

UJI KOMPATIBILITAS KOMBINASI *Bacillus thuringiensis* DAN *Pseudomonas aeruginosa* UNTUK MENGENDALIKAN *Fusarium oxysporum* PADA PEMBIBITAN MELON (*Cucumis melo* L.)

(Compatibility test of *Bacillus thuringiensis* and *Pseudomonas aeruginosa* combination to control *Fusarium oxysporum* in melon (*Cucumis melo* L.) seedlings)

Nuraida Masyitah¹, Tjut Chamzurni¹, Hartati Oktarina^{1*}

¹Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

*Corresponding author: oktarina.hartati@usk.ac.id

Abstrak. *Fusarium oxysporum* merupakan cendawan patogen penyebab layu fusarium dengan gejala sistemik berupa layu pada tanaman yang terserang. *F. oxysporum* dapat menyerang tanaman melon pada fase vegetatif dengan kerugian mencapai 90%, sehingga patogen ini harus dikendalikan. Pengendalian patogen yang lebih ramah lingkungan, seperti pemanfaatan agens hayati lebih diutamakan. *Bacillus thuringiensis* dan *Pseudomonas aeruginosa* telah dilaporkan mampu mengendalikan *F. oxysporum* penyebab penyakit pada tanaman. Dalam penelitian ini, diuji kemampuan kombinasi kedua agens hayati tersebut untuk mengendalikan *F. oxysporum* di pembibitan melon. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial yang terdiri dari empat perlakuan dengan enam kali ulangan. Perlakuan terdiri dari tanpa perlakuan antagonis, aplikasi *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* secara tunggal serta kombinasi *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* yang diaplikasikan dengan cara perendaman benih dan penyiraman. Parameter yang diamati meliputi kejadian penyakit, persentase perkecambahan benih melon, jumlah koloni bakteri awal dan akhir, tinggi tanaman dan bobot basah tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase kejadian penyakit terendah terlihat pada tanaman yang diberi perlakuan *P. aeruginosa* secara tunggal yaitu 15%. Insidensi penyakit lebih tinggi pada bibit melon dengan aplikasi kombinasi *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa*. Persentase perkecambahan benih melon paling tinggi terlihat pada tanaman dengan perlakuan *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* secara tunggal dengan persentase perkecambahan benih yaitu 71,67% dan 71,67%. Sedangkan persentase perkecambahan benih melon kombinasi *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* sebesar 66,67%. Perlakuan bakteri antagonis dapat meningkatkan jumlah koloni bakteri dari $41,5 \times 10^4$ hingga 357×10^4 . Tanaman yang diberi perlakuan *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* secara tunggal dapat meningkatkan tinggi tanaman secara berturut-turut 147,83 mm dan 151,87 mm. Perlakuan *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* secara tunggal dapat meningkatkan bobot basah tanaman sebesar 16,78 g dan 13,92 g dibandingkan tanaman yang diaplikasi bakteri kombinasi dan tanaman control. Secara keseluruhan, kombinasi *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* tidak memberikan efek sinergisme pada kemampuannya mengendalikan *F. oxysporum*.

Kata kunci : Bakteri antagonis, kejadian penyakit, pengendalian biologi, perkecambahan benih

Abstract. *Fusarium oxysporum* is a pathogenic fungus that causes fusarium wilt with systemic symptoms of wilting in affected plants. *F. oxysporum* infected melon plants in the vegetative phase cause 90%, loses make it an important plant pathogen. Environmentally friendly pathogen control, such as the use of biological agents, is preferred. *Bacillus thuringiensis* and *Pseudomonas aeruginosa* have been reported to be able to control *F. oxysporum* that causes disease in plants. In this study, the ability of the combination of the two biological agents to control *F. oxysporum* in melon nurseries was tested. This study used a non-factorial completely randomized design (CRD) consisting of four treatments with six replications. The treatments consisted of no antagonist treatment, single application of *B. thuringiensis* and *P. aeruginosa* and combination of *B. thuringiensis* and *P. aeruginosa* that applied by soaking the seeds and watering. The parameters observed included disease incidence, percentage of melon seed germination, number of bacterial colonies before and after application of antagonists, plant height and plant wet weight. The results showed that the lowest percentage of disease incidence was seen in plants treated with *P. aeruginosa* alone at 15%. Disease incidence was higher in melon seedling with application of *B. thuringiensis* and *P. aeruginosa* combination. The highest percentage of melon seed germination was seen in plants treated with *B. thuringiensis* and *P. aeruginosa* singly with a seed germination percentage of 71.67% and 71.67%. While the percentage of melon seed germination with the combination of *B. thuringiensis* and *P. aeruginosa* was 66.67%. Antagonistic bacteria treatment can increase the number of bacterial colonies from 41.5×10^4 to 357×10^4 . Plants treated with *B. thuringiensis* and *P. aeruginosa* singly can increase plant height by 147.83 mm and 151.87 mm, respectively. Treatment of *B. thuringiensis* and *P. aeruginosa* singly can increase plant wet weight by 16.78 g and 13.92 g compared to plants applied with

combined bacteria and control plants. Overall, the combination of *B. thuringiensis* and *P. aeruginosa* did not give a synergism effect on their ability to control *F. oxysporum*.

Keywords: Antagonist bacteria, biological control, disease incidence, seed germination

PENDAHULUAN

Melon (*Cucumis melo* L.) merupakan tanaman hortikultura yang memiliki nilai jual tinggi. Tanaman melon berasal dari Benua Afrika dan sudah tersebar di seluruh penjuru dunia, salah satunya Indonesia. Di Indonesia, tanaman melon sudah banyak dibudidaya di beberapa daerah seperti Sukabumi, Ngawi, Madiun, Ponorogo, Aceh Besar dan daerah lainnya (Ginting et al., 2016; Fadhla and Ismail, 2021). Provinsi Aceh merupakan salah satu wilayah yang menghasilkan tanaman melon dengan total produksi mencapai 4.716 ton (BPS Aceh, 2019). *F. oxysporum* dapat menyerang tanaman melon pada fase vegetatif (Suwarno and Masnilah, 2020). Cendawan patogen tular tanah ini dapat bertahan di dalam tanah tanpa tanaman inang dalam bentuk kladospora selama kurang lebih 10 tahun. Serangan cendawan ini berupa gejala sistemik, sehingga dapat menyebabkan kerugian mencapai 90% (Dewi et al., 2013; Dotulong et al., 2019).

Serangan pada pembibitan melon akan menyebabkan benih gagal berkecambah. Tanaman yang terinfeksi cendawan *F. oxysporum* pada fase vegetatif menunjukkan gejala layu, daun akan menguning, tanaman menjadi kerdil, dan mati jika serangannya parah. Gejala lain dari serangan cendawan ini dapat dilihat dari batangnya, jika dibelah akan terlihat gejala internal berupa nekrotik berwarna coklat (*browning*) disepanjang pembuluh xylem (Annura et al., 2021). Pengendalian yang umum dilakukan petani adalah dengan menggunakan fungisida sintetik yang berbahan aktif benomil, fuberidazol, tiabendazol, dan karbondazim. Bahan aktif tersebut diketahui dapat menyebabkan iritasi pada kulit serta bersifat karsinogen pada manusia. Penggunaan fungisida sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, karena dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti mual-mual, pusing, iritasi pada kulit hingga dapat menyebabkan kanker dan kematian (Amilia et al., 2016).

