

## Potensi bakteri rizosfer tanaman lamtoro sebagai agen pengendali jamur *Colletotrichum capsici* pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens*)

Atika Ayu Muzammil\*, Dinar Mindrati Fardhani\*, Annisa Khumaira, Ika Afifah Nugraheni

Prodi Bioteknologi, Fakultas Sains & Teknologi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta

\*Email: atikaayumuzammil@gmail.com, dinar@unisayogya.ac.id

### Abstrak

Jamur *Colletotrichum capsici* salah satu patogen penyebab penyakit antaknosa pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens*). Pengendalian berbasis pestisida kimia, meskipun efektif, dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan, organisme non-target, dan kesehatan manusia. Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengendalian yang lebih aman dan ramah lingkungan, salah satunya adalah pemanfaatan agen hayati. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bakteri rizosfer dalam menghambat pertumbuhan patogen jamur *Colletotrichum capsici* pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens*). Metode penelitian meliputi pengambilan sampel rizosfer tanah, isolasi bakteri, pemurnian, karakterisasi isolat bakteri, peremajaan jamur, uji antagonisme terhadap *Colletotrichum capsici*, analisis data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri rizosfer memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan patogen jamur *Colletotrichum capsici* pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens*). Isolat bakteri rizosfer lamtoro diduga memiliki kemiripan dengan beberapa genus. Yakni, *Bacillus* (BRL.1), *Sporosarcina* (BRL.2), *Citrobacter* (BRL.3), *Azotobacter* (BRL.4), dan *Acinetobacter* (BRL.5). Uji antagonis yang memiliki daya hambat paling baik dalam menghambat pertumbuhan patogen jamur *Colletotrichum capsici* di peroleh BRL.1 dengan persentase 50%.

**Kata Kunci:** Agens Hayati, *Colletotrichum capsici*, Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*), Lamtoro (*Leucaena leucocephala*), Rizosfer.

## Potential of rhizosphere bacteria of lamtoro plants as controlling agents of the *colletotrichum capsici* fungus on cayenne pepper plants (*capsicum frutescens*)

### Abstract

The *Colletotrichum capsici* fungus is one of the pathogens that causes anthracnose disease in cayenne pepper plant (*Capsicum Frutescens*). Although effective, chemical pesticide-based control can have a negative impact on the environment, organisms non-target, and human health. Therefore, alternative controls are needed which is safer and more environmentally friendly; one of which is the use of biological agents. This research aims to determine rhizosphere bacteria in inhibiting the growth of *Colletotrichum capsici* fungal pathogen on cayenne pepper plants (*Capsicum frutescens*). The research methods included were soil rhizosphere sampling, bacterial isolation, purification, characterization of bacterial isolates, fungal rejuvenation, antagonism test on *Colletotrichum capsici*, and data analysis. The results showed that rhizosphere bacteria have ability to inhibit the growth of the *Colletotrichum capsici* fungal pathogen on cayenne pepper plant (*Capsicum frutescens*). Lamtoro rhizosphere bacterial isolates are thought to have similarity to several genera. Namely, *Bacillus* (BRL.1), *Citrobacter* (BRL.2), *Azotobacter* (BRL.3), *Sporosarcina* (BRL.4), and *Acinetobacter* (BRL.5). Test the antagonist that had the best inhibitory power in inhibiting the growth of the *Colletotrichum capsici* fungal pathogen obtained by BRL.1 with percentage 50%.

**Keywords:** Biological Agents, *Colletotrichum capsici*, Cayenne Pepper (*Capsicum frutescens*), Lamtoro (*Leucaena leucocephala*), Rhizosphere.

### 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara agraris yang sebagian besar penduduknya bermata pencaharian sebagai petani. Keberadaan petani sangat penting bagi negara agraris untuk berkontribusi dalam peningkatan kesejahteraan masyarakat (Nurhasanah *et al.*, 2021). Salah satu tanaman hortikultura unggulan adalah tanaman cabai rawit. Cabai rawit (*Capsicum frutescens*) banyak digemari oleh

masyarakat Indonesia. Hal tersebut dikarenakan cabai rawit kaya akan vitamin A, B6, C, protein, dan karbohidrat, serta senyawa bioaktif seperti kapsaisin, karoteoid, dan flavonoid (Putri *et al.*, 2019). Menurut data BPS (2024). Produksi cabai rawit dari tahun 2021–2023 mengalami ketidakstabilan di setiap provinsi di Indonesia. Produksi tahun 2021–2023 dengan angka berturut-turut 1.386.447 ton, 1.544.441 ton, dan 1.506.762 ton, dari data tersebut dapat diketahui bahwa pada tahun 2023 produksi cabai rawit mengalami penurunan hingga 37.679 ton di Indonesia.

Menurunnya hasil panen disebabkan karena turunnya kualitas dan kuantitas tanaman cabai rawit yang disebabkan patogen jamur *Colletotrichum capsici* akibat penyakit antaknosa. Penyakit ini menyebabkan bercak coklat pada batang, daun, dan buah. Infeksi patogen jamur *Colletotrichum capsici* menjadi ancaman utama bagi keberlanjutan produksi cabai rawit di Indonesia. Pengendalian jamur *Colletotrichum capsici* penyebab penyakit antaknosa hingga kini masih didominasi oleh penggunaan pestisida kimia, karena dianggap lebih praktis, mudah, dan memberikan hasil cepat (Elfina *et al.*, 2015).

Namun, penggunaan pestisida kimia secara berlebihan dan dosis yang tidak tepat dapat menimbulkan dampak negatif, seperti kerusakan tanah, pencemaran udara, gangguan terhadap organisme non-target, dan dampak kesehatan bagi petani akibat residu pestisida (Ona *et al.*, 2021). Sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan penggunaan rizosfer lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dapat menjadi solusi dalam menghambat pertumbuhan patogen jamur *Colletotrichum capsici* penyebab penyakit antaknosa. Pendekatan hayati ini tidak hanya mengurangi residu kimia, tetapi dapat mendukung keberlanjutan lingkungan (Prasetyo, 2017; Bashir *et al.*, 2016). Sehingga alternatif pengendalian jamur patogen *Colletotrichum capsici* yang dapat dilakukan yaitu dengan memanfaatkan agensia hayati dari rizosfer tanaman lamtoro.

