

Potensi Agens Hayati dalam Pengendalian Penyakit Busuk Pangkal dan Peningkatan Pertumbuhan Tanaman Bawang Merah

Potential of Biological Agents for Controlling Basal Rot Disease and Promoting Plant Growth in Shallot

Tamrin Khamidi^{1*}, Heru Adi Djatmiko², Totok Agung Dwi Haryanto²

¹Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Kabupaten Tegal, Tegal 52419

²Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto 53122

ABSTRAK

Pemanfaatan agens hayati menjadi salah satu komponen pengendalian penyakit secara terpadu dalam budi daya bawang merah. Penelitian ini bertujuan menguji efektivitas tiga agens hayati (*Bacillus subtilis* B1 dan B298, *Fusarium oxysporum* nonpatogen T14a) dalam menekan insidensi penyakit busuk pangkal dan memacu pertumbuhan dua varietas bawang merah ('Bima Brebes' dan 'Tajuk') di lapangan. Penelitian eksperimental disusun dalam rancangan acak kelompok faktorial yang terdiri atas dua faktor, yaitu jenis agens hayati dan varietas bawang merah. Semua agens hayati yang diuji menunjukkan kemampuan memperpanjang masa inkubasi penyakit, menekan insidensi penyakit dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen busuk pangkal umbi. *Bacillus subtilis* B1 dan *F. oxysporum* nonpatogen T14a menunjukkan efikasi yang tinggi, yaitu 81.5% dan 58.0%. Berdasarkan nilai insidensi penyakit dan luas daerah di bawah kurva perkembangan penyakit diketahui bahwa var. 'Tajuk' bersifat lebih rentan terhadap penyakit busuk pangkal dibandingkan dengan var. 'Bima Brebes'. Semua agens hayati yang diuji juga mampu meningkatkan persentase pertunasan umbi bawang merah, indeks luas daun, laju pertumbuhan, total klorofil pada daun, dan produktivitas tanaman. Peningkatan produktivitas tertinggi ditunjukkan *B. subtilis* B1 (45.45%), disusul berturut-turut oleh *F. oxysporum* nonpatogen T14a (37.88%), dan *B. subtilis* B298 (28.79%). Dua dari tiga agens hayati yang diuji, yaitu *B. subtilis* B1 dan *F. oxysporum* nonpatogen T14a, potensial untuk dijadikan agens pengendali patogen busuk pangkal batang pada tanaman bawang merah karena memiliki kemampuan cukup baik dalam meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman.

Kata kunci: *Bacillus subtilis*, *Fusarium oxysporum* nonpatogen, insidensi penyakit, luas daerah di bawah kurva perkembangan penyakit, produktivitas tanaman

ABSTRACT

The use of biocontrol agents has been known as one component in integrated disease management for shallot. This study aimed to examine the effectiveness of three biocontrol agents (*Bacillus subtilis* strains B1 and B298, and nonpathogenic *Fusarium oxysporum* T14a) in suppressing the incidence of basal rot disease and promoting the growth of two shallot varieties ('Bima Brebes' and 'Tajuk') in the field. The experimental research was arranged in a factorial randomized block design consisting of two factors, i.e. type of biocontrol agent and shallot's variety. It was shown that application of biocontrol

*Alamat penulis korespondensi: Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Kabupaten Tegal. Jalan Ahmad Yani No 17A, Slawi-Tegal 52419.
Tel: 0283-491872, Faks: 0283-491513, Surel: tkhamidi2512@gmail.com

agents prolongs the incubation period of the disease. All biocontrol agents increase plant resistance and reduce the incidence of basal rot disease. *B. subtilis* B1 and nonpathogenic *F. oxysporum* T14a had high efficacy, i.e 81.53% and 58.02%. Based on the observation of disease incidence and the area under the disease progression curve, it is known that var. 'Tajuk' is more susceptible to basal rot disease than var. 'Bima Brebes'. Furthermore, the analysis showed that all biocontrol agents were able to increase the percentage of germination, leaf area index, plant growth rate, total chlorophyll in leaves and productivity. The highest percent increase over control in productivity was obtained by *B. subtilis* B1 (45.45%) followed by nonpathogenic *F. oxysporum* T14a (37.88%) and *B. subtilis* B298 (28.79%). Two of the three biocontrol agents tested, i.e. *B. subtilis* B1 and nonpathogenic *F. oxysporum* T14a are potential agents for controlling basal rot disease in shallots because they have good ability to increase plant growth and productivity.

Keywords: area under the disease progress curve, *Bacillus subtilis*, crop productivity, disease incidence, nonpathogenic *Fusarium oxysporum*

PENDAHULUAN

Bawang merah merupakan komoditas penting di Indonesia. Kebutuhan yang relatif tinggi serta tingkat produksi dan harga yang fluktuatif menjadikan bawang merah sebagai salah satu komoditas pertanian yang ikut memengaruhi tingkat inflasi nasional. Salah satu faktor pembatas dalam budi daya bawang merah ialah gangguan penyakit busuk pangkal yang disebabkan oleh cendawan *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*. Unit Pelaksana Teknis Perlindungan Tanaman Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian Kabupaten Tegal, Provinsi Jawa Tengah melaporkan bahwa insidensi penyakit layu fusarium di Kabupaten Tegal pada musim tanam Februari–Mei 2017 di lapangan mencapai 80% (data tidak dipublikasikan).

