

**PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI CABAI MERAH KERITING PADA  
PENGAPLIKASIAN PGPR MELALUI PENERAPAN CITRA TERMAL  
UNTUK MENDETEKSI PENYAKIT LAYU FUSARIUM**

***GROWTH AND PRODUCTION OF CURLY RED CHILI PEPPERS IN PGPR  
APPLICATION THROUGH THE APPLICATION OF THERMAL IMAGES IN  
THE DETECTION OF FUSARIUM WILT DISEASE***

**Dina Amaliatul Arifah<sup>1</sup>, Budiman<sup>2</sup>, Risnawati<sup>3\*</sup>**

<sup>1</sup> Program Studi Agroteknologi, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma (Gunadarma University). [amaliatuldina@gmail.com](mailto:amaliatuldina@gmail.com)

<sup>2</sup> Program Studi Agroteknologi, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma (Gunadarma University). [budimanpatiwiri@gmail.com](mailto:budimanpatiwiri@gmail.com)

<sup>3</sup> Program Studi Agroteknologi, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma (Gunadarma University). [risna6068@gmail.com](mailto:risna6068@gmail.com)

\*) Penulis korespondensi

Diterima 03 Juli 2024; Disetujui 30 Desember 2024

**ABSTRAK**

Tanaman cabai merah (*Capsicum annum* L.) merupakan komoditas hortikultura yang banyak dibudidayakan karena memiliki nilai ekonomis tinggi. Teknologi pertanian 4.0 mulai digunakan untuk pengembangan metode deteksi dini penyakit tanaman, salah satunya penyakit layu fusarium yang bisa di deteksi menggunakan kamera termal. Pengendalian penyakit layu Fusarium dalam penelitian ini menggunakan formulasi PGPR. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan PGPR dalam menekan penyakit layu fusarium terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman cabai merah keriting serta mengetahui potensi kamera termal dalam mendeteksi penyakit layu fusarium. Penelitian ini menggunakan Rancangan Kelompok Lengkap Teracak faktor tunggal, yaitu pemberian PGPR dengan taraf yaitu P0 (dosis 0 ml), P1 (dosis 100 ml) dan P2 (dosis 200 ml). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian PGPR tidak berpengaruh nyata terhadap komponen pertumbuhan yaitu tinggi tanaman dan jumlah daun, serta komponen produksi yaitu umur berbunga, jumlah buah, umur panen dan bobot buah. Namun, PGPR dapat mengurangi insidensi penyakit (P1, 40.74%) dan menekan keparahan penyakit (P2, 37.03%). Perlakuan yang mengalami penurunan jumlah daun tertinggi akibat penyakit layu fusarium adalah P0 dengan rata-rata akhir jumlah daun 390 helai. Kamera termal dapat mendeteksi suhu tanaman dan objek yang dideteksi dengan jelas sehingga dapat diketahui perbedaan suhu antar perlakuan yang menunjukkan tingkat infeksi penyakit pada tanaman. **Kata kunci:** Rhizobakteri, Teknologi Pertanian 4.0, penyakit tular tanah, termografi.

**ABSTRACT**

*Red chili pepper plants (Capsicum annum L.) are horticultural commodities that are widely cultivated because they have high economic value. Agricultural technology 4.0 is starting to be used for the development of early detection methods of plant diseases, one of which is Fusarium wilt disease which can be detected using a thermal camera. Fusarium wilt disease control in this study uses PGPR formulations. This study aims to determine the effectiveness of PGPR in suppressing fusarium wilt disease on the growth and production of curly red chili plants and to determine the potential of thermal cameras*

in detecting fusarium wilt disease. This study used a single factor Randomized Complete Group Design, namely the provision of PGPR with levels namely P0 (0 ml dose), P1 (100 ml dose) and P2 (200 ml dose). The results showed that the application of PGPR had no significant effect on growth components, namely plant height and number of leaves, as well as production components, namely flowering age, number of fruits, harvest age and fruit weight. However, PGPR can reduce disease incidence (P1, 40.74%) and suppress disease severity (P2, 37.03%). The treatment that experienced the highest reduction in leaf number due to fusarium wilt disease was P0 with a final average leaf number of 390. The thermal camera can detect the temperature of the plant and the object being detected clearly so that the temperature difference between treatments can be known which shows the level of disease infection in plants.

**Keywords:** Rhizobakteri, Agricultural Technology 4.0, soil borne diseases, thermography.

## PENDAHULUAN

Tanaman cabai merah besar (*Capsicum annuum* L.) dibudidayakan secara komersial karena memiliki nilai ekonomis tinggi serta banyak digunakan baik skala rumah tangga maupun keperluan industri makanan (Nurlenawati *et al.*, 2010). Produksi cabai merah besar di Indonesia dalam tiga tahun terakhir (2019-2021) tercatat mengalami peningkatan jumlah produksi. Pada tahun 2019 produksi cabai merah besar mencapai 1,21 juta ton. Tahun 2020 meningkat menjadi 1,26 juta ton dan tahun 2021 terus meningkat menjadi 1,36 juta ton. Hal ini menunjukkan bahwa produksi cabai merah besar tahun 2021 naik sebesar 96,38 ribu ton atau 7.62% dari tahun 2020 (BPS, 2021).

Pengembangan komoditas cabai merah besar dalam lingkup nasional memiliki beberapa sasaran, yaitu tersedianya cabai merah besar secara

merata sepanjang tahun, harga cabai merah besar stabil dipasaran dan ekspor cabai merah besar meningkat (Swastika *et al.*, 2017). Upaya yang dapat dilakukan untuk mencapai sasaran tersebut yaitu dengan meningkatkan produksi cabai dan menjaga kestabilannya agar kebutuhan masyarakat akan cabai terpenuhi.

