

**INTENSITAS PENYAKIT ANTRAKNOSA CABAI PADA PERLAKUAN PGPR
DAN POTENSI SENSOR TERMAL UNTUK DETEKSI DINI*****Intensity Of Chili Anthracnose Disease In Pgpr Treatment And Potential Of Thermal
Sensors For Early Detection*****Khafidah Amalia¹, Evan Purnama Ramdan^{2*}, Inti Mulyo Arti³**¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma (Gunadarma University) khafidahamalia17@gmail.com²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma (Gunadarma University) evan_ramdan@staff.gunadarma.ac.id³Program Studi Agroteknologi, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma (Gunadarma University) inti_mulyo@staff.gunadarma.ac.id

* Penulis korespondensi

Diterima 18 Juni 2024; Disetujui 8 Agustus 2024

ABSTRAK

Tanaman cabai mudah terinfeksi penyakit antraknosa yang disebabkan oleh *Colletotrichum gloeosporioides*. Deteksi dini seperti perubahan suhu dengan sensor termal sebelum gejala visual muncul dapat mencegah perkembangan penyakit yang lebih parah. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi potensi deteksi antraknosa menggunakan sensor termal pada cabai dan intensitas penyakit antraknosa pada aplikasi *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). Penelitian ini menggunakan Rancangan Kelompok Lengkap Teracak (RKLK). PGPR diaplikasikan sebanyak dua kali pada tahap persiapan pembibitan dan umur tanaman 30 Hari Setelah Tanam (HAT). Benih yang siap disemai direndam terlebih dahulu dengan 3 perlakuan dosis yaitu; tanpa pgpr sebagai kontrol (P0), PGPR 25 g/5 L akuades steril (P1) dan 50 g/5 L akuades steril (P2). Selain itu aplikasi PGPR juga dilakukan pada tanaman umur 30 HAT dengan tanpa PGPR sebagai kontrol (P0), dosis 100 mL PGPR/tanaman (P1), 200 mL PGPR/tanaman (P2). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor termal memiliki potensi mendeteksi dini penyakit antraknosa dilihat dari adanya perbedaan suhu buah cabai pra inokulasi dengan pasca inokulasi sebesar 2 - 3°C. Selain itu, perlakuan PGPR mampu menekan penyakit antraknosa dengan kejadian penyakit paling rendah yaitu 19,33% (P1), keparahan penyakit sebesar 16,56% (P2) dan AUDPC sebesar 49,38 unit (P1).

Kata kunci: *Colletotrichum gloeosporioides*, monitoring penyakit, *Plant Growth Promoting Rhizobacteria*, suhu tanaman.

ABSTRACT

Chilli peppers are easily infected with anthracnose disease caused by Colletotrichum gloeosporioides. Early detection, such as temperature changes with thermal sensors before visual symptoms appear, can prevent developing more severe diseases. This study aims to evaluate the potential of anthracnose detection using thermal sensors in chilli and the intensity of anthracnose disease in applying Plant Growth

Promoting Rhizobacteria (PGPR). This study used a completely randomized complete group design (RKLT). PGPR was applied twice at the seedling preparation stage and at the plant age 30 days after planting (HST). Seeds that are ready to be sown are soaked first with 3 dose treatments, namely; without pgpr as control (P0), PGPR 25 g/5 L sterile distilled water (P1) and 50 g/5 L sterile distilled water (P2). Apart from that, PGPR application was also carried out on plants aged 30 HST with no PGPR as a control (P0), a dose of 100 mL PGPR/plant (P1), 200 mL PGPR/plant (P2). The results showed that the thermal sensor has the potential as an early detection method of anthracnose disease, as seen from the difference in the temperature of chilli fruit pre-inoculation with post-inoculation by 2 - 3°C. In addition, PGPR treatment was able to suppress anthracnose disease with the lowest disease incidence of 19,33% (P1), disease severity of 16,56% (P2) and AUDPC of 49,38 units (P1).

Keywords: *Colletotrichum gloeosporioides, disease monitoring, Plant Growth Promoting Rhizobacteria, plant temperature.*

PENDAHULUAN

Antraknosa menjadi penyakit utama selain busuk pangkal batang, layu Fusarium dan layu bakteri yang merupakan penyakit pada budidaya cabai (Suwastini *et al.*, 2020). Buah cabai terinfeksi antraknosa teridentifikasi berasosiasi dengan cendawan patogen *C. acutatum* dan *C. gloeosporioides*, (Ramdan *et al.*, 2019). Serangan penyakit antraknosa dapat menyebabkan kehilangan hasil mencapai 50 – 100% (Silva *et al.*, 2019). Persentase tingkat kehilangan hasil yang tinggi menyebabkan pengendalian penyakit antraknosa banyak dikembangkan (Ramdan *et al.*, 2021). Penyakit antraknosa dapat dikenali dengan gejala awal berupa bercak kecil mengkilat, cekung, berwarna kuning kehitaman, berair dan membesar seiring dengan berjalannya waktu (Nuraini *et al.*, 2020). Namun, gejala awal penyakit antraknosa

masih belum dapat dibedakan sehingga saat terlambat dikendalikan maka keparahan penyakit pada buah cabai akan semakin berat, sehingga proses deteksi dini penyakit menjadi permasalahan penting. Potensi teknologi yang dapat digunakan untuk deteksi dini penyakit tanaman adalah kamera termal (Dumaria *et al.*, 2023).