Pengendalian penyakit busuk pangkal pada bawang merah yang umum dilakukan oleh petani menggunakan fungisida kimia sintetis. Hidayat *et al.* (2010) melaporkan petani bawang merah di Kabupaten Tegal menggunakan pestisida dengan selang waktu dua hari untuk mengendalikan organisme pengganggu tanaman. Lebih lanjut dilaporkan bahwa tingkat keracunan pestisida pada petani bawang merah lebih tinggi dibandingkan dengan petani padi atau cabai.

Beberapa agens hayati telah dibuktikan efektif menekan insidensi penyakit busuk pangkal pada bawang merah, di antaranya *Trichoderma* spp., *Pseudomonas* kelompok fluoresens (Santoso *et al.* 2007; Latifah

et al. 2011; Malathi 2015), *F. oxysporum* nonpatogen (Isniah dan Widodo 2015), dan *Bacillus* spp. (Jagtap dan Suryawanshi 2015). Selain memiliki kemampuan menekan insidensi penyakit, agens hayati tersebut dilaporkan juga memiliki kemampuan memacu pertumbuhan tanaman dan meningkatkan produksi bawang merah pada aplikasi secara tunggal maupun kombinasi dengan lainnya.

Tujuan penelitian ini menguji efektivitas tiga agens hayati terhadap penekanan insidensi penyakit busuk pangkal dan kemampuannya memacu pertumbuhan tanaman pada dua varietas bawang merah di lapangan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Desa Jembayat, Kecamatan Margasari, Kabupaten Tegal, Provinsi Jawa Tengah ($-7^{\circ} 5' 2''$, $109^{\circ} 3' 10''$) pada ketinggian 68 m di atas permukaan laut. Lahan pertanian yang digunakan adalah lahan yang terus-menerus ditanami secara bergilir beragam komoditas sayuran. Pada musim tanam sebelumnya, lahan ditanami bawang merah dan insidensi penyakit busuk pangkal mencapai lebih dari 35%. Infeksi penyakit pada penelitian ini terjadi secara alamiah. Benih yang digunakan dalam bentuk umbi bawang merah. Umbi bawang merah bersertifikat diperoleh dari penangkar benih. Dengan demikian, umbi memiliki tingkat kesehatan umbi yang baik. Galur *B. subtilis* B1 dan B298 diperoleh dari Laboratorium Perlindungan Tanaman, Fakultas Pertanian,

Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, sedangkan galur *F. oxysporum* nonpatogen T14a diperoleh dari koleksi Klinik Tanaman Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, IPB, Bogor.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini disusun dalam rancangan kelompok dengan dua faktor, yaitu agens hayati dan varietas bawang merah. Agens hayati terdiri atas empat taraf, yaitu *B. subtilis* B1, *B. subtilis* B298, *F. oxysporum* nonpatogen T14a, dan tanpa perlakuan yang merupakan kontrol serta varietas bawang merah yang terdiri atas dua taraf, yaitu var. 'Bima Brebes' dan 'Tajuk'. Dengan demikian penelitian ini terdiri atas delapan perlakuan yang disusun dalam kelompok dan masing-masing perlakuan ditanam secara acak dalam kelompok. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak empat ulangan.

Saat pengolahan tanah, lahan dihomogenkan dengan cara mencampur tanah dari semua sisi menggunakan kultivator. Lahan terdiri atas delapan bedengan dan setiap bedengan memiliki panjang 35 m dan lebar 120 cm. Setiap bedengan dibatasi parit selebar 40 cm. Satu kelompok terdiri atas dua bedengan. Luas masing-masing perlakuan dalam setiap bedengan adalah 400 cm × 120 cm. Masing-masing perlakuan dibatasi dengan tanaman pinggir 40 cm × 120 cm. Umbi bawang merah ditanam pada jarak 20 cm × 10 cm sehingga populasi masing-masing perlakuan 480 tanaman.

Perbanyakan Agens Hayati

Perbanyakan *B. subtilis* B1 dan B298 dilakukan pada medium nutrisi cair steril yang terdiri atas glukosa 4%, pepton 1%, ekstrak yeast 1%, CaCO₃ 1%, dan MgSO₄ 0.05% dalam 1000 mL air (w/v) (Zhao *et al.* 2019). Medium ditempatkan dalam labu erlenmeyer volume 250 mL. Inokulasi dilakukan dengan menambahkan 20 mL larutan masing-masing agens hayati ke dalam 1000 mL medium (v/v) dan dihomogenkan menggunakan mesin pengocok selama 72 jam.