Rizosfer lamtoro (*Leucaena leucocephala*) merupakan tanaman termasuk ke dalam famili *leguminosae* yang memiliki daerah perakaran yang menjadi daerah ideal untuk berkembangnya mikroorganisme tanah dan mampu membentuk bintil akar yang dapat bersimbiosis bakteri *Rhizobium* (Hanafiah, 2012). Memiliki kemampuan dalam menanggapi masalah hara, bertanggung jawab penyediaan unsur nitrogen, penyedia fosfor (Subksa, 2002). Mahartha *et al.*, (2017) melakukan penelitian tentang Potensi Rizobakteri Yang Diisolasi Dari Tanaman *Leguminosae* Untuk Mengendalikan Jamur *Sclerotium rolfsii* menunjukan isolat bakteri rizobakteri dari rizosfer tanaman *leguminosae* mampu menghambat pertumbuhan jamur *Sclerotium rolfsii* dan mampu mengendalikan jamur *Sclerotium rolfsii* pada kondisi rumah kaca dan lapangan. Hipotesis dari penelitian ini bakteri rizosfer tanaman lamtoro dapat mengendalikan jamur *Colletotrichum capsici* pada tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*).

Oleh karena itu diperlukan dilakukannya penelitian lebih lanjut untuk mengetahui bakteri rizosfer dalam menghambat pertumbuhan patogen jamur *Colletotrichum capsici* pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens*) dengan tanaman *leguminosae* yaitu rizosfer tanaman lamtoro. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui bakteri rizosfer dalam menghambat pertumbuhan patogen jamur *Colletotrichum capsici* pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens*).

## 2. Metode

### 2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini erlenmeyer, petridish, jarum ose, tabung reaksi, rak tabung reaksi, gelas beker, gelas ukur, mikropipet, tip, LAF (*Laminar Air Flow*), pipet tetes, bunsen, stirer, rak, *preparat glass*, koran, plastik *warp*, aluminium, wadah aquades dan alkohol, tissue, lap kain, mikroskop, kompor, panci, masker, handskun, rak, pisau, penggaris, box es, plastik kiloan, meteran, kamera dan alat tulis. Sedangkan bahan yang digunakan sampel bakteri rizosfer lamtoro, aquades, alkohol, NA (*Nutrium agar*), PDA (*Potato Dex Agar*), patogen *Colletotrichum capsici*, TSIA (*Triple Sugar Iron Agar*), Hidrogen Peroksida ( $H_2O_2$ ), pewarna *safranin*, *methylen blue*, *lugol*.

### 2.2 Pengambilan Sampel Dari Rizosfer Tanaman Lamtoro

Sampel bakteri diambil dari tanaman lamtoro yang tumbuh disekitar daerah persawahan Tirtoadi, kec Mlati, Kab Sleman, Yogyakarta pada pagi hari pk 06:00 am. Pengambilan sampel bakteri diawali dengan menentukan titik sampel yang akan digunakan, pengambilan sampel menggunakan teknik

zigzag. Teknik zigzag pengambilan sampel tanah diambil sebanyak 4 titik pada daerah rizosfer perakaran lamtoro, dengan kedalaman 15 cm dari pangkal batang dengan bobot masing-masing titik sampel  $\pm 10$  g (Arfarita *et al.*, 2017). Tanah yang sudah terkumpul kemudian dikompositkan (kumpulan tanah yang berasal dari beberapa titik pengambilan sampel) dan dimasukkan kedalam kantong plastik kiloan ukuran 10 cm x 20 cm kemudian sampel dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian selanjutnya (Budiarti *et al.*, 2014).

### 2.3 Isolasi Bakteri Rizosfer

Isolasi bakteri diawali dengan proses pengenceran dengan menimbang sampel tanah sebanyak 10 g lalu masukkan ke dalam tabung reaksi. Setelah itu, larutkan dalam 90 ml aquades lalu homogenkan dengan menggunakan vorteks. Kemudian masukkan 1 ml larutan ke dalam 9 ml aquades steril pada tabung reaksi lain sehingga diperoleh tingkat pengenceran  $10^{-1}$ . Prosedur tersebut diulangi hingga tingkat pengenceran  $10^{-6}$ . Sampel tanah yang telah diencerkan diambil sebanyak 0,3 ml menggunakan pipet mikro 0,3 ml kemudian dituangkan pada cawan petri steril dengan metode *pour plate*. Metode *pour plate* yaitu mencampur suspensi bakteri dengan medium agar pada suhu 50°C dan menuangkannya pada cawan petri. Selanjutnya, cawan petri diputar agar media padat merata dan menutupi setiap permukaan cawan petri. Setelah media dingin maka cawan petri dibungkus dengan *plastic wrap* pada bibir cawan petri yang saling menyatu agar pada saat dilakukan kontrol terhadap pertumbuhan bakteri (penyemprotan alkohol 70% di dalam ruang inkubasi) alkohol tidak masuk ke dalam cawan petri dan selanjutnya, bakteri dimasukan kedalam inkubator selama 48 jam (Mirta *et al.*, 2022).

### 2.4 Pemurnian

Pemurnian dilakukan dengan metode cawan gores (*Streakplate*) metode ini menggunakan *jarum ose* dan menggoreskannya ke permukaan media agar dengan pola tertentu pada isolat yang menunjukkan morfologi dan warna yang berbeda, semua koloni yang memiliki bentuk berbeda dimurnikan pada media agar padat untuk mendapatkan isolat murni. Koloni bakteri yang diperoleh kemudian digores berulang-ulang hingga diperoleh isolat tunggal. Selanjutnya dilakukan inkubasi pada suhu 25 °C dan diamati pertumbuhannya selama 2x24 jam. Setelah mendapatkan koloni yang murni selanjutnya isolat bakteri ditumbuhkan ke dalam media NA miring sebagai stok kerja (Dewi *et al.*, 2020).

### 2.5 Karakterisasi Isolat Bakteri

Karakterisasi bakteri yang saya lakukan mencakup 2 hal yaitu karakterisasi morfologi, biokimia. Semua koloni yang tumbuh dilakukan peremajaan untuk mendapatkan kultur murni. Bakteri yang diremajakan adalah bakteri yang mempunyai karakteristik morfologi yang berbeda antar bakteri lainnya seperti bentuk koloni, warna koloni, tepian koloni, dan elevasi koloni (Cappuchino *et al.*, 1987). Selain itu dilakukan uji biokimia dan identifikasi menggunakan pewarnaan gram. Uji biokimia yang dilakukan antara lain uji oksidase, katalase, motilitas, kebutuhan oksigen dan fermentasi karbohidrat.

### 2.6 Karakterisasi Morfologi Koloni

Karakterisasi secara makroskopis morfologi koloni bakteri rizosfer lamtoro pada medium NA (*Nutrient Agar*) yang tumbuh dapat dibedakan berdasarkan bentuk koloni, warna koloni, elevasi, dan margin koloni.