Penggunaan fungisida sintetik juga dapat menyebabkan resistensi patogen, dapat membunuh mikroba tanah yang bermanfaat, mencemari lingkungan, dan meninggalkan residu pada produk pertanian (Flori et al., 2020). Salah satu alternatif pengendalian untuk mengurangi penggunaan fungisida sintetik adalah dengan memanfaatkan agens hayati dalam mengendalikan penyakit layu fusarium pada tanaman melon. Maulidia et al. (2021), menyatakan bakteri *Bacillus thuringiensis* dan *Pseudomonas aeruginosa* dapat digunakan untuk mengendalikan penyakit layu fusarium pada tanaman tomat. Kedua bakteri ini merupakan agens hayati beberapa patogen tumbuhan dengan kemampuannya yang mampu bersaing dalam memperoleh makanan serta dapat menghasilkan senyawa metabolit sekunder seperti antibiotik, siderofor, enzim ekstraseluler dan mikotoksin (Diarta et al., 2016; Maulidia et al., 2021).

Bakteri *B. thuringiensis* merupakan bakteri saprofit pembentuk endospora yang terdapat di tanah, air, dan permukaan tumbuhan. Bakteri ini bersifat gram positif dan aerob. Bakteri ini merupakan biopestisida komersial dan sudah memenuhi syarat sebagai agens mikroba pengendali hama dan vektor penyakit tumbuhan, sehingga pengaplikasian biopestisida ini cepat berkembang (Suryanto et al., 2007). Genus *Bacillus* mempunyai kemampuan dalam mensintesis beberapa senyawa seperti *basilin*, *basitrasin*, *basilomisin*, *difisin*, *oksidifisidin*, *lesitinase*, *subtilisin*, dan *fengymycin* yang berguna dalam bidang industri dan pertanian yang berperan dalam menghambat agens penyebab penyakit tanaman (Flori et al., 2020;

Prihatiningsih et al., 2015). Suwarno and Masnilah (2020), menyatakan bahwa pengaplikasian *Bacillus* sp. dengan dosis 50 ml/tanaman dapat menekan keparahan penyakit layu fusarium pada tanaman melon sebesar 66,25%. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Maulidia et al. (2021), benih dan bibit tomat yang direndam *B. thuringiensis* sebanyak 50 ml/cawan petri 72 jam dapat menekan serangan *F. oxysporum* sebesar 50,7%.

Bakteri *Pseudomonas* sp. dapat menghasilkan siderophore yang dapat menekan perkembangan patogen penyakit layu fusarium. Senyawa siderophore merupakan senyawa yang tidak dihasilkan oleh cendawan patogen. Senyawa siderophore ini juga dapat digunakan untuk mengendalikan penyakit tumbuhan dan dapat menyediakan mineral yang dibutuhkan sel mikroba. Senyawa ini mampu mengikat unsur besi yang ada di lingkungan sehingga menyebabkan cendawan patogen mengalami defisit unsur besi dan menyebabkan pertumbuhan cendawan patogen terhambat (Agustina et al., 2021; Widnyana, 2012). Agens antagonis bakteri *P. aeruginosa* juga dapat menghasilkan antibiotik yang tinggi. Benih dan bibit tomat yang direndam *P. aeruginosa* sebanyak 50 ml/cawan petri selama 72 jam dapat menekan serangan *F. oxysporum* pada tanaman tomat sebesar 70% (Ariani et al., 2020; Maulidia et al., 2021).

Yigit and Dikilitas (2007), menyatakan bahwa keefektifan antagonis dapat ditingkatkan dengan menggabung beberapa isolat agens antagonis. Berdasarkan penelitian Ashna and Majid (2018), kombinasi bakteri antagonis *P. fluorescens* dan *B. subtilis* dapat menghambat pertumbuhan koloni cendawan *F. oxysporum* pada tanaman pisang secara *in vitro* sebesar 70,2% - 88,1%, secara *in vivo* kombinasi kedua bakteri tersebut dapat menekan insidensi penyakit sebesar 12,4% dibandingkan dengan persentase insidensi penyakit pada tanaman kontrol yang mencapai 81,6%. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan diuji keefektifan kombinasi *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* yang diaplikasi dengan metode rendam benih dan siram bibit pada dosis 50 ml/tanaman untuk menekan serangan *F. oxysporum* pada tanaman melon (*Cucumis melo* L.) di pembibitan.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan dan Rumah Kasa Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala Penelitian ini dimulai sejak Juli sampai dengan September 2022.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah lampu bunsen, *laminar air flow* (LAF), *autoclave*, cawan petri, alat tulis, *erlemeyer*, ayakan, timbangan digital, jarum ose, vortex, saringan, stoples, tabung reaksi, *rotary shaker*, mikropipet, *spektrofotometer*, *cork borer*, *colony counter*, dan *scapel*. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah media *Nutrient Agar* (NA), *Potato Dextrose Agar* (PDA), *Yeast Peptone Glucose*, *Agar* (YPGA), aquades, alkohol 70%, beras, terasi, benih melon varietas pertiwi, polybag yang berukuran 8×9 cm, cendawan patogen *F. oxysporum* isolat dari tanaman melon, keong mas, agens hayati berupa bakteri *B. thuringiensis* yang berasal dari akar tanaman kakao dan *P. aeruginosa* yang berasal dari akar jambu biji. Ketiga isolat tersebut merupakan koleksi dari Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial yang terdiri dari empat perlakuan dengan enam kali ulangan, setiap ulangan terdiri dari 10 tanaman sehingga diperoleh 240 unit tanaman percobaan.

Prosedur Penelitian

Perbanyak inokulum *F. oxysporum*

Isolat cendawan *F. oxysporum* yang diperoleh dari biakan murni diperbanyak pada media PDA dan beras. Beras sebanyak 1 kg dicuci hingga bersih, kemudian direndam dengan menggunakan air bersih selama 1 jam. Selanjutnya beras tersebut ditiriskan hingga kering. Beras yang sudah ditiriskan dimasukkan ke dalam kantong plastik tahan panas yang berukuran 2 kg lalu diikat dengan menggunakan karet gelang. Beras tersebut disterilkan menggunakan *autoclave* pada suhu 121°C selama 30 menit. Beras yang sudah steril diletakkan dalam *laminar air flow* hingga beras dingin. Kemudian inokulum *F. oxysporum* yang telah diperbanyak pada media PDA dipotong dengan ukuran 1×1 cm, untuk diinokulasikan pada media beras dan diaduk perlahan agar spora cendawan merata. Biakan diaduk setiap 3 hari sekali supaya spora cendawan merata dalam substrat beras. Media beras yang sudah diinokulasi fusarium, diinkubasikan selama 30 hari.

Peremajaan *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa*

Bakteri *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* yang digunakan merupakan koleksi Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan Jurusan Proteksi Tanaman. Bakteri *B. thuringiensis* merupakan hasil isolasi dari akar tanaman kakao. Sedangkan bakteri *P. aeruginosa* merupakan hasil isolasi dari akar tanaman jambu biji. Kedua bakteri antagonis tersebut diremajakan pada media NA. Sebanyak 2,8 g NA dimasukkan ke dalam *erlenmeyer* kemudian dituangkan aquades sebanyak 100 ml. Larutan tersebut disterilkan di dalam *autoclave* pada suhu 121°C selama 30 menit. Setelah steril, media dituang secara aseptik ke dalam cawan petri sebanyak 10 ml. Masing-masing bakteri antagonis diambil sebanyak satu jarum ose steril lalu dipindahkan pada permukaan media NA yang baru, digores secara zig-zag lalu diinkubasikan selama 3 hari pada suhu ruang 28°C.

