

ISOLASI DAN KARAKTERISASI MORFOLOGI DAN FISILOGI BAKTERI ENDOFIT DARI TANAMAN BUAH NAGA MERAH (*Hylocereus polyrhizus*)

ISOLATION AND CHARACTERIZATION MORPHOLOGY AND PHYSIOLOGY OF ENDOPHYTIC BACTERIA FROM DRAGON FRUIT PLANTS (*Hylocereus polyrhizus*)

Imas Afriani¹, Fifi Puspita², Muhammad Ali²

¹Mahasiswa Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Riau

²Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Riau

Email korespondensi: Imasafriani7@gmail.com

ABSTRAK

Bakteri endofit adalah bakteri yang hidup di jaringan tanaman, termasuk dalam jaringan tanaman buah naga. Beberapa bakteri endofit yang hidup di dalam jaringan tanaman buah naga bersifat menguntungkan bagi tanaman. Bakteri endofit dapat digunakan sebagai fungisida biologis dan pupuk hayati yang berguna untuk tanaman. Tujuan penelitian adalah untuk mengamati karakteristik bakteri endofit. Sampel tanaman diambil dengan menggunakan metode purposive sampling. Lokasi di Balai Pelatihan dan Pengembangan Masyarakat PT. Arara Abadi, kabupaten Siak Riau. Jaringan tanaman diambil dari akar dan pucuk tanaman buah naga, data dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakterisasi morfologi bakteri endofit seperti warna koloni, bentuk koloni dan elevasi koloni memiliki beberapa kesamaan satu sama lain, tetapi ada perbedaan pada tepi koloni morfologi. Dua isolat memiliki tepi yang rata dan tiga isolat memiliki tepi bergelombang. karakterisasi fisiologi seperti uji katalase, uji oksidase dan uji hidrolisis pati dari bakteri menunjukkan reaksi positif pada masing-masing isolat, tetapi ada perbedaan pada uji motilitas dan uji indol. Dua isolat menunjukkan motil dan uji indol positif, sedangkan tiga isolat lainnya menunjukkan non-motil dan uji indol negatif. Berdasarkan kesamaan morfologi dan fisiologis bakteri endofit, dapat diasumsikan bakteri termasuk ke dalam Genus *Bacillus* dan *Corynebacterium*.

Kata kunci : Isolasi dan karakterisasi, bakteri endofit, dan tanaman buah naga

ABSTRACT

Endophytic bacteria are bacteria that live in plant tissue, including in dragon fruit plant tissue. There are many species of endophytic bacteria living inside tissue dragon fruit plant which play a beneficial role for plant. Endophytic bacteria can be used as a biological fungicide and biological fertilizer which are useful for plants. The purpose of the research is to observe the characteristics of the endophytic bacteria. Plants samples was taken by using purposive sampling method. The location is at Balai Pelatihan dan Pengembangan Masyarakat PT. Arara Abadi the district of Siak Riau. Plant tissues were taken from roots and shoots of the dragon fruit plants. The data were analyzed descriptively. Results showed that the morphological characterization of endophytic bacteria such as colonies color, colonies form and colonies elevation had some similarities each others, but there was a difference on the edges of colony morphology. Two isolates had a flat edges and three isolates have wavy edges. Physiological assays such as catalase assay, oxidase assay and starch hydrolysis assay of the bacteria showed a positive on the each isolate, but there was a difference on the motility assay and indole assay. Two isolates showed that they were motile and positive indole assay, while the three other isolates showed that they were non-motile and indole negative assay. Based on the morphological and physiological similarities of the endophytic bacteria, it can be assumed the bacteria belong to Genera of *Bacillus* and *Corynebacterium*.

Keyword : Isolation and characterization, endophytic bacteria, and dragon fruit plant

1). Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau

2). Dosen Fakultas Pertanian Universitas Riau

PENDAHULUAN

Tanaman buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*) termasuk dalam kelompok tanaman kaktus atau famili Cactaceae (subfamili Bylocerenea). Buahnya memiliki kandungan senyawa yang bermanfaat untuk mengatasi penyakit darah tinggi. Kandungan fitokimia di dalam buah naga bermanfaat untuk menurunkan resiko kanker (Emil, 2011).