Laporan Hashim *et al.* (2020) menunjukkan bahwa teknologi termal berhasil mendeteksi dan mengklasifikasi penyakit dengan akurasi > 70%. Metode ini jauh lebih efisien dibandingkan deteksi secara manual sebab waktu yang singkat dan biaya relatif rendah sehingga menguntungkan secara ekonomi (Gimenez-Gallego *et al.*, 2023). Sensor termal menunjukkan bahwa pertumbuhan patogen yang menginfeksi tanaman dapat meningkatkan suhu daun. Apabila tanaman terserang infeksi patogen, laju

respirasi dan transpirasi akan meningkat sehingga terjadi peningkatan suhu (Yulianty *et al.*, 2018; Kumar & Kumar, 2023). Pemanfaatan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) menjadi alternatif yang banyak dikembangkan untuk mengendalikan penyakit tanaman. PGPR asal perakaran rambutian mampu menekan pertumbuhan *Colletotrichum* pada skala *in vitro* (Nuraini *et al.*, 2020). Aplikasi PGPR pada benih cabai juga menunjukkan kemampuan peningkatan pertumbuhan bibit cabai (Ramdan dan Risnawati, 2018).

Oleh karena itu, penelitian bertujuan untuk mengevaluasi potensi deteksi antraknosa menggunakan sensor termal pada cabai dan mengetahui intensitas penyakit antraknosa pada aplikasi PGPR.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini terdiri dari dua tahap percobaan yang dilaksanakan pada bulan Mei – September 2023. Tahap pertama dilakukan kegiatan preparasi suspensi *Colletotrichum gloeosporioides* sebagai sumber inokulum di Laboratorium Agroteknologi Menengah, Universitas Gunadarma, Kampus F7, Jakarta Timur. Isolat *C. gloeosporioides* merupakan koleksi Laboratorium Agroteknologi Menengah. Tahap kedua yaitu penanaman

tanaman cabai, inokulasi *C. gloeosporioides* dan pengukuran suhu tanaman dengan sensor termal yang dilakukan di rumah kaca UG Technopark, Mande, Cianjur.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu bunsen, jarum ose, *laminar air flow*, *autoclave*, *object glass*, mikroskop, jarum suntik, timbangan analitik, sensor termal “(Seek Thermal, USA)” dari Amerika Serikat, *thermohygrometer*, wrap, kertas label, tisu, tray semai, *hand sprayer*, polybag 35 x 35 cm, sekop, ajir bambu.

Sementara bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu benih cabai varietas Imperial 10, inokulum *C. gloeosporioides*, alkohol 70%, spirtus, aquades, media tanam komersil dengan komposisi pupuk kandang, sekam bakar, cocopeat, dan kaptan untuk persemaian, tanah yang diperoleh dari lahan kebun percobaan UG Technopark, dan kompos komersil untuk penanaman pada polybag, serta PGPR komersil dengan komposisi konsorsium *Rhizobium* sp., *Bacillus polymixa*, dan *Pseudomonas fluorescens*.

Sumber Inokulum *C. gloeosporioides*

Inokulum *C. gloeosporioides* disiapkan dengan cara pemanenan spora. Setiap petri berisi inokulum *C.*

gloeosporioides ditambahkan 10 mL akuades steril. Kemudian digosok menggunakan jarum ose untuk memisahkan spora dari media agar. Kemudian diencerkan hingga mendapat kerapatan spora 10^3 (Ramdan *et al.*, 2018).

Perlakuan Benih Sebelum Semai

Sebelum disemai benih direndam PGPR selama 2 jam dengan dosis:
P0 = 0 g PGPR/5 L akuades steril,
P1 = 25 g PGPR/5 L akuades steril, dan
P2 = 50 g/5 L akuades steril

Persemaian Benih Cabai

Benih yang telah direndam PGPR selama 2 jam disemai dengan media tanam komersil di *tray* semai. Penyemaian dilakukan dengan mengisi satu benih pada setiap lubang semai serta penyiramannya dilakukan setiap pagi dan sore.

Pindah Tanam Bibit Cabai

Bibit cabai dipindah tanam pada umur 4 Minggu Setelah Semai (MSS) atau setelah tumbuh 4 helai daun sejati. Media tanam yang digunakan untuk budidaya cabai adalah campuran tanah dan kompos dengan perbandingan 1 : 1.

Aplikasi PGPR di Rumah Kaca

Aplikasi PGPR yang kedua dilakukan dengan metode kocor pada sekitar perakaran cabai pada umur tanaman 30 HST dengan dosis, antaranya;
P0 = 0 mL / tanaman,
P1 = 100 mL / tanaman dan
P2 = 200 mL / tanaman

Inokulasi Inokulum *C. gloeosporioides*

Inokulasi inokulum dilakukan pada 65 Hari Setelah Tanam (HST). Inokulasi patogen tersebut dilakukan dengan menyuntikkan larutan suspensi inokulum yang sudah dibuat pada buah cabai sebanyak 1 mL. Buah cabai kemudian disungkup menggunakan plastik bening (Salim, 2012).

Pengukuran Buah Cabai dengan Sensor Termal

Pengukuran suhu buah cabai dilakukan dari pagi mulai pukul 06.00 sampai 09.00 sejak 2 hari sebelum dilakukan inokulasi cendawan sampai dengan muncul gejala visual penyakit antraknosa (Dumaria *et al.*, 2023).

Pengamatan

Peubah yang diamati yaitu komponen penyakit berupa masa inkubasi,

insidensi penyakit, keparahan penyakit, AUDPC dan suhu buah cabai.