Formulasi *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa*

Formulasi yang digunakan pada penelitian ini adalah keong mas (*Pomacea canaliculata*). Persiapan formulasi keong mas dilakukan berdasarkan (Soesanto et al. (2011) dan Maulidia et al. (2021), keong mas dibuat kaldu dengan merebus 400 g daging keong mas ke dalam 500 ml air dan ditambahkan 2 g terasi. Daging keong mas direbus hingga empuk, kemudian kaldunya disaring, lalu dimasukkan dalam stoples steril. Stoples tersebut ditutup rapat dan dimasukkan ke dalam air dingin, setelah dingin kemudian dimasukkan masing-masing isolat bakteri sebanyak 5 ml, lalu diaduk dengan menggunakan *rotary shaker* selama 15 hari pada suhu 28°C.

Inokulasi cendawan *F. oxysporum*

Inokulasi isolat cendawan *F. oxysporum* dilakukan 3 hari sebelum tanam, dengan cara membenamkan 2 g substrat beras yang telah ditumbuhi cendawan patogen kedalam tanah dengan kedalaman ± 3 cm. Media tanam yang sudah diinokulasi cendawan patogen, ditutup dengan menggunakan plastik transparan selama 3 hari yang bertujuan untuk menstimulasi

pertumbuhan cendawan patogen serta dapat menjaga kelembapan sehingga dapat merangsang pertumbuhan inokulum *F. oxysporum* (Chamzurni et al., 2010).

Persemaian tanaman melon

Media tanam yang digunakan adalah campuran tanah dan pupuk kompos dengan perbandingan 1:1. Media tanam benih melon disterilkan terlebih dahulu dengan menggunakan *auctoclave* pada suhu 121°C tekanan 1 atm selama 30 menit (Budi, 2012). Benih melon yang digunakan adalah varietas pertiwi yang terlebih dahulu direndam dengan menggunakan air hangat selama 10 menit. Benih yang tenggelam ditiriskan dengan menggunakan saringan untuk digunakan pada persemaian, sedangkan benih yang terapung dibuang. Perendaman benih ini dilakukan dengan tujuan agar dapat memperoleh benih yang bermutu, yaitu benih yang mampu berkecambah dalam kondisi yang baik dan mampu menghasilkan bibit yang berkualitas. Penyemaian benih menggunakan polybag yang berukuran 8×9 cm. Penyemaian benih dilakukan pada sore hari dan disiram 2 hari sekali dengan menggunakan alat penyemprot.

Aplikasi agens hayati

Agens hayati diaplikasi sebanyak dua kali, sebelum dan sesudah bibit ditanam. Sebelum ditanam, benih akan direndam pada masing-masing suspensi agens hayati sebanyak 50 ml pada cawan petri selama 15 menit (Nurmaghfiroh and Wiyono, 2018; Maulidia et al., 2021). Sedangkan benih tanpa perlakuan bakteri direndam dengan aquades. Pengaplikasian agens hayati selanjutnya disiramkan pada saat bibit melon berumur 7 hari setelah tanam (HST) sebanyak 50 ml/tanaman (Suwarno and Masnilah, 2020).

Pemeliharaan

Pemeliharaan yang dilakukan berupa penyiraman yang dilakukan pada pagi dan sore hari. Patogen selain fusarium yang menyerang tanaman selama pengamatan, dimasukkan sebagai data tambahan yang dapat mendukung data selama penelitian berlangsung.

Peubah yang diamati

Kejadian penyakit (*disease incidence*)

Bibit melon yang tumbuh dilakukan pemeliharaan bibit selama 2 minggu. Persentase penyakit layu fusarium diamati pada 14 HST. Usia tanaman dilahan persemaian ialah 14 hari (2 minggu). Persentase penyakit layu fusarium ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{a}{b} \times 100\%$$

Keterangan :

- P : Persentase kejadian mati (%)
- a : Jumlah tanaman mati
- b : Jumlah tanaman yang diamati

Persentase perkecambahan benih melon

Pengamatan perkecambahan benih melon dilakukan pada saat tanaman melon berumur 7 HST. Persentase perkecambahan benih melon dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

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

Keterangan :

- K : Persentase benih yang berkecambah
n : Jumlah benih yang berkecambah
N : Jumlah benih yang diamati

Jumlah koloni bakteri awal dan akhir

Pengamatan ini dilakukan dengan mengambil sampel tanah sebelum dan sesudah tanah diapikasikan agens hayati. Sampel tanah yang sudah steril dan sampel tanah yang diambil pada hari terakhir penelitian (14 HST), dibuat pengenceran hingga pengenceran 10^{-4} . Kemudian, diambil 1 ml supensi dituangkan ke media NA lalu diratakan dan diinkubasi selama 3 hari. Selanjutnya, mikroba yang tumbuh dihitung dengan menggunakan *colony counter*.

Rata-rata tinggi tanaman melon

Tinggi tanaman diamati pada hari terakhir pengamatan, yaitu ketika bibit berumur 14 hari setelah semai. Tinggi tanaman diukur menggunakan mistar. Tinggi tanaman dihitung pada setiap unit percobaan, kemudian direratakan setiap ulangan.

Bobot basah bibit

Bobot basah bibit diamati pada hari terakhir pengamatan yaitu ketika bibit berumur 14 hari setelah semai. Bobot basah bibit ditimbang menggunakan timbangan digital.

Analisis Data

Data hasil pengamatan akan dianalisis dengan menggunakan uji Anova. Hasil uji F yang menunjukkan pengaruh nyata ($\alpha = 5\%$), dilanjutkan uji beda antar rata-rata perlakuan menggunakan prosedur Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 0,05 (Gomez and Gomez, 1995). Rumus BNT 0,05 adalah sebagai berikut :

$$\text{BNT } 0,05 = t_{0,05} \frac{\sqrt{2KT_{\text{galat}}}}{\text{Ulangan}}$$

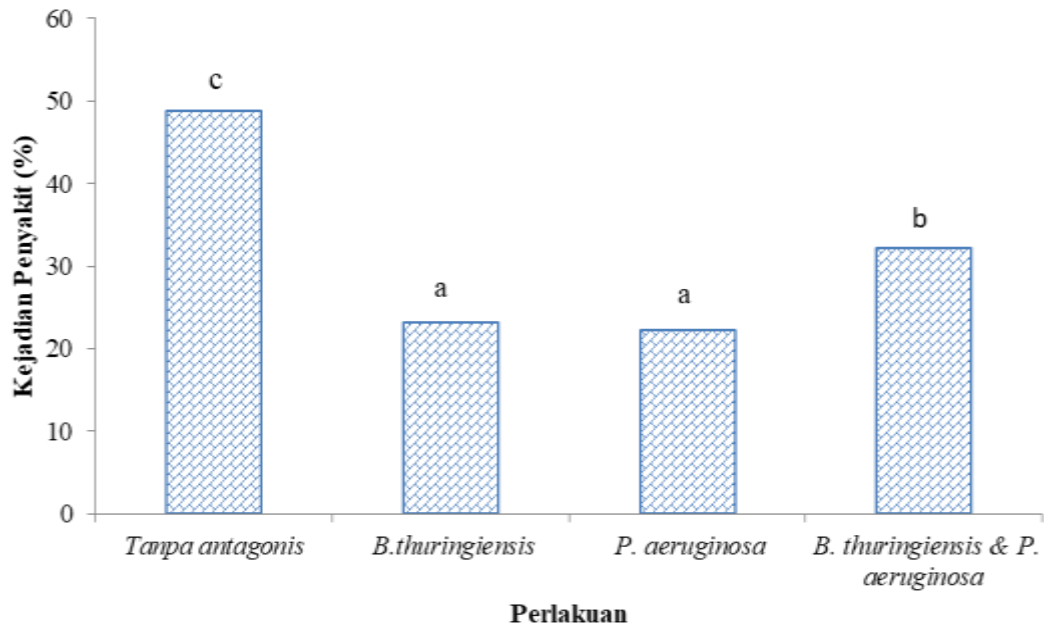
Keterangan :

