

Kajian Efektifitas *Bacillus* Sp dengan Penambahan Pupuk Kompos dalam Mengendalikan Busuk Hitam (*Xanthomonas Campestris*) pada Tanaman Kubis Bunga

Study of the Effectiveness of Bacillus sp. with the Addition of Compost Fertilizer in Controlling Black Rot (Xanthomonas campestris) on Cabbage Flowers

Syafira Ayu Muslimah, Rachmi Masnilah*

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember

*Corresponding author : rachmimasnilah@gmail.com

ABSTRAK

Penurunan produksi kubis bunga disebabkan oleh dari kualitas maupun kuantitas. Salah satu faktor yang menentukan keberhasilan produksi kubis bunga adalah serangan penyakit pada kubis bunga. Penyakit yang menyerang tanaman kubis bunga yaitu busuk hitam (*Xanthomonas campestris*) yang merusak sayuran terutama famili Brassicaceae. Pengendalian penyakit menggunakan pestisida kimia dapat menimbulkan dampak negatif bagi ekosistem dan kehidupan manusia. Cara efektif pengendalian serangan penyakit dapat melalui pemanfaatan agen hayati. Strategi pengendalian yang banyak dikembangkan yaitu pengendalian yang mengarah pada pemanfaatan potensi mikroorganisme. Mikroorganisme ini berperan sebagai agen pengendali hayati terhadap patogen penyebab penyakit. Salah satu agen pengendali hayati yang berguna bagi tanaman yaitu *Bacillus* sp. pengendalian penyakit dengan menambahkan pupuk kompos sebagai bahan pembawa dan menguntungkan antara tanaman dengan mikroorganisme. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan, yaitu P0: kontrol, P1: *Bacillus* sp., P2: *Bacillus* sp. + Pupuk kompos, P3: *Bacillus* sp + Pupuk vermikompos, P4: *Bacillus* sp. + Pupuk Bokashi. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali serta uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Variable pengamatan meliputi masa inkubasi, keparahan penyakit, laju infeksi, populasi *Bacillus* sp. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk kompos mampu menekan perkembangan penyakit dan meningkatkan populasi *Bacillus* sp. Perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk vermikompos merupakan perlakuan terbaik dalam menekan perkembangan penyakit, meningkatkan populasi *Bacillus* sp. dan jumlah daun tanaman dengan masa inkubasi 12 HSI, keparahan penyakit 23,44%, laju infeksi 0,067 unit/hari, efektifitas 72,30%, populasi *Bacillus* sp. $2,29 \times 10^9$ cfu/ml, dan jumlah daun tanaman 23 daun.

Kata Kunci: *Bacillus* sp., Kubis bunga, Pupuk kompos, *Xanthomonas campestris*

ABSTRACT

Cabbage production in Lumajang Regency, East Java Province in 2016 to 2017 decreased, this was due to several factors that affected the production of flower cabbage in terms of quality and quantity. One of the factors that determine the success of flower cabbage production is disease attacks on plants. The disease that attacks cauliflower is black rot (Xanthomonas campestris) which damages vegetables, especially the Brassicaceae family. Disease control using chemical pesticides can have a negative impact on ecosystems and human life. An effective way to control disease attacks can be through the use of biological agents. The control strategy that has been developed is control that leads to the utilization of the potential of microorganisms. One of the biological control agents that are useful for plants is Bacillus sp. disease control by adding compost as a carrier and beneficial between plants and microorganisms. This study used a completely randomized design (CRD) with 5 treatments, namely P0: control, P1: Bacillus sp., P2: Bacillus sp. + Compost fertilizer, P3: Bacillus sp + Vermicompost fertilizer, P4: Bacillus sp. + Bokashi fertilizer. Each treatment was repeated 3 times and the Duncan Multiple Range Test (DMRT) further test. Observation variables include incubation period, disease severity, infection rate, population of Bacillus sp. The results showed that the Bacillus sp. with the addition of vermicompost fertilizer was the best treatment in suppressing disease development and increasing the growth of plant leaves with an incubation period of 12 DAI, disease severity 23.44%, infection rate 0.067 units/day, effectiveness 72.30%, and number of plant leaves 23 leaves.

Keywords: *Bacillus* sp., Cabbage flower, Compost, *Xanthomonas campestris*

Submitted :02-12-2023

In revised : 07-01-2024

Accepted : 31-01-2024

How to cite :

Muslimah, S., & Masnilah, R. (2024). Kajian Efektifitas *Bacillus* Sp dengan Penambahan Pupuk Kompos dalam Mengendalikan Busuk Hitam (*Xanthomonas Campestris*) pada Tanaman Kubis Bunga. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 7(1), 41-52.
[doi:10.19184/bip.v7i1.38168](https://doi.org/10.19184/bip.v7i1.38168)

PENDAHULUAN

Produksi kubis bunga di Kabupaten Lumajang, Provinsi Jawa Timur menunjukkan pada tahun 2016 yaitu 12,21 kw dan pada tahun 2017 yaitu 11,58 kw (BPS, 2018). Pada tahun 2016 ke 2017 terjadi penurunan produksi kubis bunga, hal ini disebabkan adanya beberapa faktor yang mempengaruhi produksi kubis bunga dari kualitas maupun kuantitas. Salah satu faktor yang menentukan keberhasilan produksi kubis bunga adalah serangan penyakit pada tanaman. Menurut Herlinda (2003), penyakit yang menyerang tanaman kubis bunga yaitu busuk hitam (*Xanthomonas campestris*) yang merusak sayuran terutama famili Brassicaceae. Penyakit tersebut menyerang tanaman kubis bunga pada bagian tepi daun kemudian meluas hingga ke bagian tengah sehingga menyebabkan daun menjadi berwarna kuning. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Pratama dkk (2016), tanaman kubis bunga terserang penyakit busuk hitam dengan rata-rata keparahan penyakit sebesar 15,1%.

Cara petani untuk mengendalikan penyakit biasanya menggunakan pestisida kimia karena dinilai lebih cepat bereaksi untuk mematikan OPT yang ada pada suatu lahan. Teknologi yang semakin canggih menyebabkan penggunaan pestisida dapat menimbulkan dampak negatif bagi petani, lingkungan maupun sosial. Penggunaan pestisida kimia juga dapat meninggalkan residu pada tanah yang berbahaya bagi mikroorganisme nonpatogen, serta penggunaan pestisida secara terus-menerus dalam jumlah yang besar mengakibatkan matinya musuh alami dan menimbulkan resistensi patogen, sehingga perlu adanya cara lain yang lebih aman (Dani dkk, 2016). Pengendalian penyakit tanaman mulai menggunakan pendekatan ekologi yang bertujuan untuk meminimalkan resiko yang merugikan dengan melakukan pengelolaan semua komponen pada lingkungan. Hal tersebut dapat berpeluang menimbulkan keseimbangan dan kestabilan dalam ekosistem (Eko dan Sarno, 2016).

Cara efektif pengendalian penyakit dapat melalui pemanfaatan agen hayati. Pemanfaatan agen hayati yang saat ini banyak dikembangkan adalah dengan cara memanfaatkan potensi mikroorganisme. Menurut Javandira dkk (2012), pemanfaatan mikroorganisme memiliki peran sebagai agen pengendali hayati terhadap patogen penyebab penyakit. Hal ini dikarenakan potensi mikroorganisme memiliki peran yang efektif dalam mengendalikan penyakit pada tanaman. Agen pengendali hayati yang berguna bagi tanaman salah satunya adalah *Bacillus* sp. *Bacillus* sp. merupakan agen hayati yang bermanfaat sebagai upaya dalam mengendalikan penyakit busuk hitam yang ramah terhadap lingkungan. *Bacillus* sp. bersifat menguntungkan, hal ini dikarenakan bakteri ini mempunyai sifat antagonis (Suriani dan Muis, 2016).