Penyakit layu Fusarium merupakan salah satu penyakit penting yang menyerang tanaman cabai merah yang disebabkan oleh cendawan *Fusarium oxysporum* (Sangdee *et al.*, 2011). Penyakit layu Fusarium dapat menurunkan produksi tanaman cabai hingga 50% bahkan dapat menyebabkan gagal panen (Rostini, 2011). Tanaman yang terserang penyakit akan menimbulkan gejala yang umumnya dapat dideteksi oleh mata manusia, namun mata manusia seringkali tidak dapat mendeteksi perubahan kecil yang terjadi pada tanaman

(Anasta *et al.*, 2021). Oleh karena itu, perlu cara yang efektif untuk membantu petani cabai dalam mendeteksi penyakit tanaman sehingga dapat dilakukan penanganan yang tepat. Sejalan dengan hal tersebut di era digital abad 20, revolusi industri 4.0 juga memberikan dampak pada pertanian seperti pemanfaatan teknologi *artificial intelligence*, robot, *internet of things*, dan *big data analysis* (Kilmanun & Astuti, 2020). Teknologi pertanian 4.0 juga mulai digunakan untuk pengembangan metode deteksi penyakit tanaman, misalnya kamera termal yang didasarkan pada pengukuran suhu tanaman (Dumaria, 2022).

Pengendalian penyakit layu *Fusarium* yang dilakukan oleh petani umumnya masih menggunakan fungisida kimiawi sintetik. Petani menganggap cara tersebut paling mudah dan efektif (Wasilah *et al.*, 2005). Penyakit layu *Fusarium* cukup sulit dikendalikan karena pertumbuhannya yang endofit dan dapat bertahan hidup didalam tanah dalam jangka waktu yang lama yaitu sekitar 10-15 tahun (Abo-Elyours & Mohammad, 2009). Selain tidak efektif, penggunaan fungisida kimia sintetik dalam jangka waktu yang lama akan menyebabkan pencemaran lingkungan, harganya mahal,

matinya organisme non target, resistensi patogen dan membahayakan makhluk hidup (Afriani *et al.*, 2019; Annura *et al.*, 2021). Oleh karena itu, perlu dikembangkan cara pengendalian yang lebih efektif dan ramah lingkungan.

Salah satu alternatif pengendalian yang efektif, efisien serta ramah lingkungan yaitu pengendalian biologi dengan menggunakan rizobakteri yang terdapat pada rizosfer tanaman. Rhizobakteri merupakan mikroba tanah yang berada di sekitar atau permukaan akar tanaman yang terlibat dalam membantu pertumbuhan serta perkembangan tanaman melalui produksi dan sekresi berbagai senyawa kimia di sekitar rizosfer. Rizobakteri selain berperan sebagai agens biokontrol untuk menghambat serta mengendalikan pertumbuhan penyakit juga mampu sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) untuk meningkatkan produksi tanaman (Annura *et al.*, 2021).

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi PGPR dengan beberapa dosis dan deteksi dini gejala penyakit layu *Fusarium* menggunakan kamera termal pada tanaman cabai merah keriting.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai September 2023 di *Smart Greenhouse Capsicum UG Technopark* UG-Technopark Desa Jamali-Mulyasari, Kecamatan Mande, Kabupaten Cianjur, Jawa Barat.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah jarum ose, *laminar air flow*, *autoclave*, *hand sprayer*, labu *Erlenmeyer*, spatula, cangkul, bunsen, sekop, tabung reaksi, timbangan analitik, labu *erlenmeyer*, mikropipet, mikroskop, object glass, *tray* semai, Seek Thermal Camera CompactXR, sekop, *polybag* 35x35 cm, ajir, meteran, label, alat tulis, kapas, plastik *wrap*, *finger counter*, *tissue*, gunting, tali rafia, kapas, plastic, pH meter, *thermohygrometer*, *Object glass*, gembor, sistem irigasi tetes dan ember. Bahan yang digunakan adalah isolate *Fusarium oxysporum*, klorox 1%, alkohol 70%, akuades, tanah, pupuk kompos, media tanam, spirtus, PGPR Rhizomax dan benih cabai merah keriting TM 999.

Alat yang digunakan untuk perekaman citra tanaman adalah Seek Thermal Camera CompactXR yang dapat dihubungkan dengan *smartphone* atau tablet. Alat ini dilengkapi dengan pengukuran suhu menggunakan susunan sensor termal, kisaran °F dari 40 hingga

626 °F (-40 °C hingga 330 °C).

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Kelompok Lengkap Teracak (RKLT) dengan faktor tunggal yaitu aplikasi PGPR yang terdiri dari 3 taraf perlakuan yaitu dosis PGPR 0 ml (P0), 100 ml (P1) dan 200 ml (P2) yang diulang sebanyak 9 kali sehingga total satuan percobaan adalah 27 dan setiap ulangan terdiri dari 3 unit tanaman, sehingga total unit tanaman uji 81 tanaman.

Pemberian PGPR dimulai sejak perendaman benih, bibit umur 14 hss, tanaman umur 15 hst dan 30 hst. Pemberian PGPR dimulai sejak perendaman benih, bibit umur 14 hss, tanaman umur 15 hst dan 30 hst (sesuai anjuran kemasan).