1. Masa Inkubasi

Masa inkubasi merupakan waktu dimulai dari saat inokulasi patogen sampai dengan timbulnya gejala awal penyakit (Purwantisari *et al.*, 2016). Pengamatan masa inkubasi dimulai dari satu hari setelah dilakukan inokulasi sampai muncul gejala pertama pada setiap perlakuan (A'yun *et al.*, 2013). Hal ini sesuai laporan Anggraini *et al.* (2018) bahwa masa inkubasi dari cabai yang diinokulasikan patogen antraknosa *C. gloeosporioides* berkisar selama 3 – 4 hari. Gejala awal yang muncul memiliki ciri yaitu terdapat bercak busuk berwarna coklat (Gambar 1). Bercak busuk tersebut kemudian berkembang luas melingkari buah. Berdasarkan pengamatan gejala

antraknosa, timbulnya bercak busuk semakin melebar setiap hari pada permukaan buah. Fase selanjutnya buah cabai mengering dan keriput, lalu diikuti dengan rontoknya buah apabila gejala semakin parah (Marsuni, 2020).

2. Insidensi Penyakit

Insidensi penyakit atau kejadian penyakit dihitung untuk mengetahui jumlah proporsi individu dari tanaman yang diserang penyakit. Rumus untuk menghitung insidensi penyakit dilakukan dengan menggunakan rumus dari Hamidson *et al.* (2018) yaitu:

$$P = \frac{a}{b} \times 100\% \dots (1)$$

Keterangan:

P = insidensi penyakit

a = jumlah tanaman yang terserang

b = jumlah tanaman yang diamati



Gambar 1. Gejala Penyakit Antraknosa pada Buah Cabai Berupa Bercak Konsentris Berwarna Coklat yang Meluas dan Mengakibatkan Busuk

3. Keparahan Penyakit

Keparahan penyakit dihitung untuk mengetahui proporsi area tanaman yang rusak karena serangan patogen pada tanaman dan dihitung dengan menggunakan rumus Gusmarini *et al* (2014) yaitu:

$$KP = \frac{\sum(n \times v)}{N \times V} \times 100\% \dots (2)$$

Keterangan :

KP = keparahan penyakit (%)

n = banyaknya tanaman dalam setiap kategori serangan

v = nilai numerik untuk tiap kategori serangan

N = jumlah tanaman yang diamati

V = nilai skor serangan tertinggi

Nilai kategori serangan (skor) penyakit antraknosa didasarkan pada skala kerusakan tanaman yang terserang penyakit (Gusmarini *et al* (2014)). Nilai kategori serangan (skor) sebagai berikut:

0 = tidak ada kerusakan

1 = bercak seluas 1-20%

2 = bercak seluas 20-40%

3 = bercak seluas 40-60%

4 = bercak seluas 60-80%

5 = bercak seluas 80-100%

4. Area Under the Disease Progress Curve (AUDPC)

AUDPC atau kurva perkembangan penyakit antraknosa pada cabai yang

dihitung berdasarkan keparahan penyakit, digunakan untuk mengukur tingkat penyakit terhadap waktu terjadinya perkembangan penyakit, sehingga kurva yang dihasilkan dapat menggambarkan keseluruhan tingkat kerusakan akibat infeksi penyakit. AUDPC dihitung menggunakan formula Simko & Piepho (2012) yaitu:

$$AUDPC = \sum_{i=1}^{N_i-1} (t_{i+1} - t_i) \times \left(\frac{Y_i + Y_{i+1}}{2} \right) \dots (3)$$

Keterangan :

Y_i = intensitas serangan penyakit (persentase) pada pengamatan ke i

t_i = waktu (hari) pada pengamatan ke i

N = jumlah total pengamatan

5. Pengukuran Suhu Buah

Alat yang digunakan untuk pengukuran sensor tanaman adalah sensor termal “Seek Thermal CompactXR” dengan spesifikasi *thermal sensor* 206 x 156 dan *temperature range* dari -40°C to 330°C. Pengukuran sensor tanaman dilakukan dari 2 hari sebelum inokulasi sampai dengan muncul gejala visual.

Sebelum penggunaan sensor termal, memastikan sudah mengunduh aplikasi Seek Thermal di App Store. Langkah pertama penggunaan sensor termal yaitu menghubungkan sensor termal pada *port* handphone. Kemudian muncul pemberitahuan izin aplikasi. Setelah itu

muncul bagian layar kamera untuk melihat gambar yang ditampilkan dari sensor termal.

Pengukuran suhu buah mengikuti metode Dumaria *et al.* (2023) dengan cara meletakkan sensor termal tepat pada buah cabai dengan jarak 30 ± 5 cm tepat di atas permukaan buah, agar mendapatkan hasil yang maksimal *tap* objek pada layar untuk memfokuskan objek. Layar akan menampilkan hasil objek dengan informasi suhu pada objek tersebut. Kemudian klik Spot untuk mengambil gambar dan gambar tersimpan pada galeri.

Analisis Data

Data intensitas penyakit yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis

ragam. Apabila menunjukkan perbedaan nyata dilanjutkan dengan uji Tukey dengan taraf $\alpha = 5\%$. Sementara data suhu buah dianalisis menggunakan uji T taraf 5%.

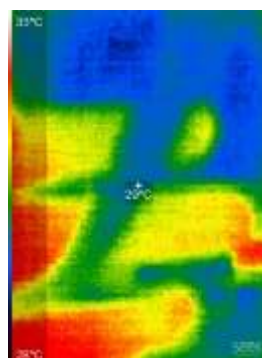
HASIL DAN PEMBAHASAN

Komponen Penyakit Antraknosa pada Cabai

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa aplikasi PGPR tidak berpengaruh nyata terhadap masa inkubasi cendawan (Gambar 2). Namun, pada kontrol menunjukkan masa inkubasi yang lebih cepat dimana gejala awal muncul pada umur 3 Hari Setelah Inokulasi (HSI). Sementara pada aplikasi PGPR, masa inkubasi muncul terjadi pada umur 4 HSI.

