinasi pupuk untuk mengendalikan penyakit busuk pangkal batang bawang merah (*Fusarium oxysporum*) [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Qin K, Dong X, Jifon J, Leskovar DI. 2019. Rhizosphere microbial biomass is affected by soil type, organic and water inputs in a bell pepper system. *Applied Soil Ecology*. 138:80-87. doi:10.1016/j.apsoil.2019.02.024.
- Rohim A. 2019. Pengaruh ukuran benih dan jarak tanam terhadap pertumbuhan dan hasil bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) varietas Bima Brebes. *Jurnal AgroSainTa* 3(1):1-12.
- Safitri YA, Hasanah U, Salamiah, Samharinto, Pramudi MI. 2019. Distribution of major diseases of shallot in South Kalimantan, Indonesia. *Asian Journal of Agriculture*. 3(2):33-40. doi:10.13057/asianjagric/g030201.
- Saptayanti N. 2019. Pola penggunaan pestisida pada petani bawang merah dan hubungannya dengan implementasi kebijakan pestisida [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Saputri AS. 2018. Infeksi virus dan cendawan pada umbi dan biji bawang merah serta pengaruhnya terhadap insidensi penyakit dan produktivitas tanaman [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Saputri AS, Tondok ET, Hidayat SH. 2019. Insidensi virus dan cendawan pada biji dan umbi bawang merah. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 14(6):222. doi:10.14692/jfi.14.6.222.
- Sari NI. 2019. Seleksi dan identifikasi bakteri rizosfer yang berpotensi sebagai agens antagonis *Fusarium oxysporum* pada bawang merah yang diberi kombinasi pupuk organik dan anorganik [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Schwartz HF, Mohan SK. 2016. Part iii: Noninfectious/abiotic conditions. Di dalam: Mohan SK dan Howard FS, editor. *Compendium of Onion and*

- Garlic Diseases and Pests, Second Edition.* The American Phytopathological Society. hlm:95-106.
- Semangun H. 2006. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sheng Y, Wang H, Wang M, Li H, Xiang L, Pan F, Chen X, Shen X, Yin C, Mao Z. 2020. Effects of soil texture on the growth of young apple trees and soil microbial community structure under replanted conditions. *Horticultural Plant Journal.* 6(3):123-131. doi:10.1016/j.hpj.2020.04.003.
- Sintayehu A, Sakhuja P, Fininsa C, Ahmed S. 2011. Management of fusarium basal rot (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*) on shallot through fungicidal bulb treatment. *Crop Protection.* 30(5):560-565.
- Smith SN. 2007. An overview of ecological and habitat aspects in the genus fusarium with special emphasis on the soil-borne pathogenic forms. hlm. 97-120 in *Plant Pathol Bull.* USA.
- Southwood MJ, Viljoen A, McLeod A. 2015. Inoculum sources of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* on onion in the Western Cape Province of South Africa. *Crop Protection.* 75:88-95. doi:10.1016/j.cropro.2015.05.014.
- Spann TM, Schumann AW. 2010. Mineral nutrition contributes to plant disease and pest resistance. hlm. in *EDIS.*
- Sumarni N, Hidayat A. 2005. *Budidaya Bawang Merah.* hlm. 1-22. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Bandung.
- Sumarni N, Rosliani R, Suwandi S. 2012. Optimasi jarak tanam dan dosis pupuk npk untuk produksi bawang merah dari benih umbi mini di dataran tinggi. *Jurnal hortikultura.* 22(2):148-155.
- Sun Y, Wang M, Mur LAJ, Shen Q, Guo S. 2020. Unravelling the roles of nitrogen nutrition in plant disease defences. *International Journal of Molecular Sciences.* 21(2):572. doi:10.3390/ijms21020572.
- Supyani, Poromarto SH, Supriyadi, Hadiwiyono. 2021. Moler disease of shallot in the last three years at brebes central java: The intensity and resulting yields losses is increasing. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 810(1):012004. doi:10.1088/1755-1315/810/1/012004.
- Tirado-Ramírez M, López-Orona C, Velázquez-Alcaraz TdJ, Díaz-Valdés T, Velarde-Félix S, Martínez-Campos A, Retes-Manjarrez J. 2018. First report of onion basal rot caused by *Fusarium falciforme* in Mexico. *Plant Disease.* 102(12):2646. doi:10.1094/PDIS-05-18-0757-PDN.
- van Bruggen AHC, Sharma K, Kaku E, Karfopoulos S, Zelenev VV, Blok WJ. 2015. Soil health indicators and *Fusarium* wilt suppression in organically and conventionally managed greenhouse soils. *Applied Soil Ecology.* 86:192-201. doi:10.1016/j.apsoil.2014.10.014.
- Vu HQ, El-Sayed MA, Ito S-I, Yamauchi N, Shigyo M. 2012. Discovery of a new source of resistance to *Fusarium oxysporum*, cause of *Fusarium* wilt in *Allium fistulosum*, located on chromosome 2 of *Allium cepa* Aggregatum group. *Genome.* 55(11):797-807. doi:10.1139/g2012-065 %M 23199574.
- Walia A, Mehta P, Guleria S, Chauhan A, Shirkot CK. 2014. Impact of fungicide mancozeb at different application rates on soil microbial populations, soil biological processes, and enzyme activities in soil. *The Scientific World Journal.* 2014:702909. doi:10.1155/2014/702909.