Inokulum *F. oxysporum* diambil dari tanaman cabai yang mengalami gejala layu *Fusarium* di lapang. Menurut Swastika *et al.* (2017), gejala penyakit layu *fusarium* ditandai dengan layu, mulai dari daun bagian bawah dan anak tulang menguning, jaringan batang dan akar berwarna coklat. Tanaman cabai bergejala layu *fusarium* diisolasi menggunakan metode Nurzannah *et al.* (2014) yaitu bagian tanaman yang terinfeksi seperti akar dan batang yang terserang diambil dan dibersihkan dari tanah, lalu dipotong-

potong sebesar 0,5 cm. Setelah itu disterilkan dengan klorox 1% selama lebih kurang 3 menit dan dibilas 2-3 kali dengan air steril. Selanjutnya potongan tersebut ditanam dalam media PSA dan diinkubasi pada suhu kamar selama 1 minggu. Setelah 1 minggu, sampel diidentifikasi secara mikroskopik dengan mengamati warna koloni, bentuk, ukuran makrokonidia dan mikrokonidia.

Pembuatan larutan cendawan *F.oxysporum* menggunakan metode sederhana yaitu pemanenan spora. Cendawan yang sudah tumbuh selama 7 hari di tambahkan 10 ml akuades lalu dikerok secara tipis menggunakan jarum ose hingga. Campuran akuades dan spora dimasukan kedalam 90 ml akuades. Larutan cendawan *F.oxysporum* sebanyak 20 ml disiram pada masing-masing

*polybag* pada 4 sisi sekitar akar yang telah dilubangi (Sutarini *et al.*, 2015). Infeksi tanaman cabai merah dilakukan pada saat tanaman berumur 9 mst.

Alat yang digunakan untuk perekaman suhu tanaman adalah kamera Seek Thermal yang dihubungkan dengan ponsel. Perekaman citra tanaman cabai menggunakan metode Dumaria (2022) yang telah dimodifikasi yaitu perekaman citra termal dilakukan 1 hari sebelum inokulasi dan 11 hari setelah inokulasi cendawan sampai muncul gejala (visual) infeksi cendawan. Perekaman citra termal dilakukan mulai pukul 06.00 WIB, dengan mengarahkan kamera termal pada objek yang diamati (daun tanaman), kemudian dilakukan pencatatan suhu. Variabel yang diamati dalam penelitian ini terdapat di Tabel 1.

Tabel 1. Variabel yang diamati

Variabel	Keterangan
<b>Komponen Pertumbuhan</b>	
Tinggi Tanaman (cm)	diukur menggunakan meteran mulai dari pangkal batang bagian bawah sampai titik tumbuh tertinggi. Tinggi tanaman cabai var TM 999 adalah 90-120 cm.
Jumlah Daun (helai)	Daun yang dihitung adalah daun yang telah membuka sempurna.
<b>Komponen Produksi</b>	
Umur berbunga (hst)	dicatat hari keberapa tanaman mulai berbunga secara sempurna (75% dari jumlah populasi penelitian sudah mengeluarkan bunga) (Hariyadi, 2021). Umur berbunga var TM 999 adalah $\pm$ 45 hari.
Jumlah pertanaman (buah)	dihitung buah cabai pertanaman. Buah yang tidak dihitung adalah buah yang jatuh atau buah yang rontok sendiri (Cahyani, 2021).

Umur panen (hst)	dicatat dan dihitung mulai dari awal penanaman sampai >50% dari populasi tanaman sudah menunjukkan buah siap panen sesuai dengan kriteria panen (Safitri, 2020). Umur panen var TM 999 adalah ± 100 hari.
Bobot buah pertanaman (g)	dilakukan dengan menimbang berat buah pertanaman dengan menggunakan timbangan analitik. Pengamatan ini dilakukan setelah pemanenan (Safitri, 2020). Berat buah var TM 999 per tanaman adalah 1,3 kg.

**Komponen Penyakit**

Gejala penyakit layu fusarium dilakukan pengamatan berdasarkan ciri-ciri gejala keterjangkitan penyakit layu fusarium menurut Soesanto (2019) yaitu layu, klorosis, nekrosis, gugur daun, pencoklatan sistem pembuluh, kerdil (*stunting*) dan rebah semai.

Insidensi penyakit (%) dilakukan dengan menghitung jumlah tanaman yang terinfeksi dari semua tanaman yang diamati. Perhitungan insidensi penyakit menggunakan rumus berikut:

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

Keterangan:

IP = Insidensi penyakit

N = Jumlah tanaman terinfeksi

N = Jumlah tanaman yang diamati (Pedai *et al*, 2015).

Keparahan penyakit (%) dilakukan dengan mengamati gejala layu pada daun meliputi layu sementara (jika malam/pagi hari daun segar tetapi siang hari daun layu), kemudian layu permanen (jika malam/pagi hari dan siang hari daun tetap layu (Heriyanto, 2019), dinyatakan dalam persen dengan rumus:

$$Keparahan\ penyakit\ (KP) = \frac{\sum(n_x v)}{(N \times Z)} \times 100\%$$

Keterangan:

n = jumlah tanaman setiap kategori serangan

v = nilai skala setiap kategori serangan

N = jumlah tanaman yang diamati

Z = sekala untuk kategori serangan tertinggi (Khaeruni *et al.*, 2013).

Nilai Skala	Keadaan Tanaman
0	Tanaman sehat tidak menampilkan gejala layu maupun daun menguning
1	Daun mengalami gejala layu atau menguning <20% dari tajuk tanaman
2	Daun mengalami gejala layu atau menguning 20-40% dari tajuk tanaman
3	Daun mengalami gejala layu atau menguning >40% dari tajuk tanaman
4	Seluruh daun mengalami gejala layu/menguning atau tanaman mati

---

#### Perekaman suhu tanaman

---

Suhu tanaman diukur dengan menggunakan kamera sensor termal selama 14 hari dimulai saat 1 hari sebelum inokulasi. Pengukuran dilakukan pada pagi hari pukul 06.00 WIB (Dumaria, 2022).