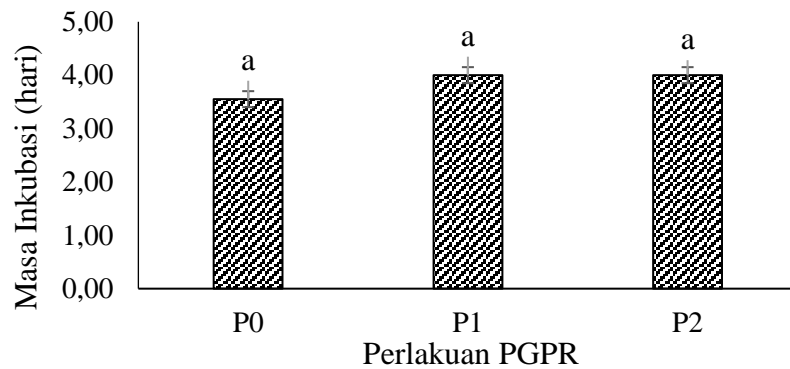


(a)



(b)

Gambar 1. Penggunaan Sensor Termal pada Objek Cabai (A) Hasil Pengukuran Suhu Pada Cabai (b)



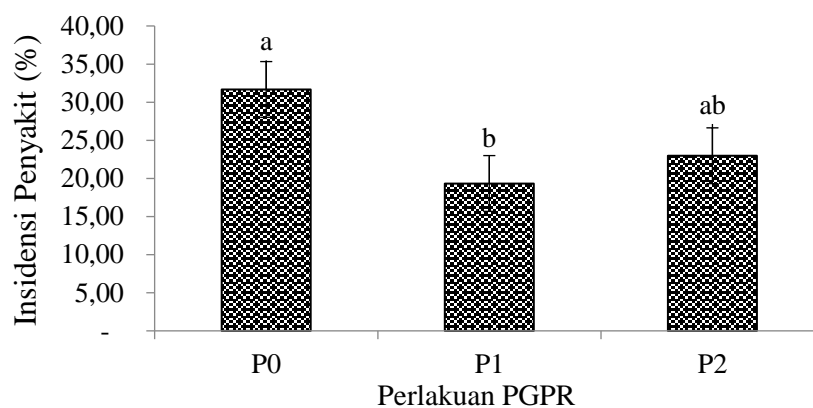
Gambar 2. Masa Inkubasi *C. Gloeosporioides* pada Perlakuan dari P0, P1, dan P2. (Keterangan: Angka-Angka yang Diikuti Huruf yang Sama pada Diagram Batang yang Sama Menunjukkan Tidak Berbeda Nyata pada Uji Tukey Taraf 5%).

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan PGPR berpengaruh nyata terhadap rata-rata insidensi penyakit antraknosa pada buah cabai (Gambar 3) dibandingkan dengan kontrol atau tanpa pemberian PGPR. Rifqah *et al* (2018) juga menyebutkan bahwa perlakuan tanpa pemberian rizobakteri tidak mampu menghambat pertumbuhan *C. gloeosporioides* pada cabai dibandingkan dengan perlakuan pemberian rizobakteri yang mampu menghambat pertumbuhan antraknosa cabai.

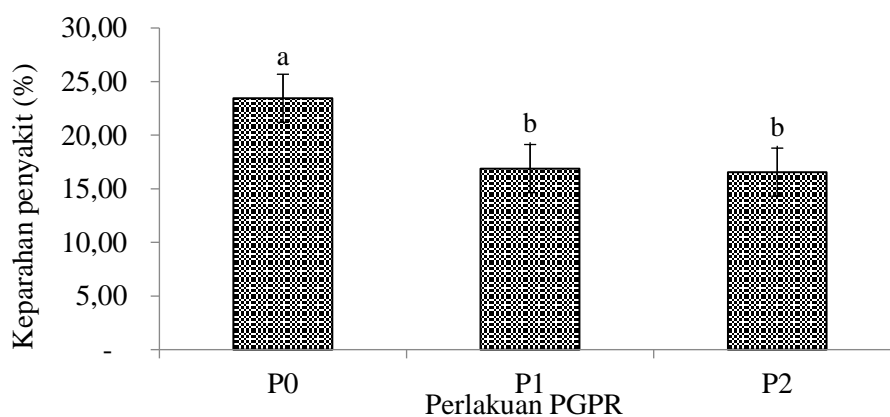
Perlakuan terbaik dalam menurunkan insidensi penyakit adalah P1 (19,33%) dan diikuti dengan perlakuan P2 (22,97%). Perlakuan P1 dan P2 juga menunjukkan pengaruh nyata terhadap tingkat keparahan penyakit antraknosa dibandingkan kontrol berdasarkan analisis ragam (Gambar 4). Secara berturut-turut tingkat keparahan penyakitnya yaitu

16,56% (P2), 16,89% (P1), dan 23,44% (P0). PGPR mampu menekan penyakit antraknosa terjadi karena mekanisme penghambatan patogen, seperti induksi ketahanan tanaman, produksi senyawa antibiosis, toksin, dan siderofor, kompetitor nutrisi atau ruang, serta parasitisme (Fermin *et al.*, 2021).

Selain itu, perlakuan benih dengan PGPR dapat menginduksi sistem pertahanan tanaman sebelum patogen masuk (Nababan *et al.*, 2020) sehingga perlakuan benih dan aplikasi PGPR pada penelitian ini mampu menekan insidensi penyakit antraknosa. Oleh karena itu, PGPR pada penelitian ini berhasil menekan intensitas penyakit antraknosa, dimana hasil tersebut diperkuat dengan nilai AUDPC yang rendah pada perlakuan P1 sebesar 49,38 unit dan P2 sebesar 53,44 unit dibandingkan kontrol sebesar 76,16 unit (Gambar 5).