### 2.6.1 Karakterisasi Morfologi Sel

Pewarnaan gram bertujuan untuk mengetahui morfologi bakteri dan sifat gramnya baik yang bersifat bakteri gram positif dan bakteri gram negatif. Bakteri yang diamati yaitu bakteri yang berumur kurang dari 20 jam (Irfan, 2014). Pewarnaan Gram menggunakan tiga macam cat yakni Gram D (*Safranin*), Gram B (*Iodine Lugol*), dan *Methylen blue*. Pewarnaan gram mengacu pada metode yang dilakukan oleh Putri *et al.*, (2017) dengan proses gram staining. Bakteri gram positif akan berwarna ungu, sedangkan bakteri gram negatif tidak mempertahankan zat warna kristal violet sewaktu proses pewarnaan gram sehingga akan berwarna merah muda (Madigan *et al.*, 2006). Pewarnaan gram salah satu metode yang sederhana, pewarnaan gram mempermudah untuk melihat bakteri secara mikroskopik. Membantu memperjelas ukuran dan bentuk sel bakteri, dan membantu melihat bentuk struktur sel bakteri.

### 2.6.2 Karakterisasi Fisiologi

Uji fisiologi merupakan lanjutan untuk mengidentifikasi suatu bakteri (Yulvizar, 2013). Karakterisasi fisiologi yang dilakukan seperti uji oksidase, uji kebutuhan oksigen, uji fermentasi karbohidrat, uji motilitas dan uji katalase.

#### a. Uji Oksidase

Biakan masing-masing bakteri dioleskan pada kertas oksidase menggunakan jarum ose secara aseptik. Perubahan koloni bakteri diamati sekitar  $\pm 5$  detik. Bila koloni berubah warna *deep blue/violet* pada kertas oksidase menunjukkan positif oksidase, sementara reaksi negatif ditandai dengan warna merah pada kertas oksidase (Panjaitan *et al.*, 2020).

#### b. Uji Kebutuhan Oksigen

Biakan bakteri diambil menggunakan jarum ose secara aseptik dan diinokulasikan pada tabung reaksi 9 ml yang berisi media NA semi solid dan diinkubasi selama 24 jam. Pertumbuhan bakteri ditunjukkan dengan adanya kekeruhan pada tabung media yakni di permukaan, Di tengah di bagian dasar, maupun tersebar dalam media. Bentuk kebutuhan oksigen bakteri diantaranya fakultatif anaerob, anaerob obligat, aerob obligat, mikroaerofilik dan aerob toleran (Panjaitan *et al.*, 2020).

#### c. Uji Fermentasi Karbohidrat

Uji fermentasi karbohidrat dilakukan untuk mengidentifikasi bakteri yang mampu memfermentasi karbohidrat. Pengujian ini menggunakan media *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA) semi solid dengan cara memasukkan inokulum bakteri pada media TSIA semi solid kemudian diinkubasi selama 24 jam. Uji fermentasi karbohidrat dilakukan dengan menggunakan media TSI dengan cara memasukkan inokulum bakteri pada media TSIA semi solid. Warna merah pada agar menunjukkan reaksi basa, sedangkan warna kuning menunjukkan reaksi asam. Warna merah pada permukaan dan kuning di bagian bawah tabung reaksi menunjukkan fermentasi laktosa saja, warna kuning pada permukaan dan bawah tabung reaksi menunjukkan terjadinya fermentasi glukosa, laktosa dan sukrosa. Warna kuning pada bagian permukaan dan warna merah pada bagian bawah menunjukkan fermentasi laktosa dan sukrosa. Sedangkan warna merah pada bagian permukaan dan bawah menunjukkan ketiga gula tidak dapat difermentasi (Panjaitan *et al.*, 2020).

#### d. Uji Motilitas

Uji motilitas bertujuan untuk melihat pergerakan bakteri di dalam media tumbuh. Biakan bakteri diambil menggunakan jarum ose secara aseptik dan diinokulasikan secara vertikal pada media NA semi solid serta diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C untuk melihat pertumbuhan dari masing-masing bakteri tersebut. Motilitas bakteri ditunjukkan dengan adanya pertumbuhan pada permukaan medium dan tidak ada bekas pada tusukan atau menyebar (positif) sedangkan bakteri yang menunjukkan pada permukaan medium tumbuh pada tusukan berarti negatif (Panjaitan *et al.*, 2020).

#### e. Uji Katalase

Biakan bakteri diinokulasikan ke dalam tabung reaksi 9 ml berisi media NA kemudian ditetesi Hidrogen Peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) sebanyak 1-2 tetes menggunakan mikropipet dan diamati. Bila ada gelembung-gelembung udara menunjukkan bahwa reaksi tersebut positif dan bila tidak terdapat gelembung udara pada tabung reaksi maka reaksi tersebut negatif (Panjaitan *et al.*, 2020).

### 2.7 Peremajaan Patogen *Colletotrichum capsici*

Peremajaan isolat jamur *Colletotrichum capsici* dilakukan pada tabung reaksi dengan mengambil sebagian hifa jamur yang telah ditumbuhkan dalam media *Potato Dextrose Agar* (PDA) pada cawan petri kemudian dilakukan inokulasi pada media PDA steril dalam tabung reaksi dan dilakukan dengan menggunakan LAF (*Laminar Air Flow*) agar menghindari terjadinya kontaminasi yang tidak diinginkan. Peremajaan jamur diinkubasi pada suhu ruang (25-27°C) selama 7 hari sampai miselia jamur menjadi banyak (Halwiyah *et al.*, 2019).

### 2.8 Uji Antagonisme Bakteri Rizosfer Terhadap Patogen *Colletotrichum capsici*

Uji antagonisme bakteri rizosfer lamtoro terhadap jamur patogen *Colletotrichum capsici*, memiliki 1 kontrol dan masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Uji antagonisme dilakukan dengan mengambil masing-masing cendawan biakan murni bakteri rizosfer dengan jamur patogen kemudian diinokulasi pada cawan petri yang berisi media PDA secara berhadapan dengan jarak 3 cm. kemudian, jamur patogen juga diinokulasi tanpa bakteri antagonis yang digunakan sebagai control. Biakan diinokulasi selama 7 hari dan dilakukan pengamatan pertumbuhan jamur patogen dan bakteri antagonis dengan mengukur diameter pertumbuhannya.