---

Data hasil pengamatan pertumbuhan dan produksi yang diperoleh terlebih dahulu dilakukan uji normalitas dan homogenitas ragam dengan program *software* Minitab 14, kemudian dilakukan *Analysis of Variance* (ANOVA) taraf  $\alpha = 5\%$  menggunakan aplikasi SAS 9.4. Jika hasil analisis menunjukkan perlakuan berpengaruh nyata ( $F$  hitung  $>$   $F$  tabel) maka dilakukan uji lanjut *Tukey* atau BNJ (Beda Nyata Jujur) taraf  $\alpha = 5\%$ . Uji BNJ digunakan karena perlakuan yang digunakan  $<$  5 perlakuan. Sedangkan data hasil perekaman suhu tanaman cabai merah keriting diolah menggunakan *Microsoft Excel* 2016. Perbedaan nilai rata-rata suhu sebelum dan sesudah inokulasi diperlakukan dianalisis menggunakan uji statistik *Paired t test* menggunakan program Minitab 14. Uji *Paired t test* digunakan karena membandingkan rata-rata antar dua sampel yang berpasangan.

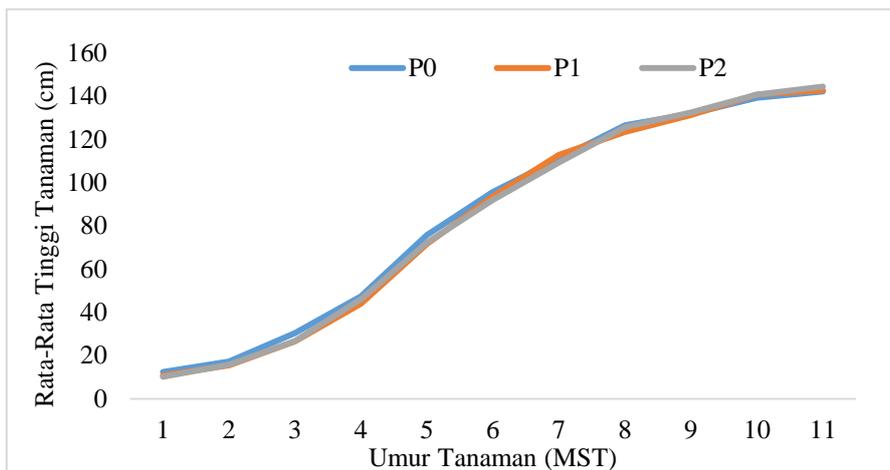
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Komponen Pertumbuhan

Hasil analisis data menunjukkan bahwa pemberian PGPR tidak berbeda

nyata terhadap komponen pertumbuhan yaitu tinggi tanaman dan jumlah daun. Pada perlakuan P0 (dosis 0 ml) rata-rata akhir tinggi tanaman mencapai 142.1 cm, P1 (dosis 100 ml) mencapai tinggi 142.6 cm dan P2 (dosis 200 ml) mencapai 144.4 cm. Meskipun hasil analisis data tidak berbeda nyata, fakta dilapangan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tinggi tanaman dimana perlakuan P2 memiliki rata-rata tertinggi. Hal ini menandakan bahwa PGPR memberikan pengaruh positif pada tanaman cabai merah keriting. Hasil uji BNJ pada taraf  $\alpha = 5\%$  dapat dilihat pada gambar 1.

Secara visual tanaman cabai pada perlakuan P1 dan P2 dapat tumbuh dengan baik dan terus mengalami peningkatan, namun pengaruh perbedaan dosis PGPR memang tidak begitu nampak (Gambar 2). Hal ini di duga pada umur 1 MST bakteri PGPR masih beradaptasi dengan lingkungannya. Menurut Hipi *et al.*, (2016), pengaruh PGPR pada tanaman cenderung lambat karena bakteri PGPR masih beradaptasi dengan lingkungan rizosfer, melindungi tanaman dari patogen dan bersaing dengan bakteri *in situ*.



Gambar 1. Rata-Rata Tinggi Tanaman Cabai



Gambar 2. Pertumbuhan tanaman cabai merah keriting pada perlakuan P0, P1 dan P2.

Pemberian PGPR juga tidak memberikan pengaruh yang nyata pada jumlah daun tanaman cabai. Hasil analisis data menunjukkan bahwa pemberian PGPR tidak berbeda nyata terhadap jumlah daun tanaman cabai merah keriting, dimana pada perlakuan P0 (dosis 0 ml) rata-rata akhir jumlah daun mencapai 390 helai, P1 (dosis 100 ml) 467 helai dan P2 (dosis 200 ml) 408 helai. Meskipun hasil analisis data tidak berbeda nyata, akan tetapi fakta dilapangan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan jumlah daun dimana perlakuan P1 memiliki rata-rata akhir tertinggi.

akhir jumlah daun 59 helai lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan P2. Hasil uji BNJ pada taraf  $\alpha = 5\%$  dapat dilihat pada gambar 3.