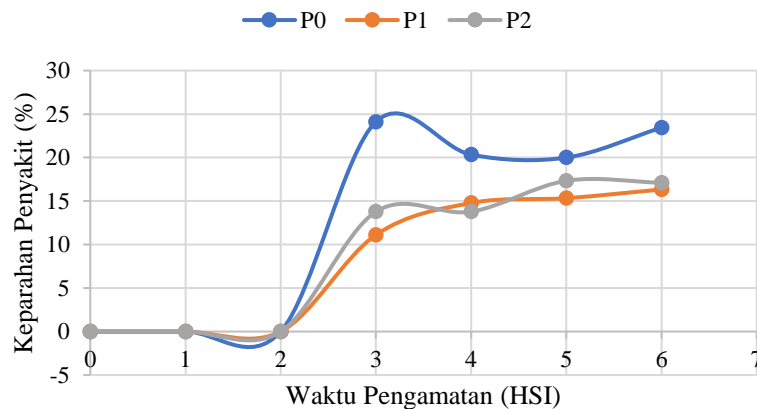
Gambar 3. Insidensi Penyakit Antraknosa Buah Cabai pada Perlakuan P0, P1, dan P2 (Keterangan: Angka-Angka Yang Diikuti Huruf yang Sama pada Diagram Batang yang Sama Menunjukkan Tidak Berbeda Nyata pada Uji Tukey Taraf 5%).



Gambar 4. Keparahan penyakit antraknosa cabai pada perlakuan P0, P1 dan P2. (keterangan: angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada diagram batang yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Tukey taraf 5%).

Penghambatan infeksi antraknosa terjadi akibat adanya senyawa PGPR yang mampu menekan serangan patogen antraknosa. Senyawa yang dihasilkan bakteri antagonis mampu menghambat perkecambahan konidia dan proses penyerapan nutrisi yang dibutuhkan oleh patogen untuk dapat berkembang (Nurjasmi dan Suryani, 2020). Mekanisme penekanan penyakit oleh PGPR salah satunya adalah dengan menekan sporulasi

jamur seperti pada *Pseudomonas fluorescens* yang memproduksi antibiotik anti jamur untuk melakukan penghambatan jamur patogen dan enzim ekstraseluler yang memiliki fungsi dalam degradasi sel jamur (Sivasakthi *et al.*, 2014). *Bacillus* sp. memiliki mekanisme antibiosis dengan membentuk enzim kitinase yang merusak dinding sel *Colletotrichum* (Prihatiningsih *et al.*, 2019).



Gambar 5. Nilai AUDPC Penyakit Antraknosa Cabai pada Perlakuan P0, P1, dan P2

Nilai AUDPC menggambarkan gangguan penyakit terhadap tanaman yang berlangsung dalam kurun waktu tertentu (Milati *et al.*, 2019). Nilai AUDPC yang besar menunjukkan periode besarnya tekanan penyakit terhadap tanaman dan sebaliknya semakin kecil nilai AUDPC maka semakin baik dalam menekan

Gejala awal infeksi antraknosa mulai terlihat secara visual pada 3 HSI. Namun, sebelum gejala muncul, hasil pengujian sensor termal menunjukkan adanya perbedaan suhu antara buah yang tidak diinokulasikan *C. gloeosporioides* (P0) dengan buah cabai yang diinokulasikan *C. gloeosporioides* (P1 dan P2) pada hari ke 2 HSI sebelum gejala visual muncul. Buah cabai yang terinfeksi menunjukkan peningkatan suhu sebesar 2 °C sampai 3 °C (Gambar 6). Peningkatan suhu buah yang terinfeksi *C. gloeosporioides* disebabkan oleh

penyakit (Hersanti *et al.*, 2019). Penekanan patogen ini terjadi karena peran dari bakteri PGPR yang mampu menginduksi ketahanan cabai terhadap penyakit antraknosa.

Deteksi Dini Penyakit Antraknosa dengan Sensor Termal

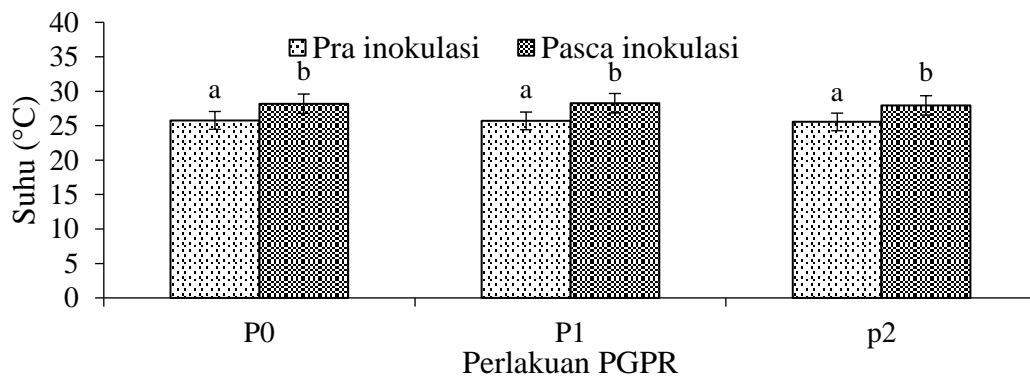
gangguan laju respirasi buah, terutama selama proses perbanyakan dan sporulasi dari patogen (Andriani & Oktafiyanto, 2019). Perubahan suhu terbukti dapat membedakan antara tanaman sehat dengan tanaman yang sakit (Tabel 1). Hal yang sama telah dilaporkan oleh Zhu *et al* (2018) bahwa tanaman tomat yang terinfeksi CMV memiliki rata-rata suhu daun lebih tinggi sebesar 0,6°C pada 3 HSI setelah inokulasi CMV daripada sebelum dilakukan inokulasi.