- Wang H, Wang J, Chen Q, Wang M, Hsiang T, Shang S, Yu Z. 2016. Metabolic effects of azoxystrobin and kresoxim-methyl against *Fusarium kyushuense* examined using the Biolog FF MicroPlate. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 130:52-58. doi:10.1016/j.pestbp.2015.11.013.
- Wiyatiningsih S, Wibowo A, P ET. 2009. Keparahan penyakit moler pada enam kultivar bawang merah karena infeksi *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae* di tiga daerah sentra produksi. hlm. in *Seminar Nasional Akselerasi Pengembangan Teknologi Pertanian dalam Mendukung Revitalisasi Pertanian*. Fakultas Pertanian dan LPPM UPN Veteran. Jawa Timur.
- Wiyono S. 2007. Perubahan iklim dan ledakan hama dan penyakit tanaman. hlm. in *Seminar Sehari Keanekaragaman Hayati di Tengah Perubahan Iklim Indonesia*. KEHATI. Jakarta.
- Workneh F, van Bruggen AHC. 1994. Microbial density, composition, and diversity in organically and conventionally managed rhizosphere soil in relation to suppression of corky root of tomatoes. *Applied Soil Ecology*. 1(3):219-230. doi:10.1016/0929-1393(94)90013-2.
- Yadav SL, Akhir R, Rathore B, Yadav S. 2014. Effect of temperature, relative humidity, and pH on mycelial growth and sporulation of *Fusarium oxysporum* causing basal rot of onion (*Allium cepa* L.). *Environment & Ecology*. 32(3A):1190-1193.
- Yaguchi S, Yamauchi N, Shigyo M. 2009. Single alien chromosome additions from shallot (*Allium cepa* L. *agregatum* group) increase endogenous polyphenol contents in Japanese bunching onion. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. 78(4):431-435. doi:10.2503/jjshs1.78.431.
- Yogev A, Raviv M, Hadar Y, Cohen R, Katan J. 2006. Plant waste-based composts suppressive to diseases caused by pathogenic *Fusarium oxysporum*. *European Journal of Plant Pathology*. 116(4):267-278. doi:10.1007/s10658-006-9058-8.
- Zadoks CJ, Schein DR. 1979. *Epidemiology and Plant Disease Management*. New York: Oxford University Press.
- Zhao S, Liu D, Ling N, Chen F, Fang W, Shen Q. 2014. Bio-organic fertilizer application significantly reduces the *Fusarium oxysporum* population and alters the composition of fungi communities of watermelon *Fusarium* wilt rhizosphere soil. *Biology and Fertility of Soils*. 50(5):765-774. doi:10.1007/s00374-014-0898-7.



Lampiran 1 Hasil analisis tanah rhizosfer bawang merah di tiga kecamatan

Lokasi sampel	Komponen kimia tanah						Komponen fisik tanah			Kategori
	C-organik (%)	N-Total (%)	C/N rasio	P (ppm)	K (ppm)	pH (H ₂ O)	Tekstur tanah			
							Pasir (%)	Debu (%)	Lempung (%)	
Larangan	1,34 r	0,12 r	11,02 s	42 st	270,9 st	6,46 am	1,46	29,75	68,79	Liat
Siandong	1,03 r	0,15 r	6,69 r	64,5 st	219,7 st	6,19 am	1,05	24,3	74,66	Liat
Jagalempeni	1,12 r	0,15 r	7,37 r	48,7 st	97,3 st	6,57 am	1,94	29,56	68,5	Liat
Sidamulya	1,03 r	0,15 r	6,72 r	41,5 st	154,6 st	6,48 am	2,01	28,94	69,05	Liat
Krasak	1,12 r	0,12 r	9,15 r	62,6 st	185,9 st	6,5 am	2,58	21,25	76,17	Liat
Pemaron	0,99 sr	0,18 r	5,44 r	56,4 st	178,8 st	6,04 am	4,62	31,24	64,15	Liat

Keterangan: sr= sangat rendah, r = rendah, s = sedang, t = tinggi, st = sangat tinggi, am = agak masam

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan yang objektif
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University

Lampiran 2 Kriteria penilaian status hara tanah

Parameter tanah	Nilai					
	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi	
C (%)	<1	1-2	2-3	3-5	>5	
N (%)	<0,1	0,1-0,2	0,21-0,5	0,51-0,75	>0,75	
C/N	<5	5-10	11-15	16-25	>25	
P ₂ O ₅ Bray (ppm P)	<4	5-7	8-10	11-15	>15	
P ₂ O ₅ Olsen (ppm P)	<5	5-10	11-15	16-20	>20	
K (ppm)	8	12	21	36	58	
	Sangat masam	Masam	Agak masam	Netral	Agak alkalis	Alkalis
pH H ₂ O	<4,5	4,5-5,5	5,5-6,5	6,6-7,5	7,6-8,5	>8,5

Sumber: (Eviati & Sulaeman 2009)

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Brebes, Jawa Tengah pada tanggal 10 September 1995 sebagai anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan bapak Warsum dan ibu Tri Umaeni, S.Pd.SD. Penulis menikah dengan Aris Budiman, S.P., M.Si. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Bumiayu pada tahun 2013, dan pada tahun yang sama penulis diterima di Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta dan berhasil memperoleh gelar Sarjana Pertanian (S.P.) pada tahun 2017. Kemudian pada tahun 2018, penulis mendapatkan kesempatan untuk melanjutkan program Magister di Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor pada Program Studi Fitopatologi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.