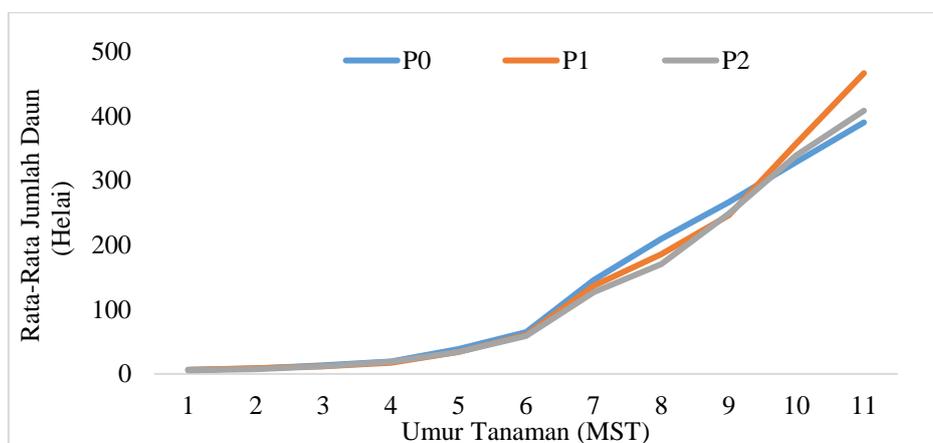
Menurut Purwanto *et al* (2013), infeksi *F. oxysporum* mengakibatkan daun cepat rontok karena cendawan tersebut menghasilkan racun yang dapat merusak jaringan daun tumbuhan dan mendorong rontoknya daun. Selain itu, infeksi *F. oxysporum* menyebabkan tanaman kekurangan air sehingga berdampak langsung terhadap kondisi fisik tanaman seperti daun layu menguning dan rontok.

Kerontokan daun juga menunjukkan tanaman sedang mengalami stress akibat kekeringan (Siaga *et al.*, 2017).

Pada penelitian ini, gejala penyakit layu fusarium yang muncul berupa daun bagian paling bawah tanaman menguning diikuti dengan kerontokan daun sehingga berdampak pada jumlah daun tanaman cabai (Gambar 4).

Hal ini terlihat pada perlakuan P0 yang memiliki jumlah daun 77 helai lebih sedikit dibandingkan dengan perlakuan P1 dan 18 helai dibandingkan dengan perlakuan P2 yang menandakan bahwa pada perlakuan P0 banyak tanaman cabai

yang terinfeksi penyakit layu fusarium. Hal ini menunjukkan bahwa PGPR memberikan pengaruh dalam menghambat penyebaran cendawan *F. oxysporum* dan proses pengguguran daun meskipun tidak signifikan. Menurut Kloepper (1993), PGPR menghasilkan berbagai senyawa anti patogen seperti siderofor, B-1,3-glukanase, kitinase, antibiotik, dan sianida. Bakteri PGPR memiliki peran dalam melindungi tanaman dari serangan patogen melalui mekanisme antibiosis, parasitisme, atau melalui peningkatan respon ketahanan tanaman (Whipps, 2001).



Gambar 3. Rata-Rata Jumlah Daun



Gambar 4. Gejala penyakit layu fusarium berupa daun paling bawah menguning

## Komponen Produksi

Hasil analisis data menunjukkan bahwa pemberian PGPR tidak berbeda nyata terhadap komponen produksi yaitu umur berbunga, jumlah buah, umur panen dan bobot buah. Rata-rata umur tanaman cabai berbunga pada perlakuan P0, P1 dan P2 berturut-turut yaitu 52.00, 51.96 dan 50.22 hari. Rata-rata jumlah buah cabai mulai dari 7 MST sampai 11 MST pada perlakuan P0, P1 dan P2 berturut-turut yaitu 47.18, 48.62 dan 41.55 buah. Umur panen tanaman cabai pada perlakuan P0, P1 dan P2 yaitu 89.31, 89.22 dan 87.59 hari. Bobot buah cabai pada perlakuan P0, P1 dan P2 yaitu 37.36, 36.85 dan 30.11 gram (Tabel 2).

Kondisi lingkungan mikro *greenhouse* pada penelitian ini dapat menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi PGPR, pada siang hari suhu *greenhouse* dapat mencapai 41.3°C sehingga kinerja bakteri PGPR tidak optimal. Menurut Paul & Clark (1996), pertumbuhan dan aktivitas mikroba dalam tanah dipengaruhi oleh suhu dan kadar air. Suhu optimum untuk pertumbuhan bakteri adalah 37°C (Pavel *et al.*, 2012). Selain itu, pada masa produksi dilokasi penelitian merupakan puncak musim kemarau. Menurut prakiraan BMKG, awal musim kemarau pada tahun 2023 di Cianjur

bagian selatan terjadi pada bulan Mei dasaharian III dan puncak musim kemarau pada bulan Agustus. Musim kemarau membuat suhu udara menjadi naik karena pemanasan matahari langsung karena kurang tutupan awan.

Pada fase vegetatif, berdasarkan fakta dilapangan PGPR memberikan pengaruh yang baik terhadap pertumbuhan tanaman yaitu tinggi tanaman (Gambar 1) dan jumlah daun (Gambar 3), akan tetapi pada komponen produksi PGPR belum terlihat pengaruhnya. Data jumlah diatas merupakan data panen kedua, bila dilihat dari waktu inokulasi penyakit layu fusarium yaitu pada 69 hst dimana tanaman cabai sudah berbunga dan berbuah, pengaruh PGPR terhadap jumlah buah belum terlihat secara signifikan, untuk itu perlu adanya pengamatan lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh PGPR terhadap jumlah buah mengingat tanaman cabai memiliki masa hidup yang panjang. Menurut Tjahjadi (1991), umumnya tanaman cabai dapat hidup hingga 6-7 bulan dengan 12-20 kali panen.

Hasil analisis data menunjukkan bahwa pemberian PGPR tidak berbeda nyata terhadap insidensi penyakit layu fusarium tanaman cabai merah keriting, dimana insidensi penyakit pada perlakuan

P0, P1 dan P2 berturut-turut adalah 51.85%, 40.74% dan 44.44% (Tabel 3). Meskipun tidak berbeda nyata secara statistik, aplikasi PGPR berpengaruh terhadap insidensi penyakit layu fusarium dimana pada perlakuan P1 aplikasi PGPR dapat menekan insidensi penyakit layu fusarium 11.11% lebih rendah dibandingkan dengan P0 dan pada perlakuan P2 lebih rendah 7.41% dibandingkan dengan P0. Hasil analisis data juga menunjukkan bahwa pemberian PGPR tidak berbeda nyata terhadap keparahan penyakit layu fusarium tanaman cabai merah keriting, dimana keparahan penyakit pada perlakuan P0, P1 dan P2 berturut-turut adalah 46.29%, 38.88% dan 37.03% (Tabel 3). Perlakuan P0 memiliki keparahan penyakit 7.41% lebih tinggi dibandingkan dengan P1 dan 9.26% dibandingkan dengan P2, perlakuan P1 memiliki keparahan penyakit 1.85% lebih tinggi dibandingkan dengan P2.