Menurut Sadjadi (2017), pemberian pupuk kompos dapat memberikan dampak yang baik antara tanaman dengan bakteri atau jamur yang menguntungkan. Hal ini dikarenakan pupuk kompos akan merangsang pertumbuhan mikroorganisme dalam tanah. Pemberian pupuk kompos dapat menekan serangan patogen. Hasil uji mikroorganisme, diketahui bahwa di dalam pupuk kompos mengandung mikroorganisme antagonis yang mampu mengendalikan patogen. Aktivitas mikroorganisme antagonis inilah yang menyebabkan penekanan intensitas serangan patogen. *Bacillus* sp. Bermanfaat bagi tanaman untuk membantu mengikat unsur hara di dalam tanah (Oktarina dkk, 2012). Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efektifitas penggunaan pupuk kompos diharapkan mampu mendukung pertumbuhan *Bacillus* sp., sehingga mampu untuk menekan perkembangan penyakit busuk hitam pada tanaman kubis bunga.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu.

Penelitian ini dilaksanakan bertempat di Laboratorium PHP TPH Tanggul-Jember dan Green House di Lumajang, dilaksanakan mulai Bulan November 2020 sampai selesai.

Alat dan Bahan.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cawan petri, gelas ukur, tabung reaksi, tabung Erlenmeyer, pipet, jarum ose, jarum ent, gelas obyek, mikroskop, *Laminar Air Flow* (LAF), lampu Bunsen, tusuk gigi, kertas label, polybag ukuran 30cm x 30cm, penggaris timbangan, sprayer, dan alat tulis. Sedangkan bahan yang digunakan adalah isolat bakteri *Bacillus* sp., isolat bakteri *Xanthomonas campestris*, media buatan NA (*Natrium Agar*), alkohol 70%, aquades, kloroform, kapas, tanah, pupuk kompos, pupuk bokashi, pupuk vermikompos, dan benih kubis bunga.

Persiapan isolat *X. campestris*.

Isolasi *X. campestris* dilakukan dengan cara mengambil daun kubis bunga yang menunjukkan gejala penyakit tersebut dipotong, kemudian disterilkan dengan alkohol 70% selama 1 menit, setelah itu dicuci dengan air steril. Daun dimasukkan dalam tabung reaksi yang berisi air steril, di vortex sampai suspensi menjadi homogen, dan suspensi digoreskan pada Petridis yang berisi media NA Kemudian membiakan bakteri diinkubasi pada suhu ruang selama 72 jam (Barroroh, 2012). Setelah itu dilakukan Uji fisiologi yang dilakukan antra lain uji gram, uji hipersensitif pada daun tembakau, uji patogenesis, uji pembusukan kentang, dan uji hidrolisis pati.

Persiapan isolat *Bacillus* sp.

Eksplorasi *Bacillus* sp. berasal dari tanah perakaran tanaman bambu. Isolasi *Bacillus* sp. dari sampel tanah dilakukan dengan cara menimbang 1 gram tanah perakaran tanaman bambu. Menurut Swandewi dkk (2019), pembuatan suspensi tanah dilakukan dengan cara memasukkan 1 gram tanah dan dilarutkan dalam air steril sebanyak 9 ml pada tabung reaksi kemudian dicampur hingga homogen. Suspensi kemudian dilakukan pengenceran berseri dengan air steril. Hasil pengenceran diambil menggunakan jarum ose dan digoreskan secara zigzag pada media NA steril yang telah dipadatkan dalam cawan petri. Inkubasi dilakukan selama 48 jam pada suhu ruang untuk memperoleh koloni tunggal. Pengujian isolat *Bacillus* sp. dilakukan dengan beberapa uji yaitu uji gram dan uji hipersensitif.

Uji Daya Hambat *Bacillus* sp. terhadap *Xantomonas campestris* secara *in vitro*

Uji antagonis dilakukan dengan metode *dual plating* untuk mengetahui terbentuknya antibiosis secara *in vitro*. Mekanisme penghambatan dapat diketahui dengan cara melakukan pengujian lanjutan. Media agar pada zona hambatan diambil dengan menggunakan skapel dan dimasukkan dalam 1% air pepton kemudian diinkubasikan selama 5 hari dan diamati kekeruhannya untuk melihat mekanisme penghambatan yang terjadi. Jika air pepton tampak jernih menunjukkan bahwa *Bacillus* sp. mampu membunuh *X. campestris* (bersifat bakterisidal), sedangkan jika air pepton keruh menunjukkan bahwa bakteri tersebut hanya mampu menekan pertumbuhan *X. campestris* (bersifat bakteristatik) (Barroroh, 2012)

Penyemaian Benih Kubis Bunga.

Penyemaian benih kubis bunga dilakukan di media sosis. Media persemaian yang digunakan yaitu tanah dan kompos, dengan perbandingan 1:1. Membuat lubang tanam kemudian meletakkan 1 benih pada setiap lubang tanam dan menutupnya kembali. Proses penyemaian benih kubis bunga hingga menjadi bibit kubis bunga yang siap dipindah ke lahan penelitian adalah ± 14 hari (Juhriah dkk, 2018).

Persiapan media tanam.

Persiapan media tanam dilakukan dengan cara pengambilan tanah dilahan yang tidak ditanami tanaman, dimana tanah yang diambil adalah tanah bagian atas pada kedalaman 0-20cm (Sastrahidayat, 2014). Tanah kemudian dilakukan sterilisasi dengan cara sterilisasi dengan uap (*steam* stearization) menggunakan drum besi yang dipanaskan. Tanah yang akan disterilkan dimasukkan kedalam drum besi kemudian dipanaskan sampai temperatur stabil 70°C agar uap air masuk kedalam pori-pori tanah (Desiliyarni dkk, 2003). Hal ini bertujuan untuk menghilangkan mikroba yang ada di tanah khususnya mikroba yang bersifat patogen. Tanah yang telah steril kemudian dikering anginkan hingga dingin kemudian dimasukkan kedalam polybag.

Rancangan penelitian.

Penelitian ini dilakukan dengan metode rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan setiap perlakuan ada 3 tanaman. Setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali ulangan, sehingga terdapat 60 tanaman. Perlakuan yang digunakan sebagai berikut :

- P0 : Kontrol (tanpa aplikasi *Bacillus* sp. dan tanpa penambahan pupuk kompos)
- P1 : *Bacillus* sp.
- P2 : *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk bokashi
- P3 : *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk kompos
- P4 : *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk vermikompos

Pembuatan media tanam.

Tanah dipisahkan untuk media semai dan media tanam yang diberi perlakuan. Media tanam yang digunakan untuk persemaian yaitu menggunakan tanah steril. Tanah steril dimasukkan pada polybag persemaian. Media tanam yang digunakan untuk penanaman yaitu menggunakan tanah steril dan penambahan pupuk kompos sesuai dengan perlakuan. Pupuk kompos yang digunakan antara lain pupuk bokashi, pupuk kompos, dan pupuk vermikompos. Perbandingan tanah dengan setiap perlakuan kompos yaitu 2:1 (Supriati dan Siregar, 2009).

Penanaman.

Bibit yang digunakan adalah bibit sehat yang tidak terserang hama dan penyakit, tumbuh tegak, dan sudah memiliki daun kurang lebih 3 daun yaitu bibit yang berumur 14 hari. Penanaman dilakukan dengan memindahkan bibit ke polybag berukuran 30 x 30 cm yang sudah di isi media tanam. Setiap semaian dipindahkan ke dalam polybag dengan satu tanaman per polybag (Faisol, 2017).

Aplikasi *Bacillus* sp.