Cendawan *F. oxysporum* nonpatogen T14a diperbanyak pada medium padat steril campuran beras dan dedak dengan perbandingan 20:1 (Panjaitan 2017). Sebanyak 80 g medium ditempatkan dalam wadah plastik dan diinokulasi dengan kultur *F. oxysporum* nonpatogen T14a dari medium ekstrak kentang agar dan diinkubasi selama delapan hari.

Perlakuan agens hayati dilakukan dengan pelapisan umbi bawang merah menggunakan suspensi masing-masing agens hayati. Kerapatan spora *B. subtilis* B1 dan B298 ialah 10⁷ cfu mL⁻¹, sedangkan suspensi massa konidium *F. oxysporum* nonpatogen T14a yang digunakan ialah 10⁷ konidium mL⁻¹ suspensi. Suspensi massa konidium *F. oxysporum* nonpatogen T14a diperoleh dengan menambahkan akuades steril pada kultur cendawan yang tumbuh dalam medium padat dan mengocoknya menggunakan mesin pengocok selama 30 menit dan dilanjutkan dengan mengocoknya secara manual selama tiga menit. Suspensi yang diperoleh disaring menggunakan kain batis empat lapis dan diatur konsentrasinya hingga diperoleh kerapatan massa konidium 10⁷ mL⁻¹. Pelapisan umbi bawang merah dilakukan dengan cara menyemprotkan suspensi masing-masing agens hayati menggunakan *hand sprayer*. Dosis yang digunakan adalah 1000 mL suspensi untuk 100 kg umbi bawang merah.

Pengamatan

Komponen penyakit tanaman yang diamati ialah masa inkubasi penyakit, insidensi penyakit, dan luas daerah di bawah kurva (LDBK) perkembangan penyakit (*area under disease progress curve*/AUDPC). Masa inkubasi dan insidensi penyakit diamati hingga umur tanaman 35 hari setelah tanam. Masa inkubasi adalah waktu pertama kali insidensi penyakit pada masing-masing perlakuan. Jika dalam suatu perlakuan tidak terjadi insidensi penyakit, maka masa inkubasi pada perlakuan tersebut adalah waktu akhir dari pengamatan, yaitu 35 hari. Pengamatan insidensi penyakit dilakukan setiap minggu. Penentuan insidensi penyakit didasarkan pada beberapa gejala khas busuk pangkal yang muncul, yaitu daun meliuk,

diskolorasi dan atau pemanjangan daun. Jumlah tanaman yang diamati adalah populasi total tanaman pada masing-masing petak perlakuan. Persentase insidensi penyakit (IP) dihitung menggunakan rumus:

$$IP = \frac{n}{N} \times 100\%, \text{ dengan}$$

n, jumlah tanaman yang sakit dan N, jumlah total tanaman yang diamati.

LDBK perkembangan penyakit dihitung menggunakan persamaan integral yang dikemukakan oleh Shaner dan Finney (1977):

$$LDBK = \sum_{i=0}^n \frac{(Y_{i+n1} + Y_1)}{2} \times [X_{i+1} - X_i], \text{ dengan}$$

Y_i , insidensi penyakit (%) pada waktu ke-(i); Y_{i+1} , insidensi penyakit pada waktu ke-(i+1); X_i , waktu pengamatan (minggu) ke-(i); X_{i+1} , waktu pengamatan (minggu) ke-(i+1); dan n, jumlah pengamatan.

Tingkat efikasi masing-masing perlakuan dihitung menggunakan rumus:

$$TE = \frac{(IP_k - IP_p)}{IP_k} \times 100\%, \text{ dengan}$$

IP_k , insidensi penyakit pada kontrol dan IP_p , insidensi penyakit pada perlakuan.

Komponen pertumbuhan tanaman yang diamati adalah persentase pertunasan umbi bawang merah, indeks luas daun, dan laju pertumbuhan tanaman. Pengamatan pertunasan umbi bawang merah dilakukan setiap hari terhadap jumlah umbi bertunas dari total populasi pada masing-masing perlakuan. Pengamatan dihentikan saat salah satu perlakuan mencapai pertunasan 100%.

Pengamatan tinggi dan luas daun per tanaman dilakukan setiap minggu hingga akhir fase vegetatif terhadap sepuluh tanaman contoh pada masing-masing perlakuan. Penentuan tanaman contoh dilakukan dengan metode zig-zag dengan ketentuan bukan merupakan tanaman pinggir, bukan tanaman sakit dan tanaman berasal dari umbi tunggal. Tinggi tanaman diukur dari pangkal batang hingga ujung daun tertinggi. Luas daun per tanaman dihitung dengan mengalikan luas daun individu dengan jumlah daun per tanaman. Dari masing-masing tanaman diukur lima

daun silindris dan konikal. Luas daun individu dihitung mengikuti Córcoles *et al.* (2015):

$LDI = 0.000199 + 1.277 L \times A_{25}$, dengan 0.000199 dan 1.277 ialah konstanta; L, total panjang daun (cm); dan A_{25} , diameter daun pada ketinggian 25% total panjang daun dari pangkal batang (cm).