Berdasarkan data keparahan penyakit, efektivitas PGPR pada perlakuan P1 dan P2 tergolong sedang karena berada pada range 21-40%. Menurut Yulianto (2014), keparahan penyakit menjadi dasar kriteria efektivitas pengendalian penyakit layu fusarium, yaitu: keparahan penyakit 0 % =

efektivitas sangat tinggi, 1-20 % = efektivitas tinggi, 21-40 % = efektivitas sedang, 41-60 % = efektivitas rendah, dan >60 % = efektivitas sangat rendah. Akan tetapi baik secara analisis data ataupun fakta dilapangan, PGPR belum memberikan pengaruh terhadap komponen produksi seperti umur berbunga, jumlah buah dan umur panen, bobot buah.

PGPR yang digunakan dalam penelitian ini mengandung tiga jenis bakteri yaitu *Bacillus* sp., *P. fluorescens* dan *Rhizobium* sp. dimana bakteri golongan *Bacillus* memiliki potensi dalam mengendalikan bakteri patogen. Mekanisme antagonis bakteri *bacillus* sp. yaitu antibiosis, kompetisi dan pemacu pertumbuhan. Mekanisme antibiosis *Bacillus* sp. menghasilkan senyawa kimia seperti streptavidin, basitrasin, surfaktin, fengisin, iturin A, polimiksin, difisidin, substilin, substilon dan mikobasilin. Mekanisme kompetisi yaitu persaingan ruang hidup dan unsur hara yang berasal dari eksudat akar atau bahan organik di dalam tanah (Soesanto, 2008). Bakteri *P. fluorescens* dapat meningkatkan senyawa fenolik seperti tanin, saponin, dan glikosid pada jaringan tanaman, sehingga dapat menurunkan intensitas layu Fusarium, menekan laju infeksi kepadatan akhir

patogen serta dan laju penyebarannya (Soesanto *et al.*, 2010).

### Perekaman Suhu Tanaman

Pada penelitian ini Kamera termal yang digunakan pada penelitian ini dapat mendeteksi suhu dengan jelas, dimana terdapat indikator suhu pada kamera termal yang menunjukkan ukuran suhu tepat pada bagian tengah objek yang diukur yaitu daun (Gambar 5). Menurut Anasta *et al* (2021), kamera termal

mendeteksi suhu dengan mengenali dan merekam berbagai tingkat cahaya inframerah dari objek. Pada penelitian Dumaria (2022), juga menunjukkan bahwa kamera termal dapat mendeteksi suhu tanaman cabai sehingga dapat diketahui perbedaan antara suhu tanaman sehat dengan tanaman yang terinfeksi virus dimana pada hari ke 3 setelah inokulasi tanaman yang di inokulasi PYLCV (Paper yellow leaf curl virus) mengalami kenaikan suhu mencapai 28.62 oC.

Tabel 2. Pengaruh PGPR terhadap Komponen Produksi

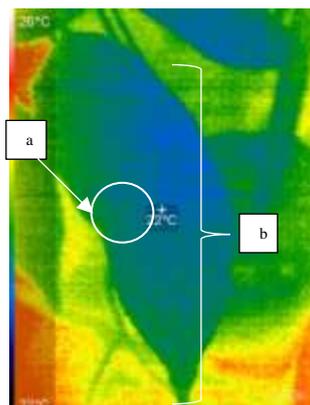
Perlakuan	Parameter Komponen Produksi			
	Umur berbunga	Jumlah Buah	Umur Panen	Bobot Buah
P0	52.00 <sup>a</sup>	47.18 <sup>a</sup>	89.31 <sup>a</sup>	37.36 <sup>a</sup>
P1	51.96 <sup>a</sup>	48.62 <sup>a</sup>	89.22 <sup>a</sup>	36.85 <sup>a</sup>
P2	50.22 <sup>a</sup>	41.55 <sup>a</sup>	87.59 <sup>a</sup>	30.11 <sup>a</sup>

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNJ taraf  $\alpha = 5\%$ .

Tabel 3. Pengaruh PGPR terhadap komponen penyakit

Perlakuan	Parameter Komponen Penyakit		
	Masa Inkubasi	Insidensi Penyakit	Keparahan Penyakit
P0	6.44 <sup>a</sup>	51.85 <sup>a</sup>	46.29 <sup>a</sup>
P1	6.56 <sup>a</sup>	40.74 <sup>a</sup>	38.88 <sup>a</sup>
P2	6.44 <sup>a</sup>	44.44 <sup>a</sup>	37.03 <sup>a</sup>

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNJ taraf  $\alpha = 5\%$ .



Gambar 5. Hasil perekaman suhu pada bagian daun tanaman; a: indikator suhu, b: objek yang diukur

Tabel 4. Suhu Tanaman Cabai Sebelum dan Sesudah Infeksi

Waktu Infeksi	Suhu Tanaman Perpelakuan (°C)		
	P0	P1	P2
Pra Infeksi (1 hari sebelum infeksi)	22.36 <sup>a</sup>	22.22 <sup>a</sup>	22.34 <sup>a</sup>
Pasca Inokulasi (11 Hari setelah infeksi)	25.34 <sup>b</sup>	25.02 <sup>b</sup>	25.00 <sup>b</sup>

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata pada uji *paired t test* taraf  $\alpha = 5\%$ .