### 2.9 Analisis Data

Analisis data pada penelitian ini yakni hasil karakterisasi morfologi koloni berdasarkan (bentuk koloni, warna koloni, elevasi, dan margin koloni), kemudian karakterisasi morfologi sel berdasarkan sifat (Gramnya positif dan negatif). Selanjutnya karakterisasi fisiologi (biokimia) berdasarkan pengujian (uji oksidase, uji kebutuhan oksigen, uji fermentasi karbohidrat, uji motilitas dan uji katalase) terhadap isolat bakteri rizosfer lamtoro. Kemudian hasil karakterisasi morfologi dari keseluruhan yang diamati selanjutnya dilakukan pemilihan karakter berdasarkan pohon kekerabatan (dendrogram), selanjutnya digunakan untuk membuat matriks kemiripan genetik dengan menggunakan program komputer NTSys-pc versi 2.02. Sehingga, dilanjutkan untuk mengidentifikasi genus bakteri rizosfer lamtoro yang berpadoman dengan menggunakan buku *Bergey's Manual Determinative Bacteriology*. Kemudian dilakukan uji antagonis bakteri rizosfer lamtoro terhadap jamur patogen *Colletotrichum capsici* dengan menghitung diameter jamur dengan menggunakan penggaris dan, terakhir menghitung persentase daya hambat bakteri rizosfer lamtoro terhadap jamur patogen *Colletotrichum capsici*. Baker *et al.*, (1986) menyatakan persentase daya hambat di hitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\frac{d1 - d2}{d1} \times 100\%$$

Keterangan :

d1 = diameter koloni patogen dari petri kontrol

d2 = diameter koloni patogen dari petri perlakuan

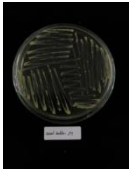
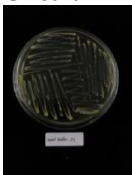
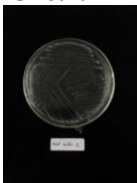
## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Karakterisasi Morfologi Koloni

Bakteri rizosfer tanaman lamtoro dapat dilihat dari bentuk morfologi secara makroskopik (Tabel 1). Pada penelitian ini dilakukan karakterisasi morfologinya dan dilanjutkan melakukan karakterisasi fisiologi (biokimia). Hasil karakterisasi morfologi bakteri rizosfer lamtoro diperoleh karakteristik mikroskopis koloni yang beragam dapat dilihat pada (Tabel 2) di bawah. Pada (Tabel 1) semua isolat

mempunyai bentuk koloni *circular* dengan elevasi *flat*, memiliki 2 macam margin yakni *Entire* dan *Undulate*. Morfologi koloni isolat bakteri yang ditemukan pada penelitian ini sesuai dengan pernyataan Cappucino and Sherman (1987) bahwa pada umumnya bentuk koloni bakteri berbentuk *circular*, *irregular*, *filamentous*, *rhizoid*. Elevasi berbentuk *raised*, *convex*, *flat*, *umbonate*, *crateriform*. Tepian yang berbentuk *entire*, *undulate*, *filiform*, *curled* dan *lobate*.

**Tabel 1.** Hasil pengamatan koloni secara makroskopik

| Kode isolat | Bentuk                                                                                                 | Elevasi                           | Margin          | Warna                                | Ukuran                       | Optik         | Tekstur | Penampakan koloni | Bentuk media miring |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|--------------------------------------|------------------------------|---------------|---------|-------------------|---------------------|
| BRL.1       | <i>Circular</i><br>   | <i>Flat</i>                       | <i>Entire</i>   | Kuning<br>( <i>Pigmented</i> )       | Sedang<br>( <i>Moderat</i> ) | <i>Opaque</i> | Halus   | Mengkilap         | <i>Spreading</i>    |
| BRL.2       | <i>Circular</i><br>   | <i>Raised</i><br>(cembung keatas) | <i>Undulate</i> | Kuning<br>( <i>pigmented</i> )       | Kecil<br>( <i>Small</i> )    | <i>Opaque</i> | Halus   | Tidak mengkilap   | <i>Effuse</i>       |
| BRL.3       | <i>Circular</i><br> | <i>Flat</i> (datar)               | <i>Curled</i>   | Cream (Non<br><i>pigmented</i> )     | Sedang<br>( <i>Moderat</i> ) | <i>Opaque</i> | Halus   | Mengkilap         | <i>Effuse</i>       |
| BRL.4       | <i>Circular</i><br> | <i>Flat</i>                       | <i>Undulate</i> | Cream<br>(Non<br><i>pigmented</i> )  | Sedang<br>( <i>Moderat</i> ) | <i>Opaque</i> | Halus   | Tidak mengkilap   | <i>Effuse</i>       |
| BRL.5       | <i>Circular</i><br> | <i>Flat</i>                       | <i>Undulate</i> | Kuning<br>(Non<br><i>pigmented</i> ) | Besar<br>( <i>Large</i> )    | <i>Opaque</i> | Halus   | Tidak mengkilap   | <i>Effuse</i>       |

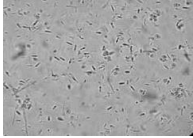
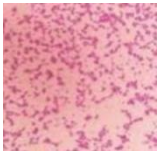
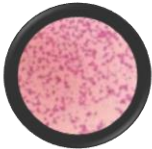
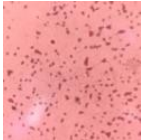
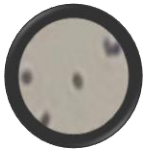
Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

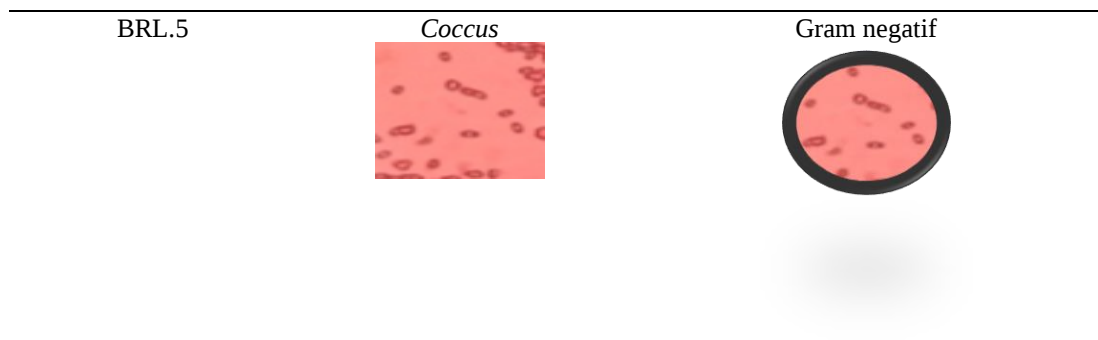
### 3.2 Karakteristik Morfologi Sel

Pengamatan isolat bakteri juga dapat dilakukan dengan mengetahui karakteristik mikroskopisnya, yaitu pengamatan dengan mengamati bentuk sel dan tipe Gram. Pewarnaan Gram digunakan untuk mengetahui morfologi sel bakteri serta digunakan untuk membedakan bakteri Gram positif dan Gram negatif (Rostinawati, 2008). Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan menunjukan bahwa terdapat 2 isolat Gram positif, 3 isolat menunjukan bakteri Gram negatif. Pewarnaan Gram terdapat 3 isolat yang berbentuk basil dan kokus. Gambar hasil pewarnaan Gram dapat dilihat pada (Tabel 2).