Aplikasi *Bacillus* sp. dilakukan dengan cara penyiraman pada media tanam dan penyemprotan pada daun dengan konsentrasi 10⁸cfu/ml. Penyiraman *Bacillus* sp. pada media tanam sebanyak 10 ml/polybag pada saat 7 hari sebelum tanam. Penyemprotan pada daun dilakukan dengan cara menyemprot daun secara merata sebanyak 10 ml per tanaman yang dilakukan pada sore hari pada 14 hari setelah tanam (HST) (Musa dkk, 2014).

Inokulasi bakteri *P. carotovorum*.

Bakteri *X. campestris* diinokulasikan ke tanaman kubis bunga berumur 7 HST dengan cara menyemprotkan suspensi bakteri pada bagian daun tanaman dengan konsentrasi 10⁸ sebanyak 10 ml/tanaman. Suspensi bakteri diperoleh dari isolat yang telah dimurnikan pada media NA. pemurnian bakteri dilakukan dengan cara menambahkan aquades 10 ml ke dalam cawan petri kemudian menggoyangkan cawan petri sampai tercampur. Suspensi kemudian dimasukkan kedalam gelas ukur yang berisi 90 ml aquades, kemudian dilakukan pengenceran hingga memperoleh konsentrasi 10⁸ (Baroroh, 2012).

Pemeliharaan.

Pemeliharaan yang dilakukan meliputi penyulaman, penyiraman, pemupukan, penyiangan, pengendalian OPT. Penyulaman dilakukan terhadap tanaman yang mati atau tumbuhan yang tidak tumbuh dengan optimal. Penyulaman ini dilakukan tidak lebih dari 5-7 hari setelah tanam. Penyiraman dilakukan sebanyak satu kali sehari yaitu pada saat sore hari. Penyiangan dilakukan untuk membersihkan gulma didalam polybag dengan cara mencabut gulma yang tumbuh disekitar tanaman utama (Faisol, 2017).

Pertumbuhan *Bacillus* sp. pada media tanam.

Pertumbuhan *Bacillus* sp. pada pupuk bokashi, pupuk kompos, dan pupuk vermikompos dilakukan menggunakan metode pengenceran. Sampel tanah setiap perlakuan pupuk bokashi, pupuk kompos, dan pupuk vermikompos 1 gram, kemudian dimasukkan kedalam 10 ml aquades. Larutan suspensi kemudian digojok hingga homogen, kemudian diambil 10 ml untuk dilakukan pengenceran dari 10⁻¹ Hasil pengenceran pertama diambil 1 ml untuk dilakukan pengenceran seri ke-2 hingga seri ke-7 yang telah berisi aquades sebanyak 9 ml dengan melakukan metode yang sama pada setiap pengencerannya. Hasil setiap pengenceran diambil 1 ml suspensi untuk ditumbuhkan pada media NA kemudian dilakukan inkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam kemudian dilakukan penghitungan koloni bakteri *Bacillus* sp. (Setyari dkk., 2013).

Parameter pengamatan yang diamati meliputi:

1. Masa inkubasi

Pengamatan masa inkubasi dilakukan setiap hari sejak 1 hari setelah inokulasi patogen sampai muncul gejala awal.

2. Keparahan penyakit

Pengamatan keparahan penyakit dilakukan pada tiap-tiap tanaman, yang menunjukkan gejala infeksi busuk hitam kubis bunga. Rumus perhitungan untuk menentukan intensitas penyakit berdasarkan Zadoks et al (1979, dalam Barroroh, 2012) adalah sebagai berikut:

$$KP = \frac{\sum n \times v}{V \times N} \times 100\%$$

Keterangan:

KP = keparahan penyakit, n = jumlah daun atau tanaman yang terserang untuk setiap tingkat kerusakan, v = nilai skala dari setiap tingkat kerusakan, V = nilai skala tertinggi, N = jumlah daun atau tanaman yang diamati.

Skala untuk setiap kategori kerusakan :

- 0 : Tidak terdapat kerusakan pada daun
- 1 : Bagian daun yang bergejala busuk lebih dari 0% - 20%
- 2 : Bagian daun yang bergejala busuk lebih dari 21% - 40%
- 3 : Bagian daun yang bergejala busuk lebih dari 41% - 60%
- 4 : Bagian daun yang bergejala busuk lebih dari 61% - 80%
- 5 : Bagian daun yang bergejala busuk lebih dari 80%

3. Laju infeksi

Laju infeksi penyakit dihitung dengan menggunakan rumus Van der Plank(1963) dalam Prihatiningsih dkk. (2015) :

$$X_t = X_0 \cdot e^{rt}$$

Keterangan:

X_t = proporsi penyakit pada waktu t, X₀ = proporsi penyakit pada awal pengamatan, e = konstanta logaritma (2,718), r = laju infeksi/laju perkembangan penyakit (unit/hari), t = waktu

Nilai r dihitung berdasarkan kriteria penyakit busuk hitam (*Xanthomonas campestris*) termasuk simple interest disease (SID), maka:

$$r = \frac{2,3}{t} \left(\log \frac{1}{1 - X_t} - \log \frac{1}{1 - X_0} \right)$$

Efektifitas. Efektifitas fungisida nabati menurut Sugama dan Rochjadi (1989) dalam Elfina dkk (2015), efektifitas fungisida nabati dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Ef = \left(\frac{IPK - IPP}{IPK} \right) \times 100 \%$$

Keterangan :

Ef = efektifitas fungisida (%), IPK = keparahan penyakit pada control, IPP = Keparahan penyakit pada perlakuan.

Menurut Elfina dkk (2017), kategori efektifitas :

- Tidak efektif = 0
- Sangat kurang efektif = >0-20%
- Kurang efektif = >20-40%
- Cukup efektif = >40-60%
- Efektif = >60-80%
- Sangat efektif = >80%

4. Perhitungan Populasi *Bacillus* sp. pada Pupuk Kompos

Perhitungan populasi *Bacillus* sp. pada perlakuan kontrol, *Bacillus* sp, pupuk bokashi, pupuk kompos, dan pupuk vermikompos, dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan *Bacillus* sp. pada setiap perlakuan. Waktu pengamatan yaitu sesaat pemberian *Bacillus* sp. pada pupuk kompos, pupuk vermikompos, dan pupuk bokashi pada periode awal, pertengahan, dan akhir. Populasi *Bacillus* sp. dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Populasi bakteri} = n \times \frac{1}{\text{faktor pengenceran}} \text{ cfu/g}$$

Keterangan : n = jumlah koloni yang terdapat pada tabung seri pengenceran ke 10x, cfu/g = colony forming unity / g

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bakteri *X. campestris*

Hasil subkultur *Xanthomonas campestris* yang diperoleh dari daun tanaman kubis bunga yang terserang penyakit busuk hitam, menunjukkan bahwa koloni bakteri berwarna putih kekuningan, berlendir, tepi rata, dan tampak cembung pada media NA (Gambar 4.1). Ciri morfologi penyebab penyakit busuk hitam pada tanaman kubis bunga yaitu bakteri patogen yang ditumbuhkan pada media NA menunjukkan koloni bakteri yang berlendir, berbentuk rata, berwarna putih kekuningan, tanpa endospora, dan menghasilkan pigmen yang tidak larut dalam air. *Xanthomonas campestris* tergolong bakteri yang bersel tunggal, berbentuk batang, tidak membentuk spora, dan bersifat gram negatif (Barroroh, 2012).