Dumaria *et al* (2023) juga melaporkan bahwa tanaman yang

terinfeksi patogen mengalami kenaikan rata-rata suhu dibandingkan tanaman yang sehat. Pada penelitian sebelumnya sensor termal juga digunakan untuk mendeteksi penyakit *downy mildew* pada daun timun yang ditunjukkan oleh nilai transpirasi yang lebih tinggi dibandingkan jaringan daun sehat (Hashim *et al.*, 2020). Temuan lain pada penelitian ini menunjukkan bahwa sensor termal juga dapat mendeteksi keberhasilan perlakuan PGPR dalam menekan penyakit antraknosa (Tabel 1). Akuisisi citra termal pasca inokulasi menunjukkan bahwa suhu buah yang diberi PGPR (Perlakuan P1 dan P2) menunjukkan suhu yang lebih rendah dibandingkan kontrol (P0) dengan pola semakin dosis PGPR ditingkatkan suhu

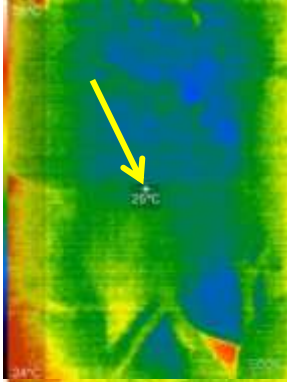
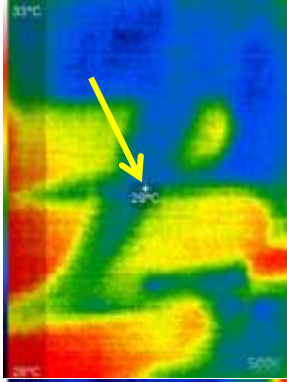
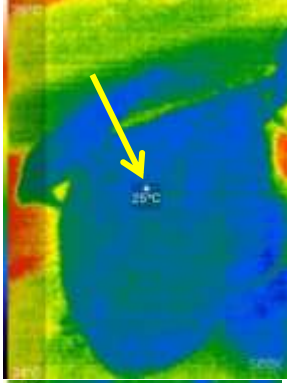
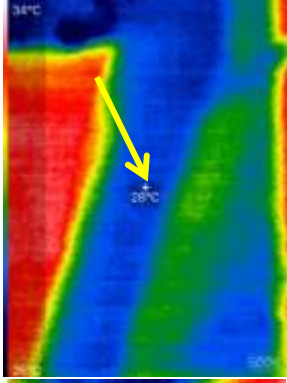
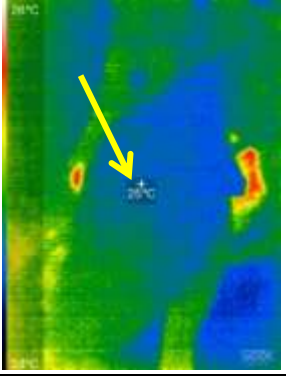
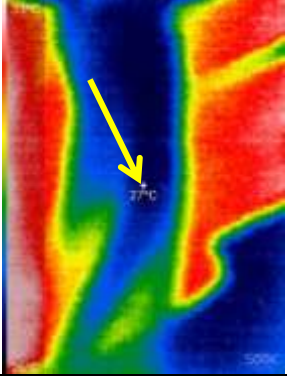
buah akan semakin rendah (Tabel 1). Penurunan suhu buah pada perlakuan PGPR menunjukkan bahwa PGPR mampu menekan laju respirasi buah sehingga peningkatan suhu buah dapat dihambat. Sesuai dengan Walters (2015) yang menyatakan bahwa pengendalian penyakit dapat menurunkan respirasi sampai mendekati normal.

Hal ini menunjukkan bahwa sensor termal dari pengambilan citra tidak hanya mampu mendeteksi penyakit antraknosa saja tetapi juga mampu mendeteksi keberhasilan perlakuan PGPR menekan penyakit. Oleh karena itu, potensi sensor termal sebagai deteksi dini penyakit tanaman sangat berpeluang dikembangkan.



Gambar 6. Suhu Buah Cabai 2 Hari Sebelum Inokulasi Dan 2 Hari Setelah Inokulasi Pada Perlakuan P0, P1 Dan P2 (Keterangan: Angka-Angka Yang Diikuti Huruf Yang Sama Pada Diagram Batang Di Perlakuan Yang Sama Menunjukkan Tidak Berbeda Nyata Pada Uji Tukey Taraf 5%).

Tabel 1. Citra Termal dan Suhu Buah Cabai pada Berbagai Perlakuan PGPR

Perlakuan PGPR	Waktu akuisisi citra dan suhu	
	Pra inokulasi (2 hari sebelum inokulasi)	Pasca inokulasi (2 hari setelah inokulasi)
P0		
P1		
P2		