Bakteri Gram positif dapat berwarna ungu karena warna kristal violet-yodium tetap dipertahankan meskipun telah diberi larutan pemucat (alkohol), sedangkan bakteri Gram negatif berwarna merah karena zat warna tersebut larut pada saat pemberian alkohol dan pada akhirnya berubah menjadi warna merah setelah pemberian safranin.

**Tabel 2.** Pewarnaan Gram

| Kode isolat | Bentuk Sel                                                                                           | Warna Gram                                                                                            |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BRL.1       | <i>Bacili</i><br>   | Gram positif<br>   |
| BRL.2       | <i>Rods</i><br>     | Gram negatif<br>   |
| BRL.3       | <i>Coccus</i><br> | Gram negatif<br> |
| BRL.4       | <i>Coccus</i><br> | Gram positif<br> |



Sumber: Dokumentasi Pribadi (2023)

### 3.3 Karakteristik Fisiologi

Karakterisasi fisiologi (biokimia) bertujuan untuk mengetahui aktivitas sel dan interaksi biokimia yang terjadi. Uji biokimia pada bakteri merupakan upaya yang dilakukan untuk mengidentifikasi dan mendeterminasi suatu biakan murni bakteri hasil dari isolasi melalui sifat-sifat fisiologinya (Petczar *et al.*, 2010). Karakterisasi fisiologi yang dilakukan seperti uji kebutuhan oksigen, uji oksidase, uji fermentasi (glukosa, sukrosa dan laktosa) dan uji motilitas.

**Tabel 3.** Hasil Uji Biokimia

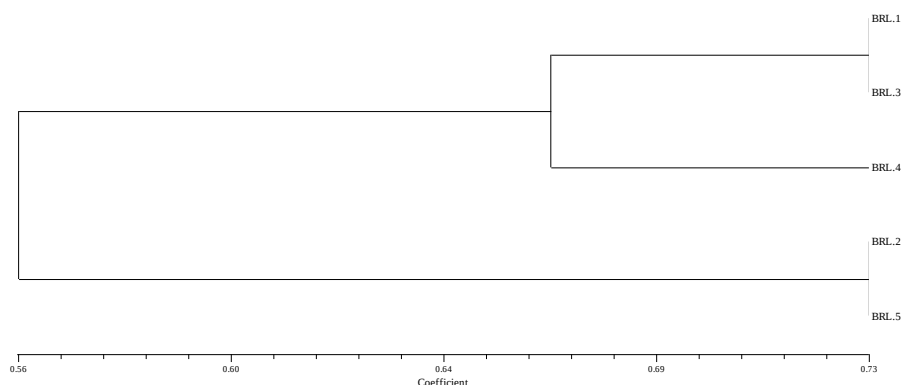
| Nama isolat | Uji karbohidrat<br>Glukosa/<br>Laktosa -<br>Sukrosa | Uji kebutuhan oksigen | Uji katalase | Uji oksidase | Uji motilitas |
|-------------|-----------------------------------------------------|-----------------------|--------------|--------------|---------------|
| BRL.1       | +/-                                                 | Aerob                 | +            | +            | +             |
| BRL.2       | +/-                                                 | Fakultatif<br>Anaerob | +            | -            | +             |
| BRL.3       | +/-                                                 | Aerob                 | +            | +            | +             |
| BRL.4       | +/-                                                 | Fakultatif<br>Anaerob | +            | +            | +             |
| BRL.5       | -/-                                                 | Aerob                 | +            | -            | +             |

Keterangan = Tanda ( + ) menunjukkan hasil positif

Tanda ( - ) menunjukkan hasil negatif

**Sumber:** Dokumentasi Pribadi (2023)

Dari hasil karakterisasi morfologi dan fisiologi yang telah dilakukan selanjutnya dilakukan pembuatan pohon filogenetik untuk mengetahui kekerabatan antara isolat yang ada. Hasil fenogram ini dianalisis menggunakan data pengamatan morfologi yaitu 59 karakter, disajikan dalam bentuk skor, selanjutnya digunakan untuk membuat matriks kesamaan genetik dengan menggunakan prosedur SIMQUAL (*Similarity for Qualitatif Data*). Matriks kemiripan ini digunakan untuk analisis pengelompokan *Sequential, Angglomerative, Hierarcichal and Nested (SAHN)*, pengelompokan dengan metode *Unweighted Pair Group Method* dan *Arithmetic Mean* (UPGMA) menggunakan program komputer NTSys-pc versi 2.02



**Gambar 1.** Pohon Filogenetik  
(Sumber. Dokumentasi NTSys-pc versi 2.02)

Berdasarkan hasil analisis kekerabatan fenetik dari 5 isolat (Gambar 1) di dapatkan dua kelompok utama pada kesamaan koefisien antara 0,56-0,73. Klaster pertama terdiri atas isolat BRL.1 dan BRL.3, BRL.4 sedangkan klaster kedua terdiri atas isolat BRL.2, BRL.5. Pada kesamaan genetik ini klaster terbagi menjadi 2 kelompok lagi yakni kelompok A dan kelompok B. pada kelompok A memiliki nilai koefisien kemiripan 0,56 terdiri atas isolat BRL.1 dan BRL.3, BRL.4 dan kelompok B memiliki nilai koefisien kemiripan 0,73 artinya isolat BRL.2, BRL.5 menunjukan hasil yang hampir identik. Jarak genetik adalah parameter yang digunakan untuk melihat keragaman genetik spesies yang diteliti. Nilai jarak genetik bekisar antara 0 sampai dengan 1. Nilai 0 menunjukan spesies yang diamati memiliki hubungan kekerabatan yang sangat dekat, sedangkan nilai 1 menunjukan spesies yang diamati memiliki hubungan kekerabatan yang sangat jauh (Arifin & Mulliadi, 2010). Huang *et al.*, (2016), menjelaskan faktor genetik dan lingkungan dapat mempengaruhi karakter morfologi suatu individu, sehingga secara tidak langsung akan ikut mempengaruhi karakteri fenotipik. Variasi genetik dapat mempengaruhi fenotipik suatu spesies (Suprianto *et al.*, 2020) sehingga perbedaan dari 5 isolat diduga erat kaitannya dengan faktor morfologi dan lingkungannya.