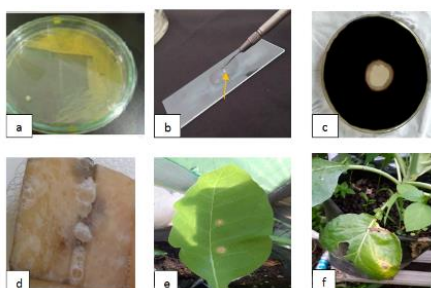


Gambar 4.1 Bakteri *Xanthomonas campestris* pada media NA

Hasil Uji Gram menunjukkan bahwa isolat bakteri *xanthomonas campestris* bersifat gram negatif karena bereaksi positif terhadap KOH 3%, hal ini dibuktikan dengan terbentuknya lendir yang lengket ketika jarum ose diangkat (Gambar 4.2b). Uji hidrolisis pati menunjukkan bahwa isolat bakteri patogen yang telah diinkubasikan selama 24 jam bereaksi positif, hal ini terjadi karena disekitar koloni bakteri yang tumbuh menjadi zona bening (Gambar 4.2c). Uji pembusukan kentang menggunakan potongan kentang menunjukkan gejala pembusukan dalam waktu 48 jam yang diinokulasikan dengan bakteri (Gambar 4.2d). Uji hipersensitif dengan menggunakan daun tembakau menunjukkan gejala nekrosis dalam waktu 48 jam. Hal tersebut menunjukkan bakteri patogen *X. campestris* yang diinfiltrasikan merupakan isolate patogenik (Gambar 4.2e). Uji patogenesis yang dilakukan menunjukkan dengan penyuntikan suspensi patogen *X. campestris* pada tanaman kubis bunga menunjukkan gejala kelayuan dalam waktu 3 hari, sehingga isolat bakteri *X. campestris* merupakan bakteri virulen (Gambar 4.2f). Hasil pengujian bakteri *X. campestris* disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian *X. campestris*

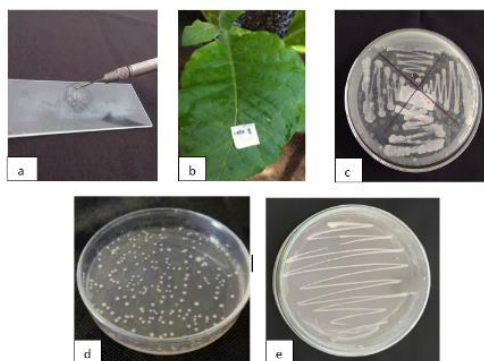
Karakteristik	Hasil Isolat
Uji Gram	+
Uji Hidrolisis Pati	+
Uji Pembusukan Kentang	+
Uji HR	+
Uji Patogenesisitas	+



Gambar 4.2 a) Koloni patogen *X. campestris*., b) Uji Gram, c) Uji Hidrolisis pati, d) Uji Pembusukan Kentang, e) Uji Hipersensitif 48 jam setelah inokulasi, f) Uji Patogenesisitas

Karakteristik Bakteri *Bacillus* sp.

Hasil subkultur *Bacillus* sp. yang ditumbuhkan pada media NA menunjukkan bahwa isolat memiliki permukaan kasar, berwarna putih keruh, tidak berlendir, dan tepi koloni bakteri berbentuk tidak rata (Gambar 4.3). Menurut Puspita (2017), *Bacillus* sp. menunjukkan bentuk koloni yang berbeda-beda pada media *Nutrient Agar* (NA). Koloni *Bacillus* sp. memiliki karakteristik umum seperti tepi koloni tidak beraturan ada yang rata dan tidak rata, permukaanya kasar dan tidak berlendir, bahkan ada yang cenderung kering dan berbubuk, koloni besar, warna krem keputihan, dan tidak mengkilat, warna krem keputihan serta bentuk koloni yang bulat dan tidak beraturan.



Gambar 4.3 a) Uji gram, b) Uji HR, c) Hasil isolasi awal, d) Koloni bakteri *Bacillus* sp., e) Isolat murni yang telah digoreskan

Isolat yang diduga *Bacillus* sp. dari tanah perakaran tanaman bambu didapatkan berdasarkan karakteristik morfologi. Isolat tersebut kemudian dilakukan karakter fisiologi dengan uji gram dan uji hipersensitif pada daun tembakau. Pengujian sifat gram pada isolat menunjukkan gram positif karena bereaksi negatif dengan tidak terbentuknya benang lendir ketika jarum ose diangkat. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wati dkk (2017), bahwa isolat *Bacillus* sp. merupakan bakteri gram positif. Pengujian hipersensitif pada daun tembakau menunjukkan reaksi negatif pada isolat bakteri *Bacillus* sp. hal ini dikarenakan dalam pengujian hipersensitif pada daun tembakau tidak munculnya gejala nekrosis. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Syofiana dan Masnilah (2019), bahwa isolat *Bacillus* sp. bereaksi negatif karena tidak munculnya gejala nekrosis pada daun tembakau, artinya bakteri tersebut dapat berpeluang sebagai agen hayati.

Daya Hambat *Bacillus* sp. Terhadap *Xanthomonas. campestris*

Pengujian bakteris antagonis *Bacillus* sp. terhadap *X. campestris* menunjukkan bahwa *Bacillus* sp. mampu menghambat pertumbuhan *X. campestris*. Pengujian daya hambat dapat dilihat dengan adanya zona bening pada uji metode dual plating. Besar zona hambatan yang terbentuk yaitu 8 mm (Gambar 4.4). Pengujian mekanisme hambatan yang dilakukan dengan menggunakan metode pepton 1% menghasilkan warna yang keruh menunjukkan bahwa tipe mekanisme hambatan bakteri tersebut adalah bakteri yang bersifat bakteriostatik dan tidak membunuh.



Gambar 4.4. Zona hambatan oleh *Bacillus* sp. Terhadap *X. campestris*

Pengaruh Aplikasi *Bacillus* sp. dan Penambahan Pupuk Kompos terhadap Perkembangan Penyakit Busuk Hitam pada Tanaman Kubis Bunga

Gejala serangan awal oleh *xanthomonas campestris* pada tanaman kubis bunga berbeda-beda pada setiap perlakuan yang diberikan. Awal munculnya gejala serangan dapat terlihat ketika pengamatan hari ke 4 setelah inokulasi pada perlakuan kontrol. Gejala serangan awal terjadi disebabkan karena tidak ada penghambatan patogen dalam menginfeksi tanaman sehingga mengakibatkan patogen lebih cepat berkembang dan menginfeksi jaringan tanaman. Perlakuan pemberian *Bacillus* sp. menunjukkan gejala awal pada hari ke 5 setelah inokulasi. Perlakuan dengan pemberian *Bacillus* sp yang ditambahkan dengan beberapa jenis pupuk kompos memiliki masa inkubasi lebih lama. Hal tersebut menyebabkan perkembangan patogen dalam menginfeksi tanaman membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan perlakuan tanpa pengendalian.

Tabel 4.4 Masa Inkubasi Penyakit Busuk Hitam Pada Tanaman Kubis Bunga

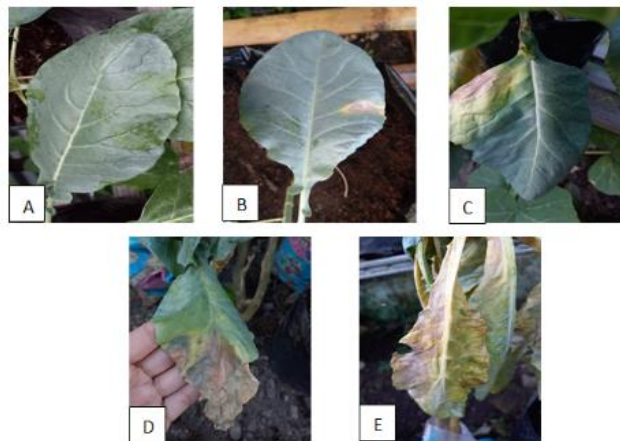
Perlakuan	Masa inkubasi (HSI)
Kontrol	4
<i>Bacillus</i> sp.	5
<i>Bacillus</i> sp. + Pupuk Bokashi	6
<i>Bacillus</i> sp. + Pupuk Kompos	8
<i>Bacillus</i> sp. + Pupuk Vermikompos	12

Berdasarkan tabel 4.4 masa inkubasi penyakit busuk hitam pada tanaman kubis bunga berbeda-beda pada setiap perlakuan yang diberikan. Awal munculnya gejala serangan dapat terlihat ketika pengamatan hari ke 4 setelah inokulasi pada perlakuan kontrol, sedangkan masa inkubasi terpanjang adalah perlakuan *Bacillus* sp dengan penambahan pupuk vermikompos yaitu 12 HSI. Gejala serangan awal pada kubis bunga yaitu ditandai dengan adanya tepi daun yang berwarna kuning kecoklatan tetapi belum menyerang seluruh permukaan daun.