- BNT : Beda Nyata Terkecil
t : Tabel t-student
KT : Nilai kuadrat tengah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persentase Kejadian Penyakit (*disease incidence*)

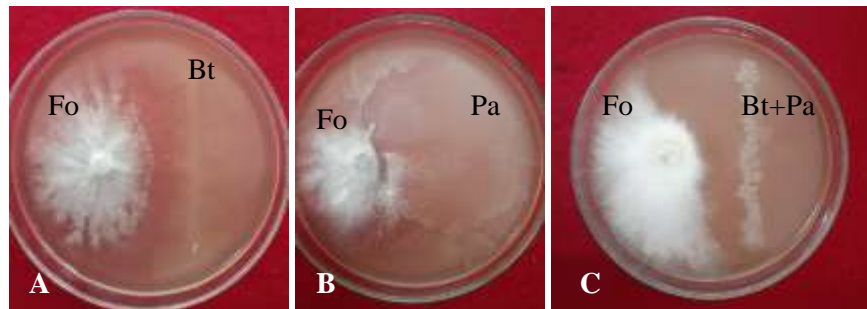
Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan bakteri antagonis berpengaruh sangat nyata terhadap persentase kejadian penyakit. Persentase kejadian penyakit yang diberi perlakuan bakteri antagonis pada pembibitan melon dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Persentase kejadian penyakit pada tanaman melon yang diaplikasi *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* secara tunggal dan kombinasi . Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf 0,05%.

Gambar 1 menunjukkan bahwa aplikasi bakteri antagonis tunggal tidak berbeda nyata terhadap persentase kejadian penyakit. Persentase kejadian penyakit dengan perlakuan *P. aeruginosa*, *B. thuringiensis* dan diikuti dengan perlakuan bakteri kombinasi secara berturut-turut yaitu 15%, 18,3% dan 31,7%. Persentase kejadian penyakit pada tanaman melon dengan perlakuan bakteri tunggal berbeda nyata dengan tanaman yang diaplikasi bakteri kombinasi. Diduga dosis bakteri yang digunakan untuk kombinasi pada penelitian ini kurang, sehingga pengaruh sinergisme kedua agens antagonis tidak terlihat. Widiyawati et al., (2014) menyatakan bahwa kemampuan bakteri dalam menekan patogen tergantung dari kepadatan koloni bakteri dan kemampuan isolat dalam menginduksi ketahanan tanaman sehingga mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Persentase kejadian penyakit pada tanaman yang diberi perlakuan bakteri antagonis berbeda nyata dengan tanaman kontrol. Hal ini dikarenakan bakteri antagonis mengandung senyawa antibiosis yang dapat menekan serangan patogen. Bakteri antagonis dapat menekan serangan patogen dengan mengeluarkan senyawa antibiosis dan enzim kitinase yang digunakan untuk mendegradasi dinding sel patogen. Bakteri antagonis mengandung senyawa antibiosis yang dapat menekan serangan patogen. Berdasarkan penelitian Zainul et al. (2015), *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. dapat menghasilkan senyawa antibiotis yang mampu menginduksi ketahanan tanaman terhadap patogen tanaman (*bioprotectan*).

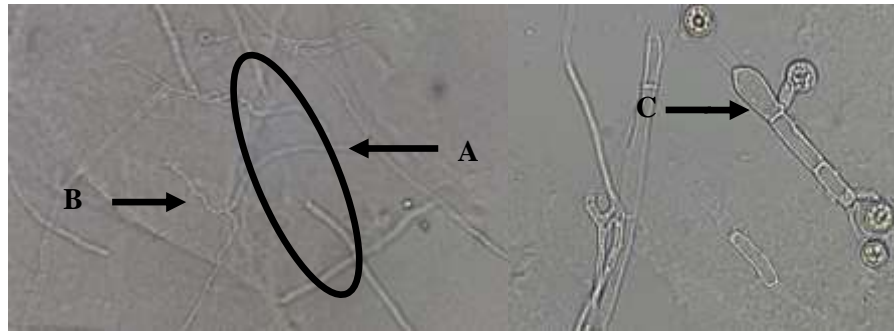
Secara makroskopis, dapat dilihat hasil uji antagonis bakteri *in vitro* menunjukkan bahwa pertumbuhan cendawan patogen terhambat (Gambar 2). Terhambatnya pertumbuhan patogen terjadi karena adanya aktivitas bakteri antagonis yang berkompetisi dalam memperoleh nutrisi dan ruang tumbuh pada media yang sama, sehingga cendawan patogen tidak dapat tumbuh dengan baik. Tingginya aktivitas senyawa antibiotik bakteri *P. aeruginosa* menyebabkan pertumbuhan bakteri semakin cepat sehingga mampu memenuhi cawan petri (Gambar 2B). Papuungan (2009) menyatakan bahwa, kemampuan bakteri dalam menghambat cendawan patogen ditentukan oleh jenis strain bakteri dan senyawa antimikroba yang dihasilkan.



Gambar 2. Pertumbuhan *F. oxysporum* yang terhambat oleh bakteri *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* secara tunggal dan kombinasi. (A) *B. thuringiensis* (P1), (B) *P. aeruginosa* (P2), (C) *B. thuringiensis* + *P. aeruginosa*.

Kemampuan antibiosis yang dimiliki oleh bakteri antagonis dapat menghambat pertumbuhan cendawan patogen baik secara morfologi maupun fisiologi. Purwantisari et al. (2005) menyatakan, mekanisme bakteri dalam menghambat pertumbuhan cendawan patogen ialah dengan menghasilkan senyawa antibiosis yang dapat mendegradasi dinding sel cendawan sehingga mempengaruhi permeabilitas membran sel, serta menekan sintesis protein pada cendawan, akibatnya cendawan mengalami kekurangan protein dan pertumbuhannya terganggu. Maulidia (2021) menyatakan bahwa, bakteri antagonis mempunyai aktivitas peroksidase yang tinggi. Aktivitas enzim peroksidase berperan penting dalam penguatan dinding sel (lignifikasi) tanaman dan pembentukan hydrogen peroksida. Peroksidase berperan sebagai katalis dalam proses polimerase monolignol yang membangun lignin. Dengan keberadaan lignin dapat meningkatkan ketahanan mekanik sel tanaman dan terjadi penebalan dinding sel sehingga sulit terjadi penetrasi oleh patogen. Selain itu, bakteri antagonis juga dapat menghasilkan senyawa *siderophore*.

Widnyana (2012) menyatakan bahwa, senyawa *siderophore* dapat dihasilkan oleh *P. aeruginosa*, *P. fluorescens*, *P. putida* dan *Bacillus* sp. Senyawa *siderophore* mampu menekan pertumbuhan patogen, hal ini disebabkan ion Fe yang dibutuhkan cendawan patogen untuk pertumbuhannya tidak tersedia akibat dihelat oleh senyawa *siderophore*. Dey et al. (2004), menyatakan bahwa mekanisme kerja senyawa *siderophore* dengan mengkolonisasi perakaran tanaman dengan mengikat Fe^{3+} yang digunakan dalam proses biosintesis protein, sehingga dapat menginduksi ketahanan tanaman dengan adanya interaksi mikroba tanaman. Mekanisme *siderophore* terjadi dengan tingginya perkembangbiakan bakteri yang mengkolonisasi area perakaran tanaman dengan mengikat Fe^{3+} sehingga senyawa tersebut tidak tersedia bagi cendawan patogen akibatnya pertumbuhan cendawan patogen terganggu (Widnyana, 2012).