Berdasarkan hasil dari karakterisasi morfologi koloni, morfologi sel, dan morfologi fisiologi (biokimia) yang telah dilakukan, didapatkan isolat bakteri rizosfer tanaman lamtoro yang diduga memiliki kemiripan dengan beberapa genus yakni genus *Bacillus* (BRL.1), *Citrobacter* (BRL.2), *Azotobacter* (BRL.3), *Sporosarcina* (BRL.4), dan *Acinetobacter* (BRL.5). Akan tetapi, hasil praduga genus bakteri didapatkan hanya memiliki nilai presentase yang rendah. Hal ini, untuk menambah tingkat nilai presentase yang tinggi dalam penentuan praduga genus bakteri diperlukan pengujian fisiologi (biokimia) yang lebih banyak. Pengujian fisiologi (biokimia) lainnya yang belum dilakukan berkisar antara lain: uji nitrat, lysin, ornithin, manitol, xylosa, urease, voges praskeur (VP), sitrat, gelatin, malonat, inositol, rhamnosa, arabinosa, adonitol, raffinosa, salicin, arginin, kougulase, hemolisa, starch hydrolisis dan casein hydrolisis. Semakin banyak parameter pengujian yang dilakukan akan menambah validasi data yang lebih baik (Karim, 2018).

Hasil yang diperoleh menunjukan bahwa isolat (BRL.1) memiliki kemiripan dengan genus *Bacillus*, sesuai dengan identifikasi bakteri oleh (Holt, *et al.*, 1994) pada *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th edition* pada Hal.1 buku *Bergey's* yang menjelaskan cara menentukan genus dari isolat bakteri. Dimana *Bacillus* merupakan genus Gram positif memiliki bentuk sel secara mikroskopik berbentuk batang dan lurus, tersusun berpasangan atau berantai, dengan ujung membulat atau persegi dapat dijumpai di tanah dan memiliki kemampuan dalam menghadapi berbagai kondisi perubahan lingkungan seperti perubahan kadar nutrient, air, dan temperature. Bersifat aerob atau fakultatif anaerob serta memiliki sifat positif pada pengujian katalase dan oksidase positif. Ditemukan di berbagai habitat dan beberapa spesiesnya bersifat patogen bagi vertebrata atau invertebrata (Madigan *et al.*, 2003).

*Bacillus sp* dapat hidup dan tumbuh dengan baik pada suhu berkisar 25°C-35°C juga dapat bertahan hidup pada suhu maksimum antara 40°C-45°C (Yulma *et al.*, 2018). *Bacillus* memiliki kemampuan beradaptasi dengan lingkungan yang cukup baik sehingga dapat dijumpai di daerah rizosfer. *Bacillus*

memiliki kemampuan menghasilkan antimikroba yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen pada tanaman. Terdapat beberapa jenis *Bacillus* diantaranya adalah *Bacillus sp*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus coagulans*, *Bacillus licheniformis* (Sumardi, 2012). Keanekaragaman suatu mikroorganisme memiliki peranan penting dalam keseimbangan suatu ekosistem. Selain itu juga dapat digunakan sebagai penentu indikator tanah untuk melihat suatu tanah dapat dikatakan sehat atau tidak (Ismy dkk, 2019).

Hasil yang diperoleh menunjukan bahwa isolat (BRL.2) memiliki kemiripan dengan genus *Citrobacter*, sesuai dengan identifikasi bakteri oleh (Holt, *et al.*, 1994) pada *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th edition* pada Hal.1 buku *Bergey's* yang menjelaskan cara menentukan genus dari isolat bakteri. *Citrobacter* merupakan genus Gram negatif memiliki bentuk sel secara mikroskopik berbentuk batang lurus, bersifat motil memiliki diameter 1 mikrometer dan panjang 2-6 mikrometer, terdapat secara tunggal dan berpasangan. Biasanya bergerak dengan flagella peritrik, bersifat fakultatif anaerob memiliki katalase positif dan oksidase negatif dan memiliki tipe metabolisme respirasi dan fermentasi. Suhu optimal 37°C. *Citrobacter* biasanya ditemukan di tanah, air, dan limbah.

Hasil yang diperoleh menunjukan bahwa isolat (BRL.3) memiliki kemiripan dengan genus *Azobacter*, sesuai dengan identifikasi bakteri oleh (Holt, *et al.*, 1994) pada *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th edition* pada Hal.1 buku *Bergey's* yang menjelaskan cara menentukan genus dari isolat bakteri. *Azobacter* merupakan genus Gram negatif memiliki bentuk sel secara mikroskopik berbentuk bulat, bersifat motil dan non motil, motilitas terjadi oleh flagela peritrik atau sel tidak motil, pada media padat berwarna cream. Sifat hidupnya aerob tetapi juga dapat tumbuh secara anaerob fakultatif jika kelarutan oksigen menurun. *Azotobacter* Memiliki katalase dan oksidase positif dan *Azotobacter* penghambat nitrogen bebas (N<sub>2</sub> dari udara) yang mampu menghasilkan substansi zat pemacu tumbuh giberelin, sitokinin, dan asam indol asetat, sehingga dapat memacu pertumbuhan akar (Nosrati *et al.*, 2014).

Hasil yang diperoleh menunjukan bahwa isolat (BRL.4) memiliki kemiripan dengan genus *Sporosarcina*, sesuai dengan identifikasi bakteri oleh (Holt, *et al.*, 1994) pada *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th edition* pada Hal.1 buku *Bergey's* yang menjelaskan cara menentukan genus dari isolat bakteri. *Sporosarcina* merupakan genus Gram positif memiliki bentuk sel secara mikroskopik berbentuk bulat atau oval, katalase positif, oksidase positif, dan bisa bergerak dengan beberapa flagela pada setiap sel, memiliki endospora yang berbentuk bulat (berdiameter 0,5-1,5 mikrometer). Bersifat fakultatif anaerob dan tumbuh baik pada agar nutrisi, membentuk koloni berwarna cream hingga oranye, selnya tumbuh baik pada suhu 15°C-37°C dan *Sporosarcina* tersebar luas di tanah. *Sporosarcina* memiliki kemampuan dalam pertumbuhan tanaman seperti produksi siderofor, pelarut fosfat, produksi IAA, dan fiksasi nitrogen. Sehingga, genus *Sporosarcina* bersifat menguntungkan yang meningkatkan pertumbuhan tanaman bahkan pada suhu rendah dan membantu dalam memperbaiki stress pada tanaman (Yadav *et al.*, 2016).

Hasil yang diperoleh menunjukan bahwa isolat (BRL.5) memiliki kemiripan dengan genus *Acinetobacter*, sesuai dengan identifikasi bakteri oleh (Holt, *et al.*, 1994) pada *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th edition* pada Hal.1 buku *Bergey's* yang menjelaskan cara menentukan genus dari isolat bakteri. *Sporosarcina* merupakan genus Gram negatif memiliki bentuk sel secara mikroskopik berbentuk bulat (*Coccus*) ataupun (*Coccobacilli*). Selnya berdiameter 0,9-1,6 mikrometer dan memiliki panjang berkisar antara 1,5-2,5 mikrometer, bersifat motil dan kebutuhan oksigennya bersifat aerob. Pertumbuhannya pada suhu 20°C dan 30°C dengan suhu optimum 33°C-35°C dan tumbuh baik pada semua media kompleks umum. Bersifat oksidase negatif dan oksidasenya positif. Biasanya *Acinetobacter* terdapat di dalam tanah, air, dan limbah.