Bobot kering tanaman ialah jumlah bobot kering akar dan tajuk yang dikeringkan di bawah sinar matahari selama 14 hari, kemudian dikeringkan dalam oven selama 72 jam pada suhu 65 °C. Pengukuran bobot kering tanaman dilakukan terhadap lima tanaman contoh pada masing-masing perlakuan menggunakan metode *destructive sampling*. Tanaman contoh dicabut dengan menggali tanah di sekitar rumpun tanaman dengan jari-jari 5 cm × 10 cm dari pangkal rumpun dengan kedalaman 15 cm.

Laju pertumbuhan tanaman (LPT) dan indeks luas daun (ILD) dan dihitung mengikuti Bugbee (1996):

$$LPT = \frac{\frac{1}{G_A} \times (W_2 - W_1)}{T_2 - T_1}$$

$$ILD = \frac{(La_2 + La_1)}{2} \times \frac{1}{G_A}, \text{ dengan}$$

W, bobot kering tanaman (mg); La, luas daun (cm²); T, periode pengamatan (minggu); dan G_A , luas lahan (cm²).

Karakter fisiologi tanaman yang diamati adalah kadar klorofil pada daun. Pengukuran dilakukan pada saat tanaman berumur 35 hari setelah tanam. Kadar klorofil diukur menggunakan spektrofotometer (Uvmini-1240. SHIMADZU) mengikuti prosedur Arnon (1949). Pelarut yang digunakan ialah aseton 80%. Nilai absorbansi diukur pada panjang gelombang 645 dan 663 nm. Kadar klorofil dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Klorofil a} = 12.7 D_{663} - 2.69 D_{645}$$

$$\text{Klorofil b} = 22.9 D_{645} - 4.68 D_{663}$$

$\text{Klorofil Total} = 20.2 D_{645} + 8.02 D_{663}$, dengan 12.7; 2.69; 22.9; 4.68; 20.2; 8.02 ialah konstanta; D_{663} , D_{645} ialah nilai absorbansi pada panjang gelombang 663 dan 645 nm.

Variabel produksi diukur dengan menimbang bobot basah brangkas saat panen.

Analisis Data

Keragaman data dianalisis dengan uji F pada α 5% dan jika terdapat beda nyata maka dilakukan uji lanjut dengan uji jarak berganda Duncan (*duncan multiple range test*, DMRT) pada α 5%.

HASIL

Selama masa pengamatan, rata-rata suhu harian berkisar antara 17 °C dan 35 °C dengan kelembapan udara 63–86%. Secara umum insidensi penyakit busuk pangkal muncul pertama kali antara minggu ke-2 dan ke-3 setelah tanam dan meningkat pada pengamatan berikutnya.

Komponen Penyakit Tanaman

Kombinasi perlakuan antara agens hayati dan varietas tidak berbeda nyata terhadap komponen penyakit tanaman yang diamati. Perlakuan faktor agens hayati yang diuji berbeda untuk variabel masa inkubasi, insidensi penyakit, total LDBK perkembangan penyakit (Tabel 1) dan efikasi terhadap penyakit busuk pangkal (Tabel 2).

Kontrol memperlihatkan munculnya penyakit busuk pangkal paling cepat dan berbeda dengan agens hayati yang diuji. Masa inkubasi perlakuan *B. subtilis* B1 berbeda dengan dua agens hayati lainnya. Perlakuan *B. subtilis* B1 menunjukkan masa inkubasi penyakit terpanjang, yaitu 31 hari, sedangkan

antara *F. oxysporum* nonpatogen T14a dan *B. subtilis* B298 tidak berbeda nyata.

Demikian juga pada insidensi penyakit dan total LDBK perkembangan penyakit, ketiga agens hayati menunjukkan perbedaan yang nyata dengan kontrol. Insidensi penyakit pada kontrol lebih banyak, juga total LDBK perkembangan penyakitnya. Dalam penelitian ini, inokulasi patogen secara alamiah terbukti berhasil menimbulkan insidensi penyakit busuk pangkal. Perlakuan *B. subtilis* B1 menunjukkan insidensi dan nilai total LDBK perkembangan penyakit terendah, disusul berturut-turut, *F. oxysporum* nonpatogen T14a dan *B. subtilis* B298.

Efikasi *B. subtilis* B1 terhadap insidensi penyakit busuk pangkal berbeda dengan agens hayati lainnya. *B. subtilis* B1 menunjukkan efikasi tertinggi, disusul berturut-turut, *F. oxysporum* nonpatogen T14a dan *B. subtilis* B298.