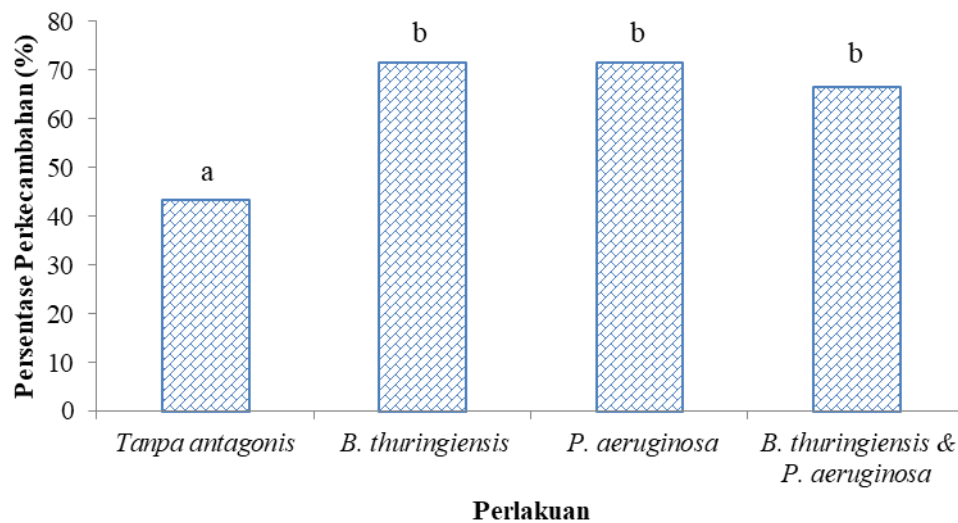
Gambar 3. Mikroskopis (*duel culture*) bakteri antagonis dengan *F. oxysporum*. (A) hifa *F. oxysporum* terdegradasi, (B) hifa *F. oxysporum* keriting, (C) hifa *F. oxysporum* malformasi (pembengkakan)

Bakteri antagonis menghasilkan enzim selulase, protease dan kitinase yang mampu mendegradasi dinding sel cendawan dengan cara penetrasi dan mengabsorpsi seluruh isi sel cendawan (Maulidia et al., 2021). Senyawa antibiosis yang dihasilkan oleh bakteri antagonis dapat menyebabkan pertumbuhan hifa *F. oxysporum* mengalami pertumbuhan abnormal seperti keriting, lisis dan malformasi yang dapat dilihat secara mikroskopis pada Gambar 3. Hal ini disebabkan oleh adanya senyawa antibiosis yang dapat mendegradasi dinding sel sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan cendawan. Supriadi (2006) menyatakan bahwa, *Bacillus* sp. menghasilkan senyawa *basitrasin*, *basilin*, *basilomisin B*, *difisidin*, *oksidifisin*, *lestinase*, dan *subtilin*, sedangkan bakteri *Pseudomonas* sp. menghasilkan senyawa *siderophore*, *pyloteorin*, *oomycin*, *phenazine 1-carboxylic acid*, *2,4-diacetylphloroglucinol*. Berdasarkan penelitian Zainul et al. (2015), pertumbuhan hifa cendawan patogen terganggu disebabkan senyawa antibiosis yang dihasilkan oleh bakteri serta adanya enzim kitinase yang dapat mendegradasi kitin menjadi *N-asetilglukosamin* sehingga hifa mengalami malformasi, lisis dan keriting.

Persentase Perkecambahan Benih Melon

Benih melon yang diberi perlakuan *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* tunggal lebih banyak berkecambah dibandingkan dengan benih yang diberi perlakuan bakteri kombinasi. Penggabungan kedua bakteri antagonis tidak mampu meningkatkan perkecambahan benih melon. Diduga kandungan senyawa antibiosis kedua bakteri tersebut tidak dapat bekerja secara sinergis sehingga tidak meningkatkan perkecambahan benih melon. Benih melon yang diberi perlakuan bakteri antagonis lebih banyak berkecambah dibandingkan benih melon tanpa perlakuan bakteri antagonis. Perlakuan perendaman benih melon dalam agens antagonis dapat menekan serangan *F. oxysporum* pada benih sehingga perkecambahan benih meningkat.

Gambar 4 menunjukkan tanaman dengan perlakuan bakteri antagonis yang diaplikasi secara tunggal dan kombinasi tidak berbeda nyata terhadap persentase perkecambahan benih melon. Hal ini sejalan dengan pernyataan Foster and Bell (2012), penggabungan dua bakteri tidak selalu memberikan pengaruh yang lebih baik. Pada beberapa penelitian penggabungan bakteri tidak berpengaruh (netral), sejalan dengan penelitian Marwoto et al. (2012), perlakuan *B. subtilis* secara tunggal lebih efektif untuk mengendalikan *Ralstonia solanacearum* pada tanaman kentang dibandingkan dengan perlakuan *B. subtilis* yang digabungkan dengan *P. fluorescens*. Marwoto et al. (2012) menyatakan bahwa kelompok bakteri *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. yang ditumbuhkan pada media yang sama yaitu media king's B dan PDA saling menghambat satu sama lain sehingga jika kedua bakteri tersebut digabungkan tidak memberikan pengaruh yang lebih baik.



Gambar 4. Persentase perkecambahan benih melon yang diaplikasi *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* secara tunggal dan kombinasi. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 0,05%.

Perkecambahan melon yang diberi perlakuan bakteri antagonis berbeda nyata jika dibandingkan dengan tanaman kontrol. Persentase perkecambahan benih melon yang diaplikasi bakteri antagonis secara kombinasi lebih rendah dibandingkan benih yang diaplikasi bakteri secara tunggal, yaitu 66,67%, 71,67% dan 71,67%. Sedangkan persentase perkecambahan benih pada tanaman kontrol sebesar 43,33%. Diduga bakteri antagonis dapat menghasilkan senyawa antibiosis sehingga mampu menekan perkembangan patogen. Berdasarkan penelitian Zainul et al. (2015), bakteri antagonis menghasilkan senyawa antibiotis yang dapat menginduksi ketahanan tanaman sehingga mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Jumlah Koloni Bakteri Awal dan Akhir