### 3.4 Pengaruh Jamur *Colletotrichum capsici* Terhadap Bakteri Rizosfer

Berdasarkan hasil pengamatan uji antagonis dilakukan selama 7 hari setelah inokulasi (HSI), dapat diketahui hasil uji antagonis pada media PDA menunjukan bahwa semua perlakuan isolat bakteri rizosfer dapat menghambat pertumbuhan cendawan patogen *Colletotrichum capsici*, dilihat dari persentase daya penghambatan menunjukan bahwa.

**Tabel 4.** Persentase Daya Hambat Bakteri Rizosfer Terhadap *Colletotrichum capsici*

| Perlakuan | Rerata diameter hambat daya hambat |
|-----------|------------------------------------|
| BRL.1     | 50,0%                              |
| BRL.2     | 36,8%                              |
| BRL.3     | 34,2%                              |
| BRL.4     | 47,3%                              |
| BRL.5     | 31,5%                              |

**Sumber:** Dokumentasi Pribadi (2025)

Hasil penelitian menunjukan bahwa setiap isolat bakteri memiliki kemampuan daya hambat yang berbeda-beda dapat dilihat pada (Tabel 4). Persentase penghambatan paling baik yakni BRL.1 (50,0%), BRL.2 (36,8%), BRL.3 (34,2%), BRL.4 (47,3%), dan BRL.5 (31,5%). Banyak faktor yang mempengaruhi hal tersebut. Baker & Cook (1974) melaporkan strain bakteri yang berbeda akan menghasilkan senyawa metabolit yang berbeda sehingga pengaruh yang di timbulkan juga berbeda. Mukerji dan Grag (1988) juga melaporkan bahwa terjadinya perbedaan hasil persentase penghambatan juga disebabkan oleh adanya kebutuhan nutrisi, kemampuan dalam berkompetisi, antibiosis dan parasitisme terhadap patogen. Mikroba dapat menekan perkembangan patogen atau penyakit dengan mekanisme kompetisi terhadap nutrisi atau ruang (bersaing untuk mendapatkan makanan atau tempat), antibiosis (memproduksi antibiosis) dan paratisme (berperan sebagai parasit). Schaad *et al.*, (2001) mengemukakan bahwa bakteri antagonis dapat menekan cendawan atau bakteri patogen karena bakteri antagonis tersebut dapat menghasilkan senyawa antibiotik, yang dapat menghambat pertumbuhan patogen pada tanaman.

Pebedaan ini menunjukan setiap bakteri rizosfer dengan masing-masing genus memiliki kemampuan dalam menghasilkan senyawa penghambat isolat jamur patogen *Colletotrichum capsici*. Sehingga bakteri yang memiliki kemampuan paling baik dalam menghambat pertumbuhan patogen jamur *Colletotrichum capsici*. Menurut Rifai *et al.*, (2020) pertumbuhan bakteri dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Bakteri mampu bertahan hidup dalam lingkungan yang mendukung pertumbuhannya, kemampuan bakteri dalam menghambat pertumbuhan patogen secara *in vitro* membuktikan bahwa bakteri tersebut memiliki potensi sebagai Agensia Pengendali Hayati (APH) (Leiwakabessy *et al.*, 2019).

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan isolat bakteri rizosfer tanaman lamtoro (*Leucaena leucocephala*) mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen *Colletotrichum capsici* dengan persentase penghambatan paling baik 50% pada BRL.1. Prediksi genus bakteri rizosfer tanaman lamtoro diduga memiliki kemiripan dengan *Bacillus*, *Sporosarcina*, *Citrobacter*, *Azotobacter*, dan *Acinetobacter*.

#### Ucapan Terimakasih

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian di Laboratorium Mikrobiologi Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta pada tahun 2023-2024.

#### Daftar Pustaka

- Arifin, J & Mulliadi, D 2010, 'Pendugaan keseimbangan populasi heterozigositas menggunakan pola protein albumin darah pada populasi domba ekor tipis (Javanese thin tailed) di Daerah Indramayu', Jurnal Ilmu Ternak, vol. 10, no. 2, hlm. 65 – 72.
- Baker, K.F., Cok. R. J., Garet S. O. 1986. Biological Control of Plant Pathogens American Phytopath. St. Paul. Minesota.
- Bashir, O., K. Khan, K.R. Hakeem, N.A. Mir, G.H. Rather, and R. Mohiuddin. 2016. Soil microbe diversity and root exudates as important aspects of rhizosphere ecosys- tem. In: Hakeem, K.R. and