Masa inkubasi penyakit busuk pangkal pada var. 'Bima Brebes' tidak berbeda dengan var. 'Tajuk', sedangkan insidensi penyakit dan nilai total LDBK perkembangan penyakit pada var. 'Bima Brebes' nyata lebih rendah dibandingkan dengan 'Tajuk'.

Pertumbuhan Tanaman

Kombinasi perlakuan antara agens hayati dan varietas berbeda nyata terhadap pertunasan umbi bawang merah pada hari ke-4 setelah tanam (Tabel 3). Dalam kombinasinya dengan

Tabel 1 Pengaruh perlakuan agens hayati dan varietas bawang merah terhadap masa inkubasi, insidensi penyakit dan LDBK perkembangan penyakit busuk pangkal hingga 35 hari setelah tanam

Perlakuan	Masa inkubasi (hari)	Insidensi penyakit (%)	Total LDBK perkembangan penyakit (%)
Agens hayati			
Kontrol	18.1 ± 4.5 c	12.4 ± 1.6 a	63.3 ± 4.8 a
<i>Bacillus subtilis</i> B1	31.0 ± 4.1 a	6.3 ± 1.9 d	23.0 ± 3.3 d
<i>Bacillus subtilis</i> B298	24.4 ± 5.2 b	9.9 ± 1.3 b	44.1 ± 3.7 b
<i>Fusarium oxysporum</i> nonpatogen T14a	23.4 ± 5.2 b	8.5 ± 1.2 c	35.8 ± 2.6 c
Varietas			
"Bima Brebes"	25.8 ± 5.8 a	8.6 ± 2.6 b	25.2 ± 5.6 b
"Tajuk"	22.6 ± 7.0 a	10.0 ± 2.6 a	45.1 ± 6.6 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama untuk masing-masing faktor menunjukkan berbeda nyata pada DMRT α 5%.

Tabel 2 Efikasi perlakuan terhadap insidensi penyakit busuk pangkal pada bawang merah hingga 35 hari setelah tanam

Perlakuan	Efikasi (%)
Agens hayati	
Kontrol	-
<i>Bacillus subtilis</i> B1	81.5 ± 15.8 a
<i>Bacillus subtilis</i> B298	38.6 ± 12.8 c
<i>Fusarium oxysporum</i> nonpatogen T14a	58.0 ± 8.9 b
Varietas	
“Bima Brebes”	63.2 ± 14.8 a
“Tajuk”	55.6 ± 18.4 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama untuk masing-masing faktor menunjukkan berbeda nyata pada DMRT α 5%.

Tabel 3 Pengaruh interaksi antara agens hayati dan varietas bawang merah terhadap pertunasan umbi bawang merah pada hari ke-4 setelah tanam

Agens hayati	Pertunasan umbi bawang merah varietas (%)	
	“Bima Brebes”	“Tajuk”
Kontrol	45.7 ± 5.1 c	38.9 ± 2.8 d
<i>Bacillus subtilis</i> B1	82.1 ± 2.1 a	62.6 ± 1.8 b
<i>Bacillus subtilis</i> B298	80.0 ± 1.4 a	62.8 ± 4.8 b
<i>Fusarium oxysporum</i> nonpatogen T14a	82.3 ± 3.1 a	59.7 ± 1.7 b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada DMRT α 5%.

Tabel 4 Pengaruh perlakuan agens hayati dan varietas bawang merah terhadap indeks luas daun dan laju pertumbuhan tanaman pada 26–35 hari setelah tanam

Perlakuan	Indeks luas daun	Laju pertumbuhan tanaman (mg cm ⁻² minggu ⁻¹)
Agens hayati		
Kontrol	0.5 ± 0.1 b	12.9 ± 3.4 c
<i>Bacillus subtilis</i> B1	1.0 ± 0.2 a	24.5 ± 7.8 a
<i>Bacillus subtilis</i> B298	1.0 ± 0.2 a	20.0 ± 6.5 b
<i>Fusarium oxysporum</i> nonpatogen T14a	1.0 ± 0.1 a	21.2 ± 4.1 b
Varietas		
“Bima Brebes”	0.9 ± 0.3 a	21.7 ± 7.7 a
“Tajuk”	0.8 ± 0.3 b	17.7 ± 5.5 b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama untuk masing-masing faktor menunjukkan berbeda nyata pada DMRT α 5%.

var. ‘Bima Brebes’, ketiga agens hayati yang diuji menunjukkan persentase pertunasan lebih tinggi dibandingkan dengan dalam kombinasinya dengan var. ‘Tajuk’. Nilai rerata agens hayati menunjukkan bahwa persentase pertunasan umbi bawang merah pada perlakuan ketiga agens hayati tersebut berbeda nyata dengan kontrol, meskipun tidak berbeda antar agens hayati.

Pertunasan umbi bawang merah var. ‘Bima Brebes’ lebih cepat dibandingkan dengan var. ‘Tajuk’. Nilai rerata varietas menunjukkan persentase pertunasan var. ‘Bima Brebes’ lebih tinggi dibandingkan dengan var. ‘Tajuk’. Pada pengamatan selanjutnya, kombinasi perlakuan antara agens hayati dan varietas tidak berbeda nyata.