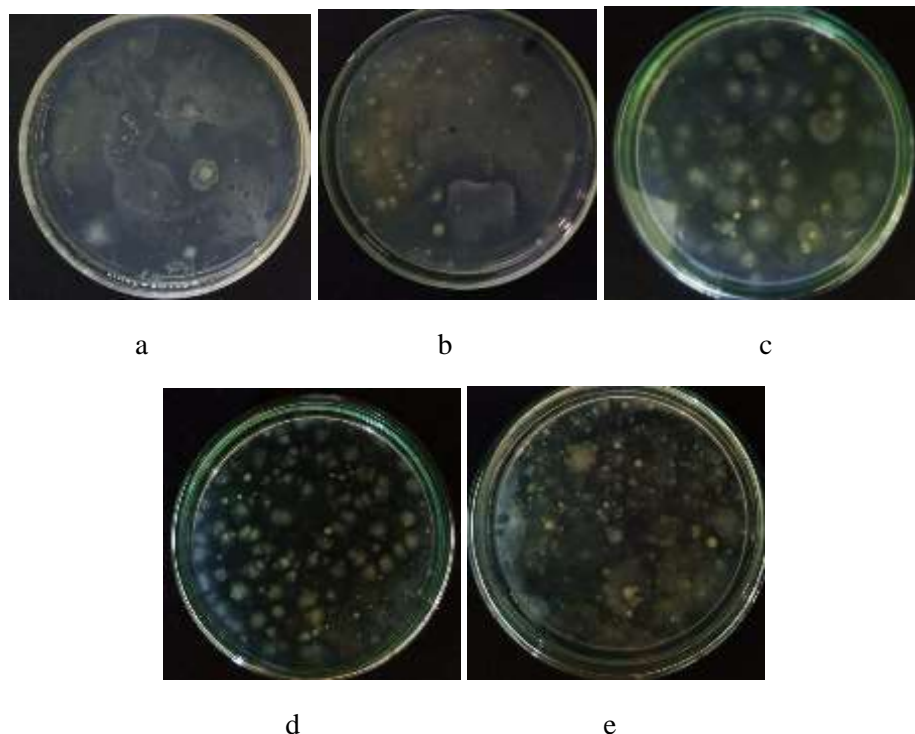
Pemberian bakteri antagonis pada tanaman melon berpengaruh sangat nyata terhadap penambahan jumlah koloni bakteri. Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan bakteri *P. aeruginosa* tunggal dan perlakuan bakteri kombinasi berbeda tidak nyata terhadap jumlah koloni bakteri. Jumlah koloni awal bakteri pada tanah steril ialah $41,5 \times 10^4$, jumlah koloni bakteri semakin bertambah setelah diberi perlakuan bakteri antagonis. Jumlah koloni bakteri pada tanaman yang diberi perlakuan bakteri antagonis berbeda nyata dengan tanaman kontrol. Jumlah koloni bakteri terbanyak terdapat pada perlakuan bakteri yang diaplikasi *P. aeruginosa* secara tunggal yaitu 357×10^4 , jumlah koloni mikroba yang paling sedikit terdapat pada tanaman kontrol yaitu 108×10^4 . Jumlah koloni bakteri mengalami kenaikan dengan adanya penambahan bakteri antagonis pada media tanam. Jumlah koloni bakteri *B. thuringiensis* lebih rendah dibandingkan dengan jumlah koloni *P. aeruginosa* diduga kedua bakteri ini mempunyai mekanisme kerja yang berbeda. Maulidia (2021) menyatakan bahwa, mekanisme kerja bakteri *B. thuringiensis* ialah dengan menghasilkan senyawa antibiosis dalam menekan serangan patogen, sedangkan mekanisme kerja *P. aeruginosa* ialah dengan kolonisasi.

Tabel 1. Rata-rata jumlah koloni bakteri akhir yang diaplikasi *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* secara tunggal dan kombinasi.

Perlakuan	Jumlah Koloni Bakteri Akhir (10^4)
Tanpa antagonis	108 a
<i>B. thuringiensis</i>	203 b
<i>P. aeruginosa</i>	357 c
<i>B. thuringiensis</i> + <i>P. aeruginosa</i>	348 c
BNT	0.8

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata (data merupakan hasil transformasi \sqrt{x}).

Pada Gambar 5 dapat dilihat tingkat kepadatan koloni bakteri berbeda setiap perlakuan, kepadatan bakteri yang diberi perlakuan memiliki jumlah koloni lebih banyak daripada perlakuan kontrol. Jumlah koloni *P. aeruginosa* yang diaplikasi secara tunggal tidak berbeda nyata dengan perlakuan bakteri kombinasi yaitu 357×10^4 dan 348×10^4 . Diduga pada perlakuan bakteri kombinasi, bakteri yang dominan ialah bakteri dari kelas *Pseudomonas* sp. dan bakteri tanah. Mekanisme kerja *P. aeruginosa* ialah dengan memperbanyak koloni sehingga pada perlakuan bakteri kombinasi diduga bakteri yang dominan ialah bakteri dari kelas *Pseudomonas* sp. *P. aeruginosa* memiliki aktivitas fosfat yang tinggi dan menghasilkan enzim selulase yang digunakan dalam proses pertumbuhan bakteri (Maulidia, 2021).



Gambar 5. Jumlah koloni bakteri setiap perlakuan. (a) Tanah steril, (b) Tanpa perlakuan bakteri antagonis, (c) *B. thuringiensis*, (d) *P. aeruginosa*, (e) *B. thuringiensis* + *P. aeruginosa*

Jika dibandingkan dengan jumlah koloni pada perlakuan bakteri kombinasi dengan perlakuan *P. aeruginosa* tunggal jumlah koloni pada perlakuan *P. aeruginosa* tunggal lebih banyak daripada jumlah koloni pada perlakuan bakteri kombinasi. Hal ini diduga pada perlakuan bakteri kombinasi kedua bakteri antagonis tersebut saling menghambat sehingga pertumbuhan koloni bakteri pada perlakuan tersebut berkurang. Marwoto et al. (2012) menyatakan bahwa, kelompok bakteri *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. jika dikombinasi akan bersifat tidak kompetibel, artinya jika digabungkan kedua bakteri antagonis tersebut saling menghambat.

Rata-Rata Tinggi Tanaman Melon

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa tanaman melon yang diaplikasi bakteri antagonis berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman melon. Rata-rata tinggi tanaman melon dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata tinggi tanaman melon (mm) yang diaplikasi *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* secara tunggal dan kombinasi.

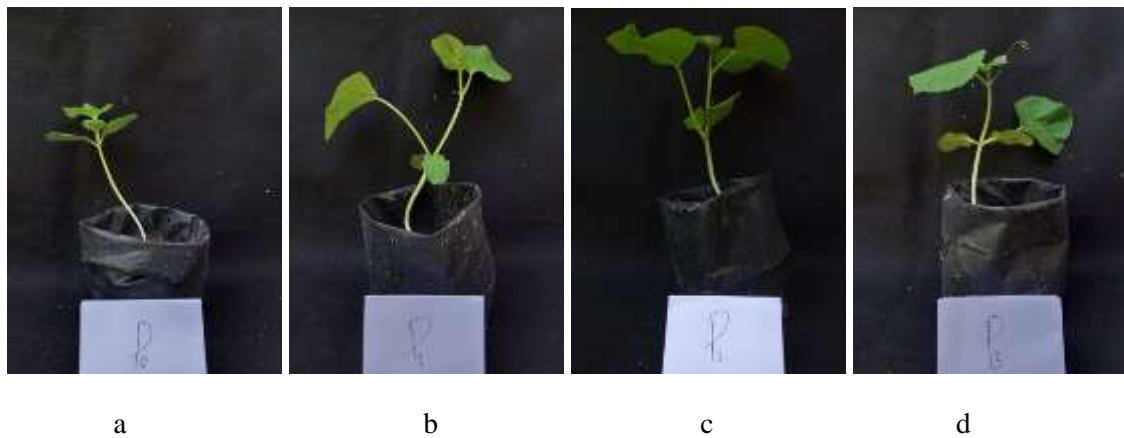
Perlakuan	Rata-Rata Tinggi Tanaman Melon (mm)
Tanpa antagonis	65.25 a
<i>B. thuringiensis</i>	147.83 c
<i>P. aeruginosa</i>	151.87 c
<i>B. thuringiensis</i> + <i>P. aeruginosa</i>	110.50 b
BNT	0.64

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata (data merupakan hasil transformasi \sqrt{x}).

Tabel 2 menunjukkan bahwa tanaman yang diaplikasi bakteri antagonis tunggal tidak berbeda nyata terhadap tinggi tanaman, namun tanaman yang diberi perlakuan bakteri tunggal berbeda dan perlakuan bakteri kombinasi berbeda nyata terhadap tinggi tanaman. Tanaman yang diberi perlakuan bakteri tunggal berupa *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* memiliki rata-rata tinggi tanaman 147,83 mm dan 151,87 mm, sedangkan tinggi tanaman yang diberi perlakuan bakteri secara kombinasi yaitu 110,50 mm. Perlakuan bakteri antagonis yang dikombinasikan tidak dapat meningkatkan tinggi tanaman, hal ini diduga penggabungan dua bakteri antagonis tidak memberikan pengaruh yang lebih baik. Marwoto et al. (2012) menyatakan bahwa, bakteri *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. jika dikombinasikan tidak memberikan pengaruh yang lebih baik, kelompok dua bakteri tersebut jika digabungkan tidak dapat bekerja secara sinergis.