Gambar 4.5 Gejala awal penyakit busuk hitam pada tanaman kubis bunga

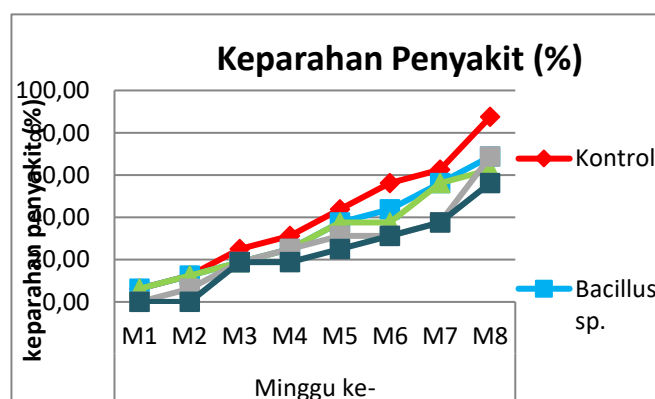
Gejala serangan *xanthomonas campestris* pada tanaman kubis bunga yaitu diawali dengan adanya daerah berwarna kuning pada bagian tepi daun, kemudian meluas hingga kebagian tengah. Gejala yang terjadi akan menyebar keseluruh bagian tanaman dan jaringan yang terinfeksi akan mati.



Gambar 4.6 Gejala penyakit busuk hitam pada tanaman kubis bunga, a) tanaman sehat, b) gejala skor 1, c) gejala skor 2, d) gejala skor 3, e) gejala skor 4

Menurut Wati dkk (2017), mekanisme serangannya yaitu diawali dengan bakteri masuk ke daun melalui hidatoda di tepi daun atau luka dengan membentuk lesi V akibat adanya penyumbatan pembuluh dan menyebabkan infeksi sistemik. Kondisi hangat atau basah mendukung infeksi oleh *X. campestris* pada tanaman. Kelembaban optimum diperlukan untuk invasi bakteri ke tanaman inang melalui hidatoda secara alami. Kisaran suhu optimum untuk pertumbuhan bakteri dan perkembangan gejala pada tanaman inang antara 25-30°C

Pengamatan perkembangan keparahan penyakit busuk hitam pada tanaman kubis bunga dilakukan pada minggu ke-1 sampai minggu ke-8 setelah inokulasi. Berikut merupakan grafik perkembangan penyakit busuk hitam pada setiap minggu



Gambar 4.7 Perkembangan Keparahan Penyakit Busuk Hitam pada Tanaman Kubis Bunga

Berdasarkan gambar 4.7 menunjukkan bahwa nilai keparahan penyakit meningkat setiap waktu pengamatan. Pengamatan minggu ke-8 menunjukkan perlakuan kontrol meningkat lebih tinggi dibandingkan dengan semua perlakuan yang menggunakan pengendalian. Nilai rata-rata keparahan penyakit menunjukkan perlakuan tanpa pengendalian meningkat lebih tinggi dibandingkan dengan semua perlakuan pengendalian. Peningkatan keparahan penyakit pada perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk vermikompos lebih stabil dan rendah dibandingkan dengan perlakuan lain yang cenderung tidak stabil. Perlakuan tanpa pengendalian terdapat pada titik tertinggi, sehingga memiliki nilai keparahan penyakit tertinggi, sedangkan perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk vermikompos terdapat pada titik terendah yang berarti memiliki nilai keparahan penyakit terendah.

Berikut merupakan nilai keparahan penyakit, laju infeksi, dan efektifitas yang disajikan pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil Pengamatan Keparahahan Penyakit, Laju infeksi, dan Efektifitas

Perlakuan	Keparahan penyakit (%)	Laju infeksi (unit per hari)	Efektifitas	Keterangan (Elfina, 2017)
Kontrol	74,28 a	0,295	0	Tidak efektif
<i>Bacillus</i> sp.	56,44 b	0,187	37,32	Kurang efektif
<i>Bacillus</i> sp. + Pupuk Bokashi	42,13 c	0,163	48,16	Cukup efektif
<i>Bacillus</i> sp. + Pupuk Kompos	32,12 d	0,148	59,70	Cukup efektif
<i>Bacillus</i> sp. + Pupuk Vermikompos	23,44 e	0,076	72,30	Efektif

Keterangan: angka yang diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata dalam Uji DMRT 5%

Berdasarkan tabel 4.5 keparahan penyakit busuk hitam memiliki nilai berbeda pada setiap perlakuan. Perlakuan tanpa pengendalian sebesar 74,28% memiliki nilai keparahan penyakit tertinggi dibandingkan dengan perlakuan pengendalian. Perlakuan *Bacillus* sp. memiliki nilai keparahan lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk kompos, pupuk vermikompos, dan pupuk bokashi. Perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk vermikompos merupakan perlakuan dengan nilai keparahan penyakit terbaik sebesar 23% dibandingkan dengan semua perlakuan.

Gejala penyakit busuk hitam mengalami perkembangan pada setiap perlakuan yang ditunjukkan dengan laju infeksi yang berbeda (Tabel 4.5). Nilai laju infeksi yang lebih tinggi mengakibatkan perkembangan keparahan penyakit lebih tinggi, sebaliknya apabila nilai laju infeksi lebih rendah mengakibatkan perkembangan keparahan penyakit menjadi lebih rendah. Perlakuan tanpa pengendalian memiliki nilai laju infeksi tertinggi dibandingkan dengan perlakuan yang menggunakan pengendalian. Perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk vermikompos lebih baik menurunkan laju infeksi dibandingkan dengan perlakuan *Bacillus* sp. Perlakuan *Bacillus* sp. memiliki nilai laju infeksi lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan berbagai jenis pupuk organik. Perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk vermikompos mampu menurunkan laju infeksi lebih baik dibandingkan semua perlakuan (Tabel 4.5).

Perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk verikompos memiliki nilai efektifitas sebesar 72,30%, artinya perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk verikompos dapat dikategorikan efektif dalam menekan perkembangan penyakit busuk hitam pada tanaman kubis bunga. Berdasarkan hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk vermikompos merupakan perlakuan terbaik, karena mampu menekan perkembangan penyakit busuk hitam pada keseluruhan parameter pengamatan.

Pengaruh Aplikasi Bacillus sp. dan Penambahan Pupuk Kompos terhadap Populasi Bacillus sp. pada Tanaman Kubis Bunga

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan dengan penambahan pupuk kompos berpengaruh terhadap peningkatan jumlah populasi *Bacillus* sp. dibandingkan dengan perlakuan tanpa pengendalian. Populasi *Bacillus* sp. semua perlakuan terus mengalami peningkatan setiap pengamatan, namun perlakuan terbaik terdapat pada perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk vermikompos (Tabel 4.3).