KESIMPULAN DAN SARAN

Sensor termal berhasil mendeteksi dini penyakit antraknosa sebelum munculnya visual gejala penyakit dengan kemampuan mendeteksi perubahan suhu buah cabai (2 - 3°C) pasca inokulasi *C. gloeosporioides*. Selain itu, sensor termal

juga mampu mendeteksi kemampuan PGPR menekan penyakit melalui penurunan suhu buah pada setiap perlakuan. Aplikasi PGPR menunjukkan pengaruh positif terhadap penurunan intensitas penyakit antraknosa dengan tingkat insidensi yang paling rendah

sebesar 19,33% (P1), tingkat keparahan penyakit sebesar 16,56% (P2) dan nilai AUDPC sebesar 49,38 unit (P1). Saran untuk penelitian selanjutnya adalah pemanfaatan metode deteksi dini menggunakan sensor termal untuk merekam tanaman sakit perlu dikembangkan lebih lanjut dengan spesifikasi yang mampu menunjukkan warna sesuai dengan tingkat panas dari objek yang direkam dan penggunaannya dapat digunakan pada skala lapang yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- A'yun, K. Q., T. Hadiastono., M. Martosudiro. 2013. Pengaruh Penggunaan PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) terhadap Intensitas TMV (*Tobacco Mosaic Virus*), Pertumbuhan, dan Produksi pada Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Jurnal HPT*. 1(1): 47-56
- Andriani, D., M. F. Oktafiyanto. 2019. Potensi Bakteri Endofit dari Tanaman Paitan *Titonia Deversifolia* Sebagai Biofertilizer dan Biopestisida. *Jurnal Agronomi Tanaman Tropika*. 1(2): 84-90. <https://doi.org/10.36378/juatika.v1i2.146>
- Anggraini, E., A. Muslim., A. Zuriana., C. Irsan., B. Gunawan. 2018. Uji Kisaran Inang Penyakit *Downy Mildew* (*Pseudoperonosporacubensis*) dan Antraknosa (*Colletotrichum* sp.) pada Beberapa Tanaman *Cucurbitaceae*. *Jurnal Lahan Suboptimal*. 7(2): 213-224. <https://doi.org/10.33230/jlso.7.2.2018.368>
- Dumaria, T., S. H Hidayat., P. Hidayat. 2023. Metode Termografi Inframerah untuk Deteksi Dini *Pepper yellow leaf curl virus* pada Tanaman Cabai. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*.19(1):110. <https://doi.org/10.14692/jfi.19.1.1-10>
- Fermin, U., M. A Arsyad., W. Nuraida., R. Arini., G. A Kade Sutariati., T. C Rakian., La Mudi. 2017. Efektivitas Rizobakteri Sebagai PGPR Untuk Pertumbuhan Stek Daun Tanaman Hias *Peperomia Turboensis*. <http://dx.doi.org/10.23960/jat.v9i2.4683>
- Gimenez-Gallego, J., GonzalezTeruel, J. D., Blaya-Ros, P. J., Toledo-Moreo, A. B., Domingo-Miguel, R., & Torres-Sanches, R. (2023). Automatic Crop Canopy Temperature Measurement Using a Low-Cost ImageBased Thermal Sesor: Application in a Pomegranate Orchard under a Permanent Shade Net House. *Sensors Journal* 23 (6), 2915.<https://doi.org/10.3390/s23062915>
- Gusmarini, Maya., Suskandini Ratih D., Nurdin, M., Mat Akin, Hasriadi. 2014. Pengaruh Beberapa Jenis Ekstrak Tumbuhan terhadap Penyakit Antraknosa pada Tanaman Cabai Besar (*Capsicum annum* L.) di Lapangan. *J. Agrotek Tropika*. 2(2): 197-201
- Hamidson, H., S. Suwandi., Effendy TA. 2018. Penyakit Antraknosa (*Colletotrichum spp.*) pada Tanaman Cabai di Kabupaten Ogan Ilir. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2018, Palembang 18-19 Oktober 2018 “Tantangan dan Solusi Pengembangan PAJALE dan Kelapa Sawit Generasi Kedua (Replanting) di Lahan Suboptimal”

- Hashim, I. C., A. R. M Sharif., S. K. Bejo., FM Muharam., K. Ahmad., H. Hashim. 2020. Application of Thermal Imaging for Plant Disease Detection. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1-7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/540/1/012052>
- Hersanti., Sudarjat., A. Damayanti. 2019. Kemampuan *Bacillus subtilis* dan *Lysinibacillus* sp. dalam Silika Nano dan Serat Karbon untuk Menginduksi Ketahanan Bawang Merah terhadap Penyakit Bercak Ungu (*Alternaria porri* (Ell.) Cif). *Jurnal Agrikultura*. 30(1): 8-16. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v30i1.22698>
- Kumar, Vijay., Kumar, Ayush. 2023. Effects Of Pathogens On Physiological Functions Of Plant. ICAAAS : An Initiative Towards Sustainable Agriculture and Allied Sciences. ICAAAS-An Edited Book. Volume 2: 55-58. Astha Foundation, Meerut India.
- Marsuni, Y. 2020. Pencegahan Penyakit Antraknosa pada Cabai Besar (Lokal: Lombok Ganal) dengan Perlakuan Bibit Kombinas Fungisida Nabati. prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah. 5(2): 113-116
- Milati, L. N., B. Nuryanto. 2019. Periode Kritis Pertumbuhan Tanaman Padi terhadap Infeksi Penyakit Hawar Pelepah dan Pengaruhnya terhadap Hasil Gabah. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 3(2): 61-66. <http://dx.doi.org/10.21082/jpftp.v3n2.2019.p61-66>
- Nababan, T., I. M. Sudana., I. D. P Singarsa. 2020. Pengaruh Jenis Formula Media Pembawa dan Bakteri PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) dalam Memacu Pertumbuhan dan Menekan Penyakit Blas (Blast) pada Tanaman Padi Beras Merah Lokal Jatiluwih. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 9(4): 290-298
- Nuraini, A. N., Aisyah., E. P Ramdan. 2020. Seleksi Bakteri Rhizosfer Tanaman Rambutan Sebagai Agens Biokontrol Penyakit Antraknosa pada Cabai (*Capsicum annuum* L.). *Jurnal Pertanian Presisi*. 4(2): 100-112. <https://doi.org/10.35760/jpp.2020.v4i2.2999>
- Nurjismi, R., Suryani. 2020. Uji Antagonis Actinomycetes terhadap Patogen *Colletotrichum capsici* Penyebab Penyakit Antraknosa pada Buah Cabai Rawit. *Jurnal Ilmiah Respati*. 11(1): 1-12. <https://doi.org/10.52643/jir.v11i1.843>
- Prihatiningsih N, Djatmiko HA, Erminawati, Lestari P. 2019. *Bacillus subtilis* from potato rhizosphere as biocontrol agent and chili growth promotor. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 23(2): 179-184. <https://doi.org/10.22146/jpti.40606>
- Purwantisari, S., A. Priyatmojo., R.P. Sancayaningsih dan R.S. Kasiamdari. 2016. Masa inkubasi gejala penyakit hawar daun tanaman kentang yang diinduksi ketahanannya oleh jamur antagonis *Trichoderma viride*. *Jurnal Bioma*. 18(1). <https://doi.org/10.1470/bioma>,
- Ramdan, Evan Purnama dan Risnawati. 2018. Aplikasi Bakteri Pemacu Pertumbuhan Tanaman dari Babadotan dan Pengaruhnya pada Perkembangan Benih Cabai. *Jurnal Pertanian Presisi*. 2(1): 1-10. <https://doi.org/10.35760/jpp.2018.v2i1.2002>
- Ramdan, E. P., Tondok, E.F., Wiyono, S., Hidayat, S. H., Widowo. 2018. Pengaruh Aplikasi Cendawan Endofit terhadap Pertumbuhan Bibit