Tinggi tanaman yang paling rendah terdapat pada tanaman tanpa perlakuan bakteri antagonis. Diduga tanaman yang diberi perlakuan bakteri antagonis dapat meningkatkan tinggi tanaman jika dibandingkan dengan tanaman tanpa perlakuan bakteri antagonis. Menurut Istiqomah et al. (2017), bakteri antagonis mampu menghasilkan fitohormon seperti indol-3-acetic acid (IAA) yang berperan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dengan meregulasi berbagai proses fisiologi seperti pembelahan dan diferensiasi serta dapat mensintesis protein. Maulidia (2021), menyatakan kemampuan bakteri antagonis dalam menghasilkan hormon tumbuhan seperti IAA (auksin) berperan penting dalam meningkatkan perkembangan tunas dan

akar melalui pembelahan dan pemanjangan sel, bakteri yang mampu menghasilkan hormon ini adalah *P. aeruginosa*, *B. thuringiensis*, *B. subtilis* dan *Azotobacter chroococum*.



Gambar 6. Tinggi tanaman melon. (a) Tanpa perlakuan antagonis, (b) *B. thuringiensis*, (c) *P. aeruginosa*, (d) *B. thuringiensis* + *P. aeruginosa*

Gambar 6 menunjukkan tinggi tanaman melon yang berbeda setiap perlakuan, bakteri antagonis yang digunakan pada perlakuan benih dapat berperan sebagai pemacu pertumbuhan, karena mampu menghasilkan zpt dan mampu melarutkan fosfat, hal ini dibuktikan respon pertumbuhan tanaman hingga 14 HST. *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* memiliki kemampuan yang sama dalam melarutkan fosfat dengan mekanismenya menghasilkan asam organik subsinat, asam sitrat, glutamat, oksalat, laktat, fumarat, dan malat (Jannah et al., 2022). Menurut (Maulidia et al. 2021), bakteri antagonis mampu menghasilkan *siderophore* yang berperan penting dalam PGPR dan sangat responsif dalam melarutkan senyawa Fe^{3+} yang dibutuhkan oleh tanaman. Istiqomah et al. (2017), menyatakan PGPR yang diaplikasi pada tanaman melon selain dapat melarutkan fosfat juga dapat merangsang perkecambahan benih, meningkatkan laju pertumbuhan xylem dan perkembangan akar sehingga mampu mendukung pertumbuhan yang optimal.

Bobot Basah

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa tanaman melon yang diaplikasi bakteri berpengaruh sangat nyata terhadap penambahan bobot basah tanaman. Tabel 3 menunjukkan bahwa perlakuan bakteri antagonis berbeda nyata terhadap penambahan bobot basah tanaman melon disetiap perlakuan. Perlakuan bakteri yang diaplikasi secara kombinasi memiliki bobot basah sebesar 8,87 g, bobot basah ini lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* yang diaplikasi secara tunggal dengan bobot basah sebesar 16,78 g dan 13,92 g. Bakteri yang dikombinasi tidak dapat meningkatkan bobot basah tanaman, hal ini diduga penggabungan dua bakteri tidak dapat bekerja secara sinergis. Penggabungan dua bakteri tidak selalu memberikan pengaruh yang lebih baik, kedua bakteri tersebut jika ditumbuhkan dalam satu media yang sama akan saling menghambat (tidak kompetibel) sehingga senyawa fitohormon yang dihasilkan kedua bakteri antagonis tersebut dapat berkurang fungsinya (Foster and Bell, 2012; Marwoto et al., 2012).

Tabel 3. Rata-rata bobot basah tanaman melon (g) yang diaplikasi *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* secara tunggal dan kombinasi.

Perlakuan	Bobot Basah Tanaman Melon (g)
Tanpa antagonis	3.10 a
<i>B. thuringiensis</i>	16.78 c
<i>P. aeruginosa</i>	13.92 c
<i>B. thuringiensis</i> + <i>P. aeruginosa</i>	8.87 b
BNT	0.33

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata (data merupakan hasil transformasi \sqrt{x}).

Tanaman tanpa perlakuan antagonis memiliki bobot basah yang lebih rendah dibandingkan tanaman yang diberikan perlakuan bakteri antagonis. Hal ini dikarenakan *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* merupakan bakteri yang berperan sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) yang dapat memacu pertumbuhan dan menghasilkan senyawa fitohormon seperti hormon auksin, sitokinin, giberelin serta etilen sehingga dapat berpengaruh terhadap peningkatan bobot basah. Bakteri *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. dapat menghasilkan fitohormon atau zat pengatur tumbuh (zpt) sehingga tanaman menghasilkan rambut akar dalam jumlah yang lebih banyak yang digunakan dalam menyerap unsur hara (Sriwati et al., 2022). Fitohormon merupakan senyawa dalam pertumbuhan tanaman. Hormon auksin dan sitokinin dapat diperoleh dalam bentuk senyawa sintetik atau bisa diproduksi oleh mikroorganisme. Pemberian agens antagonis diduga mampu menyediakan unsur hara yang lebih tinggi dalam mencukupi bahan untuk proses fotosintesis. Maulidia, (2021); Murthi et al. (2015) menyatakan bahwa, bakteri endofit dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, bobot basah, merangsang pembentukan akar lateral dan memperbanyak jumlah akar sehingga dapat memperluas penyerapan unsur hara sehingga pertumbuhan tanaman lebih optimal dan mampu menekan penyakit pada tanaman.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kombinasi bakteri *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* tidak memberikan efek sinergisme dalam menekan serangan *F. oxysporum* pada pembibitan melon. Akan tetapi, ada indikasi bahwa efek sinergisme tidak terlihat karena dosis masing-masing bakteri antagonis yang diberikan secara kombinasi lebih rendah dibandingkan dengan dosis aplikasi tunggal. Perlakuan bakteri *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* secara tunggal lebih efektif dalam menekan serangan *F. oxysporum* daripada tanaman yang diberi perlakuan bakteri *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* secara kombinasi. Perlakuan bakteri antagonis secara tunggal maupun kombinasi dapat meningkatkan perkecambahan benih melon, tinggi tanaman, jumlah koloni bakteri dan dapat menambah bobot basah tanaman. Kombinasi *B. thuringiensis* dan *P. aeruginosa* pada penelitian ini tidak memberikan efek sinergis dalam menghambat patogen *F. oxysporum* pada pembibitan melon. Akan tetapi ada kemungkinan apabila dosis masing-masing bakteri antagonis ditingkatkan efek sinergisme akan terlihat. Meskipun demikian, penelitian lanjutan diperlukan untuk membuktikan hal tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, N., Purnawati, A. and Suyatmi, L., 2021. Potensi *Pseudomonas fluorescens* Terhadap *Fusarium* sp. In Vitro. *Prosiding Seminar Nasional Agroteknologi 2021*, pp.55–58.
- Amilia, E., Joy, B. and Sunardi, 2016. Residu Pestisida pada Tanaman Hortikultura (Studi Kasus di Desa Cihanjuang Rahayu Kecamatan Parongpong Kabupaten Bandung Barat). *Agrikultura*, 27(1), pp.23–29.
- Annura, R.P., Syamsuddin and 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 Pemacu Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Agrista*, 25(2), pp.50–59.
- Ariani, H.D., Aidawati, N. and Andriani, D.E., 2020. Uji Efektivitas Rizobakteria Dalam Menghambat Perkembangan Penyakit Hawar Pelepah Daun (*Rhizoctonia solani* Kuhn.) pada Padi Secara In Vitro. *EnviroScientiae*, 16(1), pp.44–48.
- Ashna, P. and Majid, A., 2018. Pengendalian Penyakit Layu pada Pisang dengan Bakteri Antagonis *Pseudomonas fluorescens* dan *Bacillus subtilis*. *Jurnal Pengendalian Hayati*, 1(2), pp.26–31.
- BPS Aceh, 2019. Provinsi Aceh Dalam Angka (Aceh Povince in Figures) 2019.
- Dewi, N.M., Cholil, A. and Sulistyowati, L., 2013. Penggunaan Mulsa Plastik Hitam Perak dan *Trichoderma* sp. untuk Menekan Penyakit Layu *Fusarium* pada Tanaman Melon. *Jurnal HPT*, 1(September), pp.80–90.
- Dey, R., K, K.P., D, M.B. and S, M.C., 2004. Growth Promotion and Yield Enhancement of Peanut (*Arachis hypogaea* L.) By Application of Plant Growth Promoting Rhizobacteria. *Microbiological Research*, pp.371–394.
- Diarta, I.M., Javandira, C. and Widnyana, I.K., 2016. Antagonistik Bakteri *Pseudomonas* spp. dan *Bacillus* sp. Terhadap Jamur *Fusarium oxysporum* Penyebab Layu Tanaman Tomat. *Jurnal Bakti Saraswati*, 5(1), pp.70–76.
- Dotulong, G., Umboh, S. and Pelealu, J., 2019. Uji Toksisitas Beberapa Fungisida Nabati Terhadap Penyakit Layu *Fusarium (Fusarium oxysporum)* pada Tanaman Kentang (*Solanum tuberosum* L.) Secara In Vitro. *Jurnal Bios Logos*, 9(2), pp.91–101.
- Fadhla, T. and Ismail, N.M., 2021. Kajian Uji Kelayakan dan Kendala Usahatani di Kebun Agrowisata Tanaman Melon di Gampong Lam Manyang Ujung Pancu Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Agriflora*, 5(2), pp.24–35.
- Flori, F., Mukarlina and Rahmawati, 2020. Potensi Antagonis Isolat Bakteri *Bacillus* spp. Asal Rizosfer Tanaman Lada (*Piper nigrum* L.) Sebagai Agen Pengendali Jamur *Fusarium* sp. *JDF. Bioma : Jurnal Biologi Makassar*, 5(1), pp.111–120.