Perlakuan kontrol dan perlakuan *Bacillus* sp pada 7 hari sebelum aplikasi *Bacillus* sp. menunjukkan terdapat populasi kurang dari 30 koloni bakteri. Perlakuan kontrol pada terdapat 2 koloni bakteri atau perkiraan populasi 2×10^7 cfu/g sedangkan pada perlakuan *Bacillus* sp. terdapat 4 koloni bakteri atau perkiraan populasi 4×10^7 cfu/g. Perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk bokashi, perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk kompos, perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk vermikompos mempunyai jumlah yang lebih banyak pada 7 hari sebelum aplikasi *Bacillus* sp. karena adanya penambahan pupuk kompos dan semakin meningkat jumlah populasinya setelah diaplikasikan dengan *Bacillus* sp.

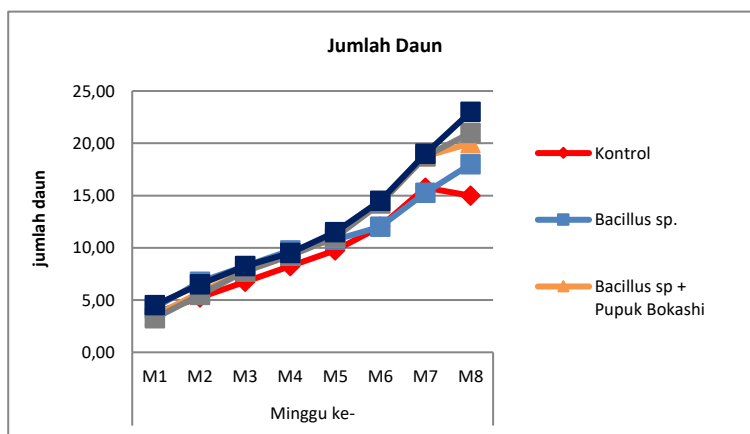
Tabel 4.3 Populasi *Bacillus* sp. pada masing-masing perlakuan

Perlakuan	Populasi Bakteri (cfu/g)		
	7 hari sebelum aplikasi	14 hari setelah aplikasi	28 hari setelah aplikasi
Kontrol	2x10 ⁷	4,3x10 ⁷	3,5x10 ⁸
<i>Bacillus</i> sp.	4x10 ⁷	3,6x10 ⁸	1,14x10 ⁹
<i>Bacillus</i> sp. + Pupuk Bokashi	5,3x10 ⁸	6,2x10 ⁸	1,61x10 ⁹
<i>Bacillus</i> sp. + Pupuk Kompos	6,1x10 ⁸	8,7x10 ⁸	1,45x10 ⁹
<i>Bacillus</i> sp. + Pupuk Vermikompos	7,6x10 ⁸	9,3x10 ⁹	2,29x10 ⁹

Perhitungan populasi *Bacillus* sp setelah inokulasi *Bacillus* sp. dilakukan pada saat 28 hari setelah inokulasi *Bacillus* sp. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan *Bacillus* sp. dengan tanah, *Bacillus* sp. dengan pupuk bokashi, *Bacillus* sp. dengan pupuk kompos, dan *Bacillus* sp. dengan pupuk vermikompos berpengaruh terhadap peningkatan jumlah populasi *Bacillus* sp. Populasi *Bacillus* sp. di semua perlakuan mengalami peningkatan jumlah populasi, namun perlakuan terbaik terdapat pada perlakuan *Bacillus* sp dengan penambahan pupuk vermikompos.

Pengaruh Aplikasi *Bacillus* sp. Dengan Penambahan Pupuk Kompos Terhadap Pertumbuhan Jumlah Daun Tanaman Kubis Bunga

Pengamatan pertumbuhan jumlah daun pada tanaman kubis bunga dilakukan pada minggu ke-1 sampai minggu ke-8. Berikut merupakan grafik pertumbuhan jumlah daun pada tanaman kubis bunga.



Gambar 4.8 Pertumbuhan Jumlah Daun Tanaman Kubis Bunga

Jumlah daun tanaman kubis bunga pada semua perlakuan pada minggu ke-1 sampai minggu ke-8 mengalami pertumbuhan setiap minggu (Gambar 4.10). Pengamatan pada minggu ke-8 menunjukkan bahwa perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk vermikompos memiliki jumlah daun yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lain. Perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk vermikompos menjadi perlakuan terbaik pada minggu ke-8 karena memiliki rata-rata jumlah daun tertinggi yaitu 23 daun, kemudian diikuti dengan perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk kompos yaitu 21 daun, perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk bokashi yaitu 20 daun, perlakuan *Bacillus* sp. yaitu 18 daun, dan perlakuan tanpa pengendalian yaitu 15 daun (Tabel 4.6).

Berikut merupakan hasil pengamatan pertumbuhan jumlah daun pada tanaman kubis bunga disajikan dalam tabel 4.6.

Tabel 4.6 Jumlah Daun Tanaman Kubis Bunga Pada Minggu ke-8

Perlakuan	Jumlah Daun
Kontrol	12,00c
<i>Bacillus</i> sp.	13,75bc
<i>Bacillus</i> sp. + Pupuk Bokashi	14,75b
<i>Bacillus</i> sp. + Pupuk Kompos	16,50ab
<i>Bacillus</i> sp. + Vermikompos	18,25a

Keterangan: angka yang diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata dalam Uji DMRT 5%

Berdasarkan tabel 4.6 jumlah dan pada tanaman kubis bunga memiliki nilai berbeda pada setiap perlakuan. Perlakuan kontrol memiliki jumlah daun yang lebih sedikit dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk vermikompos merupakan perlakuan terbaik dalam pertumbuhan jumlah daun yaitu 23 helai daun dibandingkan dengan semua perlakuan.

Gejala serangan awal penyakit busuk hitam pada kubis bunga yaitu ditandai dengan adanya tepi daun yang berwarna kuning kecoklatan tetapi belum menyerang seluruh permukaan daun. Gejala serangan dapat terlihat ketika pengamatan hari ke 4 setelah inokulasi pada perlakuan kontrol. Perlakuan dengan pengendalian menggunakan *Bacillus* sp. dapat mempengaruhi masa inkubasi dan munculnya awal serangan patogen lebih lama. Gejala serangan *xanthomonas campestris* pada tanaman kubis bunga yaitu diawali dengan adanya daerah berwarna kuning pada bagian tepi daun, kemudian meluas hingga kebagian tengah. Gejala yang terjadi akan menyebar keseluruhan bagian tanaman dan jaringan yang terinfeksi akan mati. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Baroroh (2012), bahwa gejala akibat serangan patogen *xanthomonas campestris* yaitu diawali dengan adanya daerah berwarna kuning pada bagian tepi daun, kemudian meluas hingga kebagian tengah. Daerah tulang daun ini akan berubah berwarna menjadi coklat tua dan hitam. Pada tingkatan yang lebih lanjut penyakit semakin meluas melalui tulang-tulang daun dan masuk kedalam batang kemudian mengering dan seperti terbakar (nekrotis). Jaringan helaian daun yang sakit mengering, menjadi seperti selaput, dengan tulang-tulang daun berwarna hitam (Baroroh, 2012).

Menurut Wati dkk (2017), mekanisme serangan patogen *Xanthomonas campestris* yaitu diawali dengan bakteri masuk ke daun melalui hidatoda di tepi daun atau luka dengan membentuk lesi V akibat adanya penyumbatan pembuluh dan menyebabkan infeksi sistemik. Kondisi hangat atau basah mendukung infeksi oleh *X. campestris* pada tanaman. Kelembaban optimum diperlukan untuk invasi bakteri ke tanaman inang melalui hidatoda secara alami. Kisaran suhu optimum untuk pertumbuhan bakteri dan perkembangan gejala pada tanaman inang adalah antara 25-30°C

Aplikasi *Bacillus* sp. maupun yang ditumbuhkan pada perlakuan pupuk bokashi, pupuk kompos, dan pupuk vermikompos mampu menekan perkembangan penyakit busuk hitam dibandingkan dengan perlakuan kontrol pada semua parameter pengamatan. Menurut Sulistyoningtyas dkk (2017), *Bacillus* sp. yang diinokulasikan pada daerah perakaran diduga memiliki peran sebagai PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*). Salah satu cara bakteri PGPR untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen adalah dengan cara menghasilkan metabolik sekunder seperti siderofor, antibiotik, hydrogen sianida, enzim ekstra seluler serta menginduksi ketahanan tanaman dan mampu mensintesis enzim degradasi dinding sel patogen. Perlakuan bakteri antagonis seperti *Bacillus* sp. dapat memberikan sistem pertahanan (bioprotektan), karena bakteri ini dapat mengeluarkan senyawa antibiosis yang mampu memberikan sinyal terhadap tanaman yang terserang agar melakukan pertahanan diri (Jatnika dkk., 2013).

Perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk vermikompos menjadi perlakuan yang lebih baik dalam menekan perkembangan penyakit busuk hitam maupun memacu pertumbuhan tanaman kubis bunga berdasarkan parameter perkembangan penyakit yaitu menunda masa inkubasi lebih lama yaitu 12 hari dibandingkan dengan perlakuan yang lainnya, mampu menurunkan keparahan penyakit sebesar 23,44%, laju infeksi sebesar 0,076 unit/hari, dan mampu menekan penyakit busuk hitam dengan efektivitas sebesar 72,30%. Hal tersebut dikarenakan pupuk vermikompos mampu menyediakan kebutuhan hara yang dibutuhkan oleh *Bacillus* sp. dan bagi tanaman. Menurut Setiawan dkk (2015), penambahan pupuk vermikompos dapat menekan perkembangan penyakit karena mampu meningkatkan populasi mikroba antagonis yang berperan terhadap ketersediaan tanah. Unsur hara dari pupuk vermikompos mampu menyediakan kebutuhan hara yang dibutuhkan oleh *Bacillus* sp., sehingga dapat tumbuh dengan optimal.

Perlakuan dengan penambahan pupuk kompos pada media tanam berpengaruh terhadap pertumbuhan populasi *Bacillus* sp. lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa penambahan pupuk kompos. Perbedaan populasi *Bacillus* sp. pada setiap perlakuan dapat dikarenakan oleh kandungan unsur hara yang terkandung pada setiap jenis pupuk kompos. Kandungan unsur hara pada pupuk kompos dapat menyediakan nutrisi pertumbuhan dan perkembangan bakteri *Bacillus* sp. sehingga populasi menjadi meningkat. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Oktrisa dkk (2017), yang menjelaskan bahwa *Bacillus* sp. yang ditambahkan dengan pupuk kompos mampu menyediakan nutrisi untuk pertumbuhan dan perkembangan bakteri tersebut sehingga dapat mempertahankan dan meningkatkan populasinya.

Perlakuan *Bacillus* sp. yang ditumbuhkan pada perlakuan menggunakan tanah dan pupuk bokashi, pupuk kompos, pupuk vermikompos memiliki kemampuan hidup yang berbeda. Pupuk vermikompos merupakan bahan organik terbaik dalam mendukung pertumbuhan *Bacillus* sp. Menurut Arnold dkk (2017), pemberian bahan organik pupuk vermikompos dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah sehingga mikroorganisme dapat berkoloni menjadi lebih banyak. Hal tersebut disebabkan pada pupuk vermikompos memiliki kandungan karbon organik dan nitrogen organik yang lebih tinggi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Vega dan Victoria (2009), didalam tubuh cacing jenis *Aisenia vetida* ditemukan *Bacillus* sp. sebesar 31% sehingga pupuk vermikompos yang berasal dari perombakan bahan-bahan organik dengan bantuan mikroorganisme dan cacing tanah terdapat populasi *Bacillus* sp. yang lebih banyak. Ketika pupuk vermikompos yang ditambahkan dengan *Bacillus* sp. memiliki populasi *Bacillus* sp. yang lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Setiawan dkk, 2015).

Berdasarkan hasil analisis di Laboratorium Fisika dan Kimia Tanah Puslit Sukosari, pupuk bokashi mempunyai kandungan C-Organik sebesar 19,31%, Nitrogen sebesar 1,14%, dan C/N ratio sebesar 17,10%, pupuk kompos mempunyai kandungan C-Organik sebesar 23,58%, Nitrogen sebesar 2,68%, dan C/N ratio sebesar 8,79%, pupuk vermikompos mempunyai kandungan C-Organik sebesar 16,16%, Nitrogen sebesar 1,40%, dan C/N ratio sebesar 11,62%. Ratio C/N berdasarkan SNI 19-7030-2004 antara 10-20% (Badan Standardisasi Nasional, 2004). Ratio C/N yang terlalu tinggi menyebabkan mikroorganisme kekurangan nitrogen, sedangkan C/N ratio yang terlalu rendah dapat menyebabkan kelebihan nitrogen yang tidak dipakai oleh mikroorganisme akan teroksidasi sebagai ammonia yang berbahaya bagi tanaman (Purnomo dkk, 2017). Menurut Setyorini dkk (2006), mikroba membutuhkan karbon sebagai sumber energi untuk pertumbuhannya sedangkan pada nitrogen digunakan untuk membentuk protein struktur sel bakteri.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan perlakuan kontrol dengan menggunakan tanah, perlakuan *Bacillus* sp. dengan tanah, perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk bokashi, perlakuan *Bacillus* sp dengan penambahan pupuk kompos, perlakuan *Bacillus* sp dengan penambahan pupuk vermikompos mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kubis bunga yang ditunjukkan dengan parameter jumlah daun. Perlakuan *Bacillus* sp. maupun yang ditambahkan dengan pupuk kompos mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman lebih cepat dibandingkan dengan kontrol. Hal tersebut dapat dilihat pada pengamatan jumlah daun yang jumlahnya selalu bertambah setiap minggunya. Menurut Sugiyanti dan Septianti (2019), *Bacillus* sp. mempunyai peran sebagai PGPR yaitu bersifat biostimulan yang artinya dapat memacu pertumbuhan tanaman.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mangungsong dkk (2019), *Bacillus* sp. berperan sebagai biofertilizer yang dapat menyediakan kebutuhan nutrisi bagi tanaman. Hal ini ditunjukkan dengan mempercepat pelapukan bahan organik di dalam tanah melalui proses dekomposisi. *Bacillus* sp. dalam melakukan dekomposisi bahan organik mengeluarkan asam organik dan mengubah fosfat tidak terlarut menjadi bentuk tersedia untuk tanaman sehingga ketersediaan nutrisi bagi tanaman tercukupi dan mudah diambil oleh tanaman.

Perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk vermikompos merupakan perlakuan terbaik dalam meningkatkan jumlah daun dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Menurut Tinendung dkk (2014), semakin banyak populasi koloni *Bacillus* sp. maka akan lebih cepat mengkolonisasi perakaran tanaman dan membantu penyerapan unsur hara. *Bacillus* sp. menghasilkan hormon pertumbuhan tanaman, seperti auksin, sitokinin dan IAA (Indole Acetic Acid) dimana fungsi dari hormon tersebut dapat merangsang pembelahan sel, pengatur pembesaran sel, memacu pertumbuhan akar serta memacu penyerapan air dan memenuhi nutrisi yang berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman.

KESIMPULAN

1. Perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk vermikompos pada media tanam dapat menekan perkembangan penyakit busuk hitam pada tanaman kubis bunga, perlakuan yang terbaik terdapat pada *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk vermikompos dengan efektivitas sebesar 72%.
2. Perlakuan *Bacillus* sp. dengan penambahan pupuk vermikompos pada media tanam mampu meningkatkan populasi *Bacillus* sp.