Suhu tanaman cabai diamati mulai dari 1 hari sebelum inokulasi sampai 11 hari setelah inokulasi. Rata-rata suhu tanaman pada 1 hsi perlakuan P0, P1 dan P2 berturut-turut yaitu 22.36 °C, 22.22 °C dan 22.34 °C (Tabel 4). Rata-rata suhu tanaman P0, P1 dan P2 pada 11 his berturut-turut adalah 25.34 °C, 25.02 °C dan 25.00 °C. Rata-rata suhu tanaman pada perlakuan P2 lebih rendah 0.2 °C dibandingkan dengan perlakuan P1 dan 0,34 °C dibandingkan dengan perlakuan P0. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan P1 dan P2 tingkat infeksi lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan P0. Data insidensi penyakit dan keparahan penyakit

juga menunjukkan bahwa pada perlakuan P1 dan P2 lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan P0 (Tabel 3).

Berdasarkan hasil analisis *t-test*  $\alpha = 5\%$  rata-rata suhu sebelum dan sesudah inokulasi menunjukkan berbeda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat kenaikan suhu yang signifikan antara tanaman sebelum dan sesudah di inokulasi. Kenaikan suhu pada tanaman yang terinfeksi penyakit dikarenakan laju respirasi tanaman meningkat. Gejala penyakit yang disebabkan oleh patogen dapat mengganggu proses fotosintesis, respirasi, pemindahan nutrisi, transpirasi, dan aspek pertumbuhan dan

perkembangan lainnya (Sopialena & Palupi, 2017). Laju respirasi tanaman meningkat setelah infeksi jamur, bakteri, dan virus. Tingkat katabolisme glukosa yang tinggi menyebabkan peningkatan suhu. Respon pertama tanaman terhadap infeksi adalah ledakan oksidatif, yang diwujudkan dengan peningkatan pesat konsumsi oksigen dan pelepasan spesies oksigen reaktif, seperti hidrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) dan anion superoksida (O<sub>2</sub><sup>-</sup>). Ledakan oksidatif berimplikasi pada berbagai resistensi penyakit dan mekanisme perbaikan luka. Pada tanaman yang tahan penyakit, peningkatan respirasi dan katabolisme glukosa digunakan untuk menghasilkan metabolit untuk pertahanan melalui jalur pentosa fosfat (Sopialena & Palupi, 2017).

## KESIMPULAN

Pemberian PGPR tidak berbeda nyata terhadap komponen pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman dan jumlah daun) dan komponen produksi (umur berbunga, jumlah buah, umur panen dan bobot buah). Dosis PGPR pada perlakuan P1 dan P2 tidak berbeda nyata, namun efektivitas PGPR pada perlakuan P1 dan P2 terhadap keparahan penyakit layu fusarium pada tanaman cabai merah keriting tergolong sedang karena berada pada range 21-40%.

Kamera termal dapat mendeteksi suhu tanaman dan objek yang diukur dengan jelas sehingga dapat diketahui perbedaan suhu antar perlakuan yang menunjukkan tingkat infeksi penyakit pada tanaman.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abo-Elyours, KAM., Mohamed HM. 2009. Note Biological Control of Fusarium Wilt in Tomato by Plant Growth Promoting Yeasts and Rhizobacteria. *The Plant Pathology Journal* 25, 199-204.
- Afriani, A., Heviyanti, M., Harahap, FS. 2019. Efektivitas *gliocladium virens* Untuk Mengendalikan Penyakit *Fusarium oxysporum* F. sp. *capsici* Pada Tanaman Cabai. *Jurnal Pertanian Tropik* 6, 403-411.
- Anasta, N., Setyawan, FXA., Fitriawan, H. 2021. Disease Detection in Banana Trees Using an Image Processing-Based Thermal Camera. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*.
- Annura, RP., Syamsuddin., Halimursyadah. 2021. Karakterisasi Rizobakteri Sebagai Agens Biokontrol Serta Uji *In Vitro* Terhadap Patogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Sacc.) Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum*) dan Perannya sebagai Pemicu Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Agrista* 25, 50-59.
- BPS. 2021. *Produksi Tanaman Sayur* 2021. BPS RI, Jakarta.
- Cahyani, M. 2021. Pengaruh Aplikasi Berbagai Dosis PGPR dan Pupuk Guano Terhadap Pertumbuhan serta Produksi Tanaman Tomat. Skripsi, Universitas Islam Pekanbaru.
- Dumaria, T. 2022. 'Pemanfaatan Kamera Termal Flir One Pro-IOs Untuk Deteksi *Pepper yellow leaf curl*