- Foster, K.R. and Bell, T., 2012. Competition, not cooperation, dominates interactions among culture microbial species. *Current Biologi*, 22(19), pp.1845–1850.
- Ginting, A.P., Barus, A. and Sipayung, R., 2016. Pertumbuhan dan Produksi Melon (*Cucumis melo* L.) Terhadap Pemberian Pupuk NPK dan Pemangkasan Buah. *Jurnal Agroteknologi FP USU*, 5(4), pp.786–798.
- Istiqomah, Aini, L.Q. and Abadi, A.L., 2017. Kemampuan *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* Dalam Melarutkan Fosfat dan Memproduksi Hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Tomat. *Buana Sains*, 17(1), pp.75–84.
- Jannah, M., Jannah, R. and Fahrunsyah, 2022. Kajian Literatur : Penggunaan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Mengurangi Pemakaian Pupuk Anorganik pada Tanaman Pertanian. *Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 5(1), pp.41–49.
- Marwoto, B. H., H. and Muharam, A., 2012. Kompatibilitas *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, dan *Trichoderma harzianum* untuk Mengendalikan *Ralstonia solanacearum* pada Tanaman Kentang. *Jurnal Hortikultura*, 22(2), pp.172–179.
- Maulidia, V., 2021. Eksplorasi, Karakterisasi dan Uji Efektivitas Bakteri Endofit untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Tomat.
- Maulidia, V., Sriwati, R., Soesanto, L., Syamsuddin, Hamaguchi, T. and Hasegawa, K., 2021. Endophytic Bacteria Isolated from Higher Plant in Aceh, Indonesia, and Their Chemical Compounds Activity Against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(1), pp.2–7.
- Murthi, R.S., Lisnawita and Oemary, S., 2015. Potensi Bakteri Endofit dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Tembakau yang Terinfeksi Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne* spp.). *Agroekoteknologi*, 4(1), pp.1881–1889.
- Papuangan, N., 2009. Aktivitas Penghambatan Senyawa Antimikroba *Streptomyces* spp. Terhadap Mikroba Patogen Tular Tanah Secara *In Vitro* dan *In Planta*.
- Prihatiningsih, N., Arwiyanto, T., Hadisutrisno, B. and Widada, J., 2015. Mekanisme Antibiosis *Bacillus subtilis* B315 untuk Pengendalian Penyakit Layu Bakteri Kentang. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 15(1), pp.64–71.
- Purwantisari, S., Pujiyanto, S. and Ferniah, R., 2005. Uji Efektivitas Bakteri Kinolitik sebagai Pengendali Pertumbuhan Kapang Patogen Penyebab Penyakit Utama Tanaman Sayuran dan Potensinya sebagai Bahan Biofungisida Ramah Lingkungan.
- Sriwati, R., Chamzurni, T., Razi, F., Syaifullah, Yunita, Oktarina, H., Harnely, E., Amalia and Bassalah, M., 2022. Evaluating the efficacy of *Trichoderma harzianum* and *Bacillus thuringiensis* on induce the plant growth and resistance of local variety patchouli under covered and uncovered seedlings methods. *IOP Conference Series: Earth and*

Environmental Science, 951(1).

- Supriadi, 2006. Analisis risiko agens hayati untuk pengendalian patogen pada tanaman. *Jurnal Litbang Pertanian*, 25(3), pp.75–80.
- Suryanto, D., Chairani, C., Rusika, D., Lubis, N.A. and Yurnaliza, Y., 2007. Eksplorasi dan Bioasai Berbagai Isolat *Bacillus thuringiensis* Lokal Terhadap Larva Beberapa Jenis Serangga. *Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 12(1), pp.61–67.
- Suwarno, S.J. and Masnilah, R., 2020. Potensi *Bacillus* spp. sebagai Agen Biokontrol untuk Menekan Layu Fusarium (*Fusarium oxysporum*) pada Tanaman Melon (*Cucumis melo* L.). *Jurnal Pengendalian Hayati*, 3(1), pp.22–28.
- Widiyawati, I., Junaedi, A. and Rahayu, W., 2014. Peran Bakteri Penambat Nitrogen untuk Mengurangi Dosis Pupuk Nitrogen Anorganik pada Padi Sawah. *Agronomi*, 2(42), pp.96–102.
- Widnyana, I.K., 2012. Aktivitas Antagonistik dan Kemampuan *Pseudomonas* spp. Membentuk Siderophore untuk Menekan *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici* pada Tanaman Tomat. *Prosiding Semnar Nasiona Prodi Biologi FMIPA UNHI*, 2(24), pp.145–149.
- Yigit, F. and Dikilitas, M., 2007. Control of fusarium wilt of tomato by combination of *Pseudomonas fluorescent*, non-pathogen Fusarium and *Trichoderma harzianum* T-22 in greenhouse conditions. *Plant Pathology Journal*, 6(2), pp.159–163.
- Zainul, A., Aini, L.Q. and Abadi, A.L., 2015. Pengaruh Bakteri *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. Terhadap Pertumbuhan Jamur Patogen *Sclerotium rolfsii* Sacc. Penyebab Penyakit Rebah Semai pada Tanaman Kedelai. *HPT*, 3(1), pp.1–10.