Kombinasi perlakuan varietas dan agens hayati tidak berbeda nyata terhadap kuantitas pertumbuhan yang diamati. Perlakuan faktor agens hayati yang diuji berbeda untuk variabel ILD dan LPT (Tabel 4). Nilai ILD dan LPT pada kontrol berbeda dibandingkan dengan perlakuan agens hayati. Nilai ILD pada kontrol nyata lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan agens hayati, meskipun di antara agens hayati tidak berbeda. Demikian pula pada variabel LPT yang nilainya nyata lebih rendah pada kontrol dibandingkan dengan perlakuan agens hayati. Perlakuan *B. subtilis* B1 berbeda dengan agens hayati lainnya. Nilai LPT perlakuan *B. subtilis* B1 nyata lebih tinggi, sedangkan antara *B. subtilis* B298 dan *F.*

oxysporum nonpatogen T14a tidak berbeda. Nilai ILD dan LPT var. ‘Bima Brebes’ berbeda dengan var. ‘Tajuk’. ILD dan LPT pada var. ‘Bima Brebes’ secara nyata lebih tinggi dibandingkan dengan var. ‘Tajuk’.

Fisiologi Tanaman

Kombinasi perlakuan varietas dan agens hayati tidak berbeda nyata terhadap klorofil a, klorofil b dan klorofil total pada daun (Tabel 5). Kandungan klorofil a pada kontrol tidak berbeda dengan perlakuan agens hayati. Sedangkan pada klorofil b dan klorofil total, kontrol berbeda dengan perlakuan agens hayati. Kandungan klorofil b dan klorofil total pada kontrol nyata lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan agens hayati, meskipun antar agens hayati tidak berbeda. Sementara itu, kandungan klorofil a, klorofil b, dan klorofil total pada var. Bima Brebes’ tidak berbeda dibandingkan dengan var. ‘Tajuk’.

Produktivitas Tanaman

Kombinasi perlakuan varietas dan agens hayati tidak berbeda nyata terhadap produktivitas tanaman (Tabel 6). Produktivitas per satuan luas pada kontrol berbeda dibandingkan dengan perlakuan agens hayati. Produktivitas pada kontrol nyata lebih rendah dibandingkan perlakuan agens hayati. Perlakuan *B. subtilis* B1 menunjukkan produktivitas yang berbeda dengan agens hayati lainnya. *B. subtilis* B1 menunjukkan

produktivitas tertinggi, disusul *F. oxysporum* nonpatogen T14a dan *B. subtilis* B298.

Hasil analisis keragaman data menunjukkan produktivitas var. ‘Bima Brebes’ berbeda dengan var. ‘Tajuk’. Produktivitas var. ‘Bima Brebes’ nyata lebih tinggi dibandingkan dengan var. ‘Tajuk’.

PEMBAHASAN

Penggunaan pestisida kimia sintetis secara intensif dalam budi daya bawang merah, selain mengakibatkan gangguan pada agroekosistem, juga menyebabkan

Tabel 6 Pengaruh perlakuan agens hayati dan varietas bawang merah terhadap produktivitas tanaman

Perlakuan	Produktivitas (ton ha ⁻¹)
Agens hayati	
Kontrol	6.6 ± 0.3 c
<i>Bacillus subtilis</i> B1	9.6 ± 0.9 a
<i>Bacillus subtilis</i> B298	8.5 ± 0.8 b
<i>Fusarium oxysporum</i> nonpatogen T14a	9.1 ± 0.8 ab
Varietas	
“Bima Brebes”	8.8 ± 1.4 a
“Tajuk”	7.8 ± 1.1 b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama untuk masing-masing faktor menunjukkan berbeda nyata pada DMRT α 5%.

Tabel 5 Pengaruh perlakuan agens hayati dan varietas bawang merah terhadap kandungan klorofil daun pada minggu ke-4 setelah tanam

Perlakuan	Klorofil a (mg L ⁻¹)	Klorofil b (mg L ⁻¹)	Klorofil Total (mg L ⁻¹)
Agens hayati			
Kontrol	-0.1 ± 3.1 a	34.2 ± 12.1 b	34.1 ± 10.8 b
<i>Bacillus subtilis</i> B1	-0.8 ± 3.0 a	67.8 ± 13.5 a	66.9 ± 12.5 a
<i>Bacillus subtilis</i> B298	1.1 ± 2.5 a	55.2 ± 8.3 a	56.2 ± 6.9 a
<i>Fusarium oxysporum</i> nonpatogen T14a	0.2 ± 1.1 a	59.0 ± 11.6 a	59.2 ± 11.1 a
Varietas			
“Bima Brebes”	-0.0 ± 3.2 a	55.5 ± 18.3 a	55.5 ± 17.6 a
“Tajuk”	0.1 ± 1.6 a	52.6 ± 15.3 a	52.8 ± 14.6 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama untuk masing-masing faktor menunjukkan berbeda nyata pada DMRT α 5%.

permasalahan kesehatan, baik bagi petani maupun konsumen. Pemanfaatan pestisida berbasis mikroorganisme dapat menjadi alternatif dalam pengendalian gangguan penyakit bawang merah.