- Akhtar, M.S., editors, Plant, Soil and Microbes: Vol 2: Mechanisms and Molecular Interactions. Springer Int'l Publishing, Switzerland.
- Baker, K.F., Cok. R. J., Garet S. O. 1986. Biological Control of Plant Pathogens American Phytopath. St. Paul. Minesota.
- Budiarti, L., dan Nurhayati. (2014). Kelimpahan cendawan antagonis pada rhizosfer tanaman kacang panjang (*Vigna sinensis* (L.) Savi ex Hassk.) di lahan kering Indralaya Sumatera Selatan. Pros. Semin. Nas. Lahan Suboptimal 2014 (26-27 September).
- Cappucino, J.G. & Sherman, N. 1987. Microbiology: A Laboratory Manual. The Benjamin Cummings Publishing Company Inc. California USA.
- Dewi, N., Sundara, M.Y. and Fusvita, M. (2020), "Isolasi Bromelin dari Buah Nanas (*Ananas comosus* L. Merr) dengan Garam Dapur", Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung, Vol. 12 No. 2, pp. 348–355.
- Elfina, Y., Ali, M., & Aryanti, L. (2015). Uji Beberapa Konsentrasi Ekstrak Tepung Daun Sirih Hutam (*Piper aduncum* L.) Untuk Mengendalikan Penyakit Antraknosa Pada Buah Cabai Merah Pacsa Panen. Jurnal Sagu, 14(2), 18–27.
- Ferrara, G., & Brunetti, G. (2010). Efectos De Los Tiempos De Aplicación De Un Ácido Húmico Del Suelo Sobre La Calidad De Las Bayas De Uva De Mesa (*Vitis Vinifera* L.) Cv Italia. *Spanish Journal Of Agricultural Research*, 8(3), 817–822.
- Halwiyah, N., R.S. Ferniah, B. Raharjo, dan S. Purwantisari. 2019. Uji antagonisme jamur patogen *Fusarium solani* penyebab penyakit layu pada tanaman cabai dengan menggunakan *Beauveria bassiana* secara in vitro. J. Akad. Biol. 8(2): 8–17.
- Hanafiah KA.,(2012). Dasar – Dasar Ilmu Tanah. Rajawali Press, Jakarta.
- Holt, J.G et al., 1994. *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Ninth Ed. A Wolters Kluwer Company. Philadelphia. Hal 562-570.
- Huang, W., Zhao, X., Zhao, X., Li, Y., & Lian, J. (2016). Effects of Environmental Factors on Genetic Diversity of Caragana Microphylla in Horqin Sandy Land, northeast China. *Ecol Evol*, 6(22), 8256– 8266. <https://doi.org/10.1002/ece3.2549>.
- Irfan, I., Yunita, D., & Fitriani, F. (2021). Kajian Pembuatan MOL (Mikroorganisme Lokal) Spesifik Dengan Variasi Jenis Dan Konsentrasi Bahan Tambahan. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pertanian Indonesia*, 13(2), 73–77.
- Karim, Abdul dan Purba E. 2018. "Sistem Informasi Pendataan Penduduk Kelurahan Kampung Mesjid Berbasis Web". Seminar Nasional Sains & Teknologi Informasi (SENSASI). Hal 537-545.
- Leiwakabessy, C. H., Yatni, C. Uruilal, R. E. ririhena, F. J. Rumatatu. 2019. Kemampuan Antagonis Bakteri Endofit Asal Tanaman Sagu (*Metroxylon spp.*) Dalam Menekan Pertumbuhan Rhizoctonia solani Kuhn. Secara In Vitro. *Agrimal*.7 (2) : 48-52.
- Mirta, B., rois, & Amelia, R. (2022). Isolasi Dan Karakteristik Bakteri Asal Rhizosfer Padi Sawah Intensif di Kabupaten Sigi. *E-J. Agrotekbis*, 10(1), 17–29
- Madigan, M., Martinko, J., & Parker, J. (2003). *Biology of Mikroorganisms* (edisi ke-9). USA: Pearson Education..
- Madigan, MT, Martinko, JM, Dunlap, PV, & Clarck, DV, 2006, *Brock Biology of Microrganisms*, Pearson Education International, London, pp. 375-377.
- Nurhasanah, S., Komariah, A., Hadi, R. A., & Indriana, K. R. (2021). Respon pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) varietas flamingo akibat perlakuan macam media tanam dan konsentrasi pupuk.
- Ona, G., Balant, M., Bouso, J. C., Gras, A., Vallès, J., Vitales, D., & Garnatje, T. (2021). The Use of Cannabis sativa L. for Pest Control: From the Ethnobotanical Knowledge to a Systematic Review of Experimental Studies. *Cannabis and Cannabinoid Research*, 7(4), 365–387. <https://doi.org/10.1089/can.2021.0095>.
- Panjaitan, F. J., Bachtiar, T., Arsyad, I., Lele, O. K., & Indriyani, W. (2020). Karakterisasi Mikroskopis Dan Uji Biokimia Bakteri Pelarut Fosfat (Bpf) Dari Rhizosfer Tanaman Jagung Fase Vegetatif. *Jurnal Kajian Masalah Pertanian*, 1(1), 9–17.
- Permatasari, S., Ardiarini, N. R., & Brawijaya, U. (2018). Analisis Hubungan Kekerabatan Antar Galur

- Kecipir (*Psophocarpus Tertragonolobus* L.) Lokal Analysis Of Genetic Relationship On Winged Bean (*Psophocarpus Tertragonolobus* L.) Local Lines. *Jurnal Produksi Tanaman*, 6(11), 2923–2930.
- Petczar, M.J dan E.C.S. Chan. 2010. Dasar – dasar Mikrobiologi. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Prasetyo A. (2017). Pemanfaatan kitosan untuk pengendalian penyakit antraknosa (*Colletotrichum sp.*) pada cabai (*Capsicum annuum* L.) [Skripsi]. Bogor: Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Putri, B. R. T., Sumardani, N. L. G., Singarsa, I. D. P., & Yastini, N. N. (2019). Aplikasi *Trichoderma* Untuk Mencegah Penyakit Layu Pada Tanaman Cabai Organik Di Desa Pering Kecamatan Blahbatuh, Kabupaten Gianyar. *Buletin Udayana Pengabdian*, 18(1).
- Putri, MH, Sukini, & Yodong, 2017, Mikrobiologi, Edisi 2017, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- Rifai, MR, Widowati, H, & Sutanto, A, 2020, 'Uji Sinergis Konsorsia Bakteri Indigen Lcn Berkonsorsia Bakteri Tanah di Kebun Percobaan Universitas Muhammadiyah Metro Untuk Penyusunan Panduan Praktikum Mikrobiologi', *Biolova*, Vol. 1, No. 2, Hal. 87-95.
- Rostinawati, T. 2008. Skrining dan Identifikasi Bakteri Penghasil Enzim Kitinase dari Air Laut di Perairan Pantai Pondok Bali. Penelitian Mandiri. Fakultas Farmasi. Universitas Padjadjaran. Jatinangor. hal 22-25.
- Schaad, N. W., Jones, J. B. And Chun. W. 2001. Plant Patogenic Bacteria. Third Edition. The American Pathological Society. St. Paul Minnesota.
- Subiksa. 2002. Pemanfaatan Mikoriza untuk Penanggulangan Lahan Kritis. [http://timoutou.net/702\\_04212/igm\\_subiksa](http://timoutou.net/702_04212/igm_subiksa) (diakses November 2017).
- Sumardi, d. (2012). Isolasi dan karakterisasi *Bacillus sp.* Penghasil Antimikroba dar Saluran Pencernaan Ayam kampung *Gallus doesticus*. *Jurnal Prosiding SNSMAIP III*, 307.1-3.
- Suprianto., Trianto, M., Alam, N., & Kirana, N. G. A. G. C. (2020). Karakter Morfologi dan Analisis Daerah Conserved Gen Elongation Factor 1 $\alpha$  (EF1 $\alpha$ ) pada *Lepidotrigona terminata*. *Metamorfosa: Journal of Biological Sciences*, 7(2), 30–39. <https://doi.org/10.24843/metamorfosa.2020.v07.i02.p05>.
- Yadav A, *et al.*, (2016) Genetic Regulation of Phenotypic Plasticity and Canalisation in Yeast Growth. *PLoS One* 11(9):e0162326.
- Yulma, Salim, G., & Sampe, Y. (2018). Analisis Bahan Organik Nitrogen ( N ) Dan Fosfor ( P ) Pada Sedimen Di Kawasan Konservasi Mangrove dan Bekantan ( KKMB) Kota Tarakan. *Jurnal Borneo Saintek*, 1(2), 75–82.
- Yulvizar C, 2013. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Probiotik pada *Rastrelliger sp.* *Biospecies* 6(2): 1-7.