- virus* Pada Tanaman Cabai'. Tesis, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hariyadi. 2021. Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) dengan Pemberian Urin Kelinci dan PGPR Akar Putri Malu. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim.
- Heriyanto. 2019. Kajian Pengendalian Penyakit Layu Fusarium dengan Trichoderma Pada Tanaman Tomat. *Jurnal Triton* 10, 45-58.
- Hipi, A., Surahman, M., Ilyas, S., Giyanto. 2013. Pengaruh Aplikasi Rizobakteri dan Pupuk Fosfat terhadap Produktivitas dan Mutu Fisiologis Benih Jagung Hibrida. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 32, 192-198.
- Khaeruni, A., Wahab, A., Taufik, M., & Sutariati, GAK. (2013). Keefektifan Waktu Aplikasi Formulasi Rizobakteri Indigenus untuk Mengendalikan Layu Fusarium dan Meningkatkan Hasil Tanaman Tomat di Tanah Ultisol. *Jurnal Hortikultura* 23, 365-371.
- Kilmanun JC., Astuti, DW. 2020. Potensi dan Kendala Revolusi Industri 4.0 di Sektor Pertanian. Indonesia. 13 April 2020. Prosiding Seminar Nasional Kesiapan Sumber Daya Pertanian dan Inovasi Spesifik Lokasi Memasuki Era Industri 4.0. hlm 35-40. <http://repository.pertanian.go.id/bitstream/handle/123456789/9158/PROSIDING%20JATENG-35-40.pdf>
- Klopper, JWE., Ryu, CW., & Zang, S. 2004. Induced Systemic Resistance and Promoting of Plant Growth by *Bacillus* sp. *J. Phytopath* 94, 1259-1266.
- Nurlenawati, N., Jannah, A., Nimih. 2010. Respon Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) Varietas Prabu Terhadap Berbagai Dosis Pupuk Fosfat Dan Bokashi Jerami Limbah Jamur Merang. *Agrika* 4, 9-20.
- Nurzannah, SE., Lisawita., Bakti, D. 2014. Potensi Jamur Endofit Asal Cabai Sebagai Agens Hayati Untuk Mengendalikan Layu Fusarium (*Fusarium Oxysporum*) Pada Cabai Dan Interaksinya. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 2, 1230-1238.
- Paul, EA., Clark, FE. 1996. *Soil Microbiology and Biochemistry*. Edisi II. Academic Press, USA.
- Pavel, LV., Diaconu, M., Gavrilescu, M. 2012. Studies of Toxicity of Chromium(VI) and Cadmium(II) on Some Microbial Species. *International Symponium on Biosorption and Bioremediation*. Romania.
- Pedai, T., Hadisutrisno, B., & Priyatmojo, A. 2015. Utilization of arbuscular michorrhizal rungi to control fusarium wilt of tomatoes. *J. Perlindungan Tanaman Indonesia* 19, 89 – 93.
- Purwanto, EH., Mazid, A., & Nurhayati. 2013. Infeksi *Fusarium* sp. Penyebab Penyakit Lapuk Batang dan Cabang Pada Enam Klon Karet. *Majalah Ilmiah Sriwijaya* 25, 32-39.
- Rostini, N. 2011. *6 Jurus Bertanam Cabai Bebas Hama dan Penyakit*. PT. AgroMedia Pustaka, Jakarta.
- Safitri, LE. 2020. Aplikasi PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) dan Gandasil B dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Skripsi*. Universitas Islam Riau. Pekanbaru.
- Safitri, LE. 2020. Aplikasi PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) dan Gandasil B dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Cabai Rawit

- (*Capsicum frutescens* L.). Skripsi, Universitas Islam Riau.
- Sangdee, A., Sachan, S., Khankhum, S. 2011. Morphological, Pathological and Molecular Variability of *Colletotrichum Capsici* Causing Anthracnose f Chilli in The North-east of Thailand. *African Journal of Microbiology Research* 5, 4368-4372.
- Siaga, E., Hasbi, SM., Bernas, R., Lisda, K., Kartika, I., Laily., Widuri., Meihana, B., & Lakitan. 2017. Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.) pada Sistem Budidaya Terapung. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*, 286-296.
- Soesanto, L. 2008. Pengantar Pengendalian Hayati Penyakit Tanaman, Suplemen ke Gulma dan Nematoda. RajaGrafindo Persada, Jakarta.
- Soesanto, L. 2019. *Kompendium Penyakit- Penyakit Cabai*. Lily Publisher, Yogyakarta.
- Soesanto, L., Mugiastuti, E., & Rahayuniati, RF. 2010. Kajian Mekanisme Antagonis *Pseudomonas Fluorescens* P60 Terhadap *Fusarium Oxysporum* F.Sp. *Lycopersici* Pada Tanaman Tomat *In Vivo*. *Jurnal HPT Tropika* 10, 108-115.
- Soesanto, L., Mugiastuti, E., Rahayuniati, RF. 2010. Kajian mekanisme antagonis *Pseudomonas fluorescens*P60 terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* pada tanaman tomat *in vivo*. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika* 10, 108-115.
- Sopialena, S., Palupi, PJ. 2017. Study of climatic factors on the population dynamics of *Pyricularia oryzae* on some varieties of paddy rice (*Oryza sativa*). *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 18, 701-708.
- Sutarini, NLW., Sumiartha, IK., Suniti, NW., Sudiarta, IP., Wirya, GNAS., Utama, MS. 2015. Pengendalian Penyakit Layu Fusarium pada Tanaman Cabai Besar (*Capsicum annum* L.) dengan Kompos dan Pupuk Kandang yang dikombinasikan dengan *Trichoderma* sp. di Rumah Kaca. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika* 4, 135-144.
- Swastika, S., Pratama, D., Hidayat, T., Andri, KB. 2017. *Teknologi Budi Daya Cabai Merah*. Badan Penerbit Universitas Riau UR PRESS, Riau.
- Tjahjadi, DN. 2010. *Bertanam Cabai*. Penerbit Kasinis, Yogyakarta.
- Wasilah, F., Syulasmis, A., Hamdiyati, Y. 2005. Pengaruh Ekstrak Rimpang Kunyit (*Curcuma domestica* Val.) Terhadap Pertumbuhan Jamur *Fusarium oxysporum* Secara *In Vitro*. Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Whipps, JM. 2001. Microbial Interaction and Biocontrol in The Rhizosphere. *J. Exp. Bot* 52, 487-511.
- Yulianto, E. 2014. Valuasi Potensi Beberapa Jamur Agen Antagonis dalam Menghambat Patogen *Fusarium* sp. pada Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). Universitas Bengkulu.