Bacillus subtilis B1 dan *F. oxysporum* nonpatogen T14a menunjukkan kemampuan cukup baik dalam memperpanjang masa inkubasi penyakit (Tabel 1) dan menekan insidensi penyakit busuk pangkal pada tanaman bawang merah (Tabel 2). *B. subtilis* B1 menunjukkan efikasi hingga 81.5%, sedangkan *F. oxysporum* nonpatogen T14a 58.0%. Kemampuan yang ditunjukkannya dalam menekan insidensi penyakit tidak bergantung pada varietas atau bersifat tidak spesifik varietas.

Bacillus spp. telah diketahui berpotensi mengendalikan patogen tanaman secara langsung maupun tidak langsung (Cawoy 2014; Durairaj *et al.* 2018; Hashem *et al.* 2019). Isniah dan Widodo (2015) melaporkan *F. oxysporum* nonpatogen T14a dapat menekan insidensi penyakit busuk pangkal pada tanaman bawang merah. Mekanisme *F. oxysporum* nonpatogen dalam menekan patogen tanaman dapat terjadi secara langsung melalui mekanisme kompetisi ruang, antibiosis, dan mikoparasitisme serta secara tidak langsung dengan menginduksi ketahanan tanaman secara fisik (Benhamou *et al.* 2002) dan fisiologis (Ishimoto *et al.* 2004).

Luas daerah di bawah kurva perkembangan penyakit digunakan untuk mengevaluasi ketahanan tanaman terhadap serangan patogen. *B. subtilis* B1 dan *F. oxysporum* nonpatogen T14a terbukti meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen layu busuk pangkal. Lebih lanjut, hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa var. 'Tajuk' lebih rentan dibandingkan dengan var. 'Bima Brebes'.

Mekanisme *Bacillus* spp. dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman terjadi di antaranya melalui pelarutan P organik, fiksasi N₂, produksi siderofor, serta produksi dan atau stimulasi fitohormon (Lugtenberg *et al.* 2009; Kumar *et al.* 2011). Beberapa spesies *Fusarium* yang bersifat nonpatogen, seperti *F. equiseti*, selain dapat mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh *Fusarium* patogenik juga

dilaporkan dapat memacu pertumbuhan tanaman (Horinouchi *et al.* 2011).

Ketiga agens hayati yang diuji meningkatkan daya bertunas dan potensi bertunas maksimal dari umbi bawang merah (Tabel 3). Hasil uji juga menunjukkan ketiga agens hayati tersebut meningkatkan indeks luas daun dan laju pertumbuhan tanaman (Tabel 4) serta total klorofil dalam daun (Tabel 5). Luas daun merupakan parameter utama dalam pertumbuhan tanaman karena menjadi organ utama produsen fotosintat. Luas daun sangat memengaruhi penerimaan cahaya matahari dan penyerapan karbondioksida yang diperlukan dalam proses fotosintesis. Kapasitas daun dalam melakukan proses fotosintesis dipengaruhi oleh kandungan klorofil di dalamnya. Li *et al.* (2016) menyatakan bahwa kapasitas daun sebagai sumber proses fotosintesis berpengaruh secara langsung terhadap jumlah dan kualitas bagian tanaman yang di panen. Peningkatan indeks luas daun dan kandungan klorofil daun meningkatkan laju pertumbuhan tanaman dan secara langsung meningkatkan produktivitas per satuan luas. Konsisten dengan kemampuannya meningkatkan pertumbuhan tanaman, *B. subtilis* B1 meningkatkan produktivitas tertinggi, disusul berturut-turut *F. oxysporum* nonpatogen T14a dan *B. subtilis* B298 (Tabel 6).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *B. subtilis* B1 dan *F. oxysporum* nonpatogen T14a berpotensi digunakan sebagai agens hayati untuk mengendalikan penyakit busuk pangkal batang pada tanaman bawang merah. Selain memiliki tingkat efikasi yang cukup tinggi, kedua agens hayati tersebut juga memiliki kemampuan dalam meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnon DI. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24(1):1–15. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1>.
- Benhamou N, Garand C, Goulet A. 2002. Ability of nonpathogenic *Fusarium oxysporum* strain Fo47 to induce resistance against *Pythium ultimum* infection in