- Cabai. SEMLOKNAS: Dari Lahan Sub Optimal Bersama PAgI menuju Kemandirian Pangan Nasional, Surabaya 22-23 November 2017.
- Ramdan, E. P., Arti, I. M., Risnawati. 2019. Identifikasi dan Uji Virulensi Penyakit Antraknosa pada Pascapanen Buah Cabai. *Jurnal Pertanian Presisi*. 3(1): 67-76. <http://dx.doi.org/10.35760/jpp.2019.v3i1.1976>
- Ramdan, Evan Purnama., Risnawati., P. I. Kanny., M. E. E. Miska., S. A. Lestari. 2021. Penekanan Pertumbuhan *Colletotrichum* sp. Penyebab Penyakit Antraknosa oleh Beberapa Agens Hayati pada Skala In Vitro. *Agrium*. 24(2): 68-72. <https://doi.org/10.30596/agrium.v24i2.8061>
- Ramdan, Evan Purnama., Risnawati., R. Kurniasih. 2022. Potensi Ekstrak Daun Sirih dan Rimpang Lengkuas dalam Menekan Pertumbuhan *Colletotrichum gleosporioides* Skala In Vitro. *Agropross: National Conference Proceedings of Agriculture*. 6: 290-295. <https://doi.org/10.25047/agropross.2022.299>
- Rifqah, R. A 2018. Uji Kemampuan Rizobakteri Indigenos Sebagai Agen Bio Kontrol Penyakit Antraknosa pada Cabai. *Jurnal Ensiklopedia*. 1(1): 119-123
- Salim, M. A. 2012. Pengaruh Antraknosa (*Colletotrichum capsici* dan *Colletotrichum acutatum*) terhadap Respons Ketahanan Delapan Belas Genotipe Buah Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.). *Jurnal ISTEK*, 6(2), 182–187.
- Silva, D. D., Groenewald, J. Z., Crous, P. W. Peter, K. A., Nasruddin, A., Mongkolporn, O., Taylor, P.W. J. 2019. Identification, prevalence and pathogenicity of *Colletotrichum* species causing anthracnose of *Capsicum annuum* in Asia. *IMA Fungus*, 10(8), 2-32. <https://doi.org/10.1186/s43008-019-0001-y>
- Simko, I., Piepho, H.P. 2012. The area under the disease progress stairs: Calculation, advantage, and application. *Phytopathology* 102:381- 389.
- Sivasakthi, S., Usharani, G., dan Saranraj, P. 2014. Biocontrol potentiality of Plant Growth Promoting Bacteria (PGPR)-*Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis*: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 9(16): 1265 – 1277. <https://doi.org/10.5897/AJAR2013.7914>
- Suwastini, M., Efri, E., Ivayani, I., Suharjo, R. 2020. Evaluasi Efektivitas Fraksi Ekstrak Jarak Tintir Dan Tembelean untuk Mengendalikan Penyakit Antraknosa Pada Cabai Merah. *Jurnal Agrotek Tropika*, 8(1), 19. <https://doi.org/10.23960/jat.v8i1.3671>
- Walters, D. R. 2015. *Physiological Responses of Plants to Attack, First Edition*. Publisher by John Wiley & Sons, Ltd, UK. <https://doi.org/10.1002/9781118783054>
- Yulianty, Lande ML., Handayani, TT. 2018. Efektivitas Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya* L.) untuk Mengendalikan Penyakit Antraknosa yang Disebabkan oleh Jamur *Colletotrichum* sp. pada Cabai (*Capsicum annuum* L.). *Jurnal Mikologi Indonesia*. 2(1): 49-55. <http://doi.org/10.46638/jmi.v2i1.40>
- Zhu, W., Chen, H., Ciechanowska, I., Spaner, D. 2018. Application of infrared thermal imaging for the rapid diagnosis of crop disease. *IFAC-PapersOnLine*, 51(17), 424–430. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.184>