DAFTAR PUSTAKA

- Barroroh, I. 2012. Pemanfaatan Bakteriofage Sebagai agens pengendalian hayati Busuk Hitam Pada Kubis. Digilib.Uns.ac.id. *Skripsi*. Surakarta (ID): Universitas Sebelas Maret.
- Broadbent, P., K.F. Baker, N. Franks, and J. Holland. 1977. Effect of *Bacillus* spp. On Increased Growth of Seedling in Steamed and in Nontreated Soil. *Phytopathology*, 67 :1027-1034.
- Bustaman H. 2006. Seleksi Mikroba Rizobakteri Antagonis terhadap Bakteri *Ralstonia solanacearum* Penyebab Penyakit Bakteri Pada Tanaman Jahe Di Lahan Tertindas. Tidak diterbitkan. *Skripsi*. Bengkulu (ID): Universitas Bengkulu.
- Dani, A., Rusman, Y., Noormansyah, Z. 2016. Dampak Sekolah Lapang Pengendalian Hama Terpadu (SLPHT) Terhadap Tingkat Penerapan Teknologi Pengendalian Hama Terpadu (PHT) pada Usahatani Padi Sawah (*Oryza sativa* L) (Studi Kasus Pada Kelompok Tani Kutawaringin Desa Cinyasag Kecamatan Panawangan Kabupaten Ciamis). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa AGROINFO GALUH*. 2(3): 159-166.
- Eko Aprilianto dan Sarno. 2018. Pemantauan Keanekaragaman hama dan Musuh Alami Pada Ekosistem Tepid an Tengah Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Majalah Ilmiah Biologi Biosfera*. 35(2): 69-74.
- Faisol, R.E.F., Medha, B., Y.B.H. Suwasono. 2017. Peningkatan Produktivitas Tanaman Kubis Bunga (*Brassica Oleraceae* Var *Botrytis* L.) Melalui Penambahan dan Waktu Pemberian Urin Sapi Fermentasi. *Jurnal Produksi Tanaman*. 5(8): 1375-1380.
- Javandira, C., L. Q. Aini, dan A. L. Abadi. 2013. Pengendalian Penyakit Busuk Lunak Umbi Kentang (*Erwinia Carotovora*) dengan Memanfaatkan Agens Hayati *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens*. *Jurnal HPT*, 1(1) : 90-97.
- Juhriah., Suhadiyah, S., Muhtadin., Lestari, D. 2018. Pemanfaatan pupuk Organik Cair (VOC) Pada Budidaya tanaman Kol Bunga *Brassica oleraceae* var. *botrytis* L. subvar. *Cauliflora* DC. *Biologi Makassar*. 3(1): 35-47.
- Lumoly, F.S., Emmy, S., Guntur, M.S.J. 2016. Insidensi Penyakit Busuk Hitam Pada Tanaman Brokoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) Di Tomohon. *Universitas Sam Ratulangi*. 1(1): 1-15.
- Marliah, A., Nurhayati., R. Riana. 2013. Pengaruh Varietas dan Konsentrasi Pupuk Majemuk Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kubis Bunga. *Florateg &* 118-126.
- Masnilah, R., A. L. Abadi., T. H. Astono, dan L. Q. Aini. 2013. Karakterisasi Bakteri Penyebab Penyakit Hawar Daun Edamame Di Jember. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 1(1) : 10-14.
- Nurchayanti, S. D., T. Arwiyanto., D. Indradewa, dan J. Widada. 2013. Isolasi dan Seleksi *Pseudomonad fluorescens* Pada Risosfer Penyambungan Tomat. *Berkala Ilmiah Pertanian*, 1(1) : 15-18.
- Oktarina, H., T. Chamzurni, dan Afriani. 2012. Uji Waktu Aplikasi Kascing untuk Menekan Intensitas Serangan *Rhizoctonia solani* Kühn Di Pesemaian Tembakau. *Agrista*, 16(2) : 107-113.
- Pratama, T., Gede, S., Ali, N. 2016. Dampak Penyakit Tanaman terhadap Pendapatan Petani Kubis-Kubisan di daerah Agropolitan kabupaten Cianjur, Jawa Barat. *Fitopatologi Indonesia*. 12(6): 218-223.
- Prihatiningsih, N., T. Arwiyanto, B. Hadisutrisno, dan J. Widada. 2015. Mekanisme Antibiosis *Bacillus subtilis* B315

- untuk Pengendalian Penyakit Layu Bakteri Kentang. *HPT Tropika*, 15(1): 64-71.
- Puspita, F. 2013. Uji Beberapa Konsentrasi *Bacillus* sp. Untuk Mengendalikan Penyakit Busuk Basah Oleh Bakteri *Erwinia caratovora* Pada Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.). *Skripsi*. Riau: Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Riau.
- Putra, A. D., MMB, Damanik, dan H. Hanum. 2015. Aplikasi Pupuk Urea dan Pupuk Kandang Kambing untuk Meningkatkan N-Total Pada Tanah Inceptisol Kwala Bekala dan Kaitannya Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *agroekoteknologi*, 3(1) : 128-135.
- Schaad NW, JB Jones and W Chun. 2001. *Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria*. USA; Onacid. Pg: 175-193.
- Sadjadi, B., Herlina, dan W. Supendi. 2017. Level Penambahan Bokashi Kotoran Sapi terhadap Pertumbuhan dan Produksi pada Panen Pertama Rumput Gajah (*Pennisetum purpureophoides*). *Sains Peternakan Indonesia*, 12 (4): 411-418.
- Safitri, A. D., R. Linda, dan Rahmawati. 2017. Aplikasi Pupuk Organik Cair (POC) Kotoran Kambing Difermentasikan dengan EM4 terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) Var Bara. *Protobiont*, 6 (3): 182-187.
- Sallyta, A. A. M., H. S. Addy, dan P. A. Mihardjo. 2014. Penghambatan *Actinomycetes* Terhadap *Erwinia Carotovora* Subsp. *Carotovora* Secara In Vitro. *Berkala Ilmiah Pertania*, 1(4) : 70-72.
- Satapute, P. P., H. S. Olekar., A. A. Shetti., A. G. Kulkarni., G. B. Hiremath., B.I. Patagundi., C. T. Shivsharan, and B. B. Kaliwal. 2012. Isolation and Characterization of Nitrogen Fixing *Bacillus subtilis* Strain AS-4 from Agricultural Soil. *Recent Scientific Research*, 3(9) : 762-765.
- Semangun H. 1996. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Setiawa, I.G.P., Ainin, N., Kus, H., Sri, Y. 2015. Pengaruh Dosis Vermikompos Terhadap Pertumbuhan Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa* L.) dan Perubahan Beberapa Sifat Kimia Tanah Ultisol Taman Bogo. *Agrotek Tropika*. 3(1): 170-173.
- Soesanto, L. 2008. *Pengantar Pengendalian Hayati Penyakit Tanaman*. PT Raja Grafindo Persada : Jakarta.
- Sunarti. 2015. Pengamatan Hama dan Penyakit Penting Tanaman Kubis Bunga (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) Dataran Rendah. *Jurnal Agroqua*. 13(2): 74 -80.
- Sutedjo, M. M. 2010. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Rineka Cipta : Jakarta.
- Suwarto., Y. Octavianty, dan S. Hermawati. 2014. *Top 15 Tanaman Perkebunan*. Penebar Swadaya : Jakarta.
- Tjitrosoepomo. 2010. Taksonomi Tanaman. Yogyakarta: UGM Press.
- Wati, F.D.A., Nurcahyanti, S.D., Addy, H.S. 2017. Eksplorasi *Bacillus* spp., Dari Perakaran Kubis Sebagai Agen *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. *Agrotrop*. 15(2): 217-225.
- Wulansari, N.T., Ramona, Y. Proborini, M.W. 2015. Identifikasi Antagonis Dari *Xanthomonas campestris* Yang Diisolasi Dari Rhizosphere Perkebunan Brokoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) Di Desa Kembang Merta, Kabupaten Tabanan, Bali.