- cucumber. *J Appl Environ Microbiol*. 68(8):4044–4060. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.68.8.4044-4060.2002>.
- Bugbee BG. 1996. Growth analysis and yield components. Di dalam: Salisbury FB, editor. *Units, Symbols, and Terminology for Plant Physiology: A Reference for Presentation of Research Results in the Plant Sciences*. New York (US): Oxford University Press.
- Cawoy H, Debois D, Franzil L, De Pauw E, Thonart P, Ongena M. Lipopeptides as main ingredients for inhibition of fungal phytopathogens by *Bacillus subtilis/amyloliquefaciens*. *J Microb Biotechnol*. 8(2):28–295. DOI: <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12238>.
- Córcoles JJ, Domínguez A, Moreno MA, Ortega JF, de Juan JA. 2015. A non-destructive method for estimating onion leaf area. *IJAfr*. 54(1):17–30. DOI: <https://doi.org/10.1515/ijafr-2015-0002>.
- Durairaj K, Velmurugun P, Park JH, Chang WS, Park YJ, Senthilkumar P, Choi KM, Lee JH, Oh BT. 2018. An investigation of biocontrol activity *Pseudomonas* and *Bacillus* strains against *Panax* ginseng root rot fungal phytopathogens. *BioControl*. 125:138–146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.05.021>.
- Hashem A, Tabassum B, Abd_Allah EF. 2019. *Bacillus subtilis*: a plant growth promoting rhizobacterium that also impact biotic stress. *Saudi J Biol Sci*. 26(6):1291–1297. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.05.004>.
- Hidayat F, Khamidi T, Wiyono S. 2010. Pengetahuan sikap dan tindakan petani di Kabupaten Tegal dalam penggunaan pestisida dan kaitannya dengan tingkat keracunan pestisida. *Bumi Lestari J Environ*. 10:1–12. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/blje/article/view/99>.
- Horinouchi H, Watanabe H, Taguchi Y, Muslim A, Hyakumachi M. 2011. Biological control of *Fusarium* wilt of tomato with *Fusarium equiseti* GF191 in both rockwool and soil systems. *BioControl*. 56(6):915–923. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10526-011-9369-3>.
- Ishimoto H, Fukushi Y, Tahara S. 2004. Non-pathogenic *Fusarium* strains protect the seedlings of *Lepidium sativum* from *Pythium ultimum*. *J Soil Biol Biochem*. 36(3):409–414. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2003.10.016>.
- Isniah US, Widodo. 2015. Eksplorasi *Fusarium* nonpatogen untuk pengendalian penyakit busuk pangkal pada bawang merah. *J Fitopatol Indones*. 11(1):14–22. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.11.1.14>.
- Jagtap JD, Suryawanshi NS. 2015. Potential of biocontrol agents against basal rot of onion caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*. *Int J Life Sci. Special Issue (A5)*:65–69.
- Kumar A, Prakash A, Johri BN. 2011. *Bacillus* as PGPR in crop ecosystem. Di dalam: DK Maheshwari, editor. *Bacteria in Agrobiolgy: Crop Ecosystems*. Heidelberg (DE): Springer. hlm 37–59.
- Latifah A, Kustantinah, Soesanto L. 2011. Pemanfaatan beberapa isolate *Trichoderma harzianum* sebagai agensia pengendali hayati penyakit layu fusarium pada bawang merah *in planta*. *J Eugenia*. 17(2):86–94. DOI: <https://doi.org/10.35791/eug.17.2.2011.4105>.
- Li W, Xiong B, Wang S, Deng X, Yin L, Li H. 2016. Regulation effects of water and nitrogen on the source-sink relationship in potato during the tuber bulking stage. *PLoS ONE*. 11(1):1–18. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146877>.
- Lugtenberg B, Kamilova F. 2009. Plant growth promoting rhizobacteria. *Ann Rev Microbiol*. 63:541–556. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.micro.62.081307.162918>.
- Malathi S. 2015. Biological control of onion basal rot caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *cepae*. *Asian J Biol Sci*. 10(1):21–26. DOI: <https://doi.org/10.15740/HAS/AJBS/10.1/21-26>.
- Panjaitan FJ. 2019. Seleksi komposisi medium pertumbuhan dan bahan pembawa

- untuk formulasi cendawan agens hayati *Fusarium oxysporum* non-patogenik P21a. J Fitopatol Indones. 15(2):44–52. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.15.2.44-52>.
- Santoso SE, Soesanto L, Haryanto TAD. 2007. Penekanan hayati penyakit moler pada bawang merah dengan *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii*, dan *Pseudomonas fluorescens* P60. JHPT Trop. 7(1):53–61. DOI: <https://doi.org/10.23960/j.hptt.17%25p>.
- Shaner G, Finney RE. 1977. The effect of nitrogen fertilization on the expression of slow-mildewing resistance in Knox wheat. Phytopathology. 67:1051–1056. DOI: <https://doi.org/10.1094/Phyto-67-1051>.
- Zhao ZM, Xi JT, Xu JF, Ma LT, Zhao J. 2019. Enhancement of *Bacillus subtilis* growth and sporulation by two-stage solid-state fermentation strategy. Processes. 7(10):644. DOI: <https://doi.org/10.3390/pr7100644>.