Budidaya tanaman buah naga telah banyak dilakukan oleh petani di daerah Kabupaten Siak Provinsi Riau. Hal ini terlihat dari data produksi buah naga dan luas areal penanaman pada beberapa kecamatan di Kabupaten Siak antara lain yaitu Kecamatan Bunga Raya dengan produksi buah naga mencapai 0,10 ton dengan luas areal tanaman 0,12 ha, Kecamatan Sungai Apit 0,84 ton dengan luas areal tanaman 3,32 ha, Kecamatan Tualang 0,56 ton dengan luas areal tanaman 0,64 ha dan Kecamatan Sabak Auh 0,86 ton dengan luas areal tanaman 1,19 ha (Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Kabupaten Siak, 2014).

Total produksi buah naga di Kabupaten Siak masih tergolong rendah dibandingkan dengan kabupaten Banyuwangi yang telah mencapai 72 ton (Direktorat Jenderal Hortikultura, 2014). Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain teknik budidaya yang kurang baik, masih sedikitnya lahan yang digunakan, kurangnya perawatan dan pemeliharaan yang intensif serta adanya penyakit busuk batang yang disebabkan oleh beberapa jenis jamur dari genus *Fusarium*, *Phytophthora*, *Sclerotium*, *Rhizoctonia*, *Pythium* dan *Colletotrichum* (Jumjunidang *et al.*, 2012 dan Palmateer *et al.*, 2006). Menurut Arauz (2000) *C. gloeosporioides* merupakan salah satu penyakit busuk batang yang dapat menimbulkan kerugian hingga 35% karena menyebabkan warna hitam kecoklatan dan cekung pada permukaan tunas tanaman buah naga.

Penggunaan fungisida sintetis menjadi pilihan utama dalam mengendalikan penyakit busuk batang tanaman buah naga karena

dianggap lebih praktis. Penggunaan fungisida sintetis memiliki kelemahan, yaitu selain harganya mahal, juga memberikan dampak negatif di antaranya pencemaran lingkungan, resistensi patogen tanaman dan terbunuhnya mikroorganisme bermanfaat. Mengatasi permasalahan tersebut, pengendalian hayati menggunakan bakteri endofit dapat dijadikan pilihan karena lebih ramah lingkungan. Selain mampu mengendalikan penyebab penyakit busuk batang, bakteri endofit juga dapat memberikan keuntungan lain pada tanaman yaitu dapat mempercepat pertumbuhan tanaman dan memudahkan dalam penyerapan nutrisi atau mensintesis hormon tanaman (Tan dan Zou, 2001).

Bakteri endofit merupakan mikroba yang hidup di dalam jaringan tanaman hidup. Sifat mikroba endofit yang tidak berdampak negatif pada jaringan tanaman menunjukkan kemungkinan adanya hubungan simbiosis mutualisme antara mikroba endofit dan inangnya (Stone *et al.*, 2000 dalam Strobel dan Daisy, 2003). Bakteri endofit terdapat pada berbagai macam jaringan tanaman seperti bunga, buah, daun, batang, akar dan biji (Kobayashi dan Palumbo, 2000 dalam Hung dan Annapurna, 2004). Beberapa bakteri endofit yang dapat berperan sebagai agensia hayati yaitu *Serratia marcescens* atau bakteri merah yang ditemukan pada padi (*Oryza sativa*) dan *Bacillus megaterium* yang ditemukan pada jeruk (*Citrus* sp.), Jagung (*Zea mays*) dan Wortel (*Daucus carota*) (James dan Olivares, 1997).

Isolasi bakteri endofit yang berasal dari tanaman hortikultura dan tanaman pangan sudah banyak dilakukan, tetapi belum ada informasi tentang bakteri endofit yang berasosiasi dengan tanaman buah naga. Isolasi bakteri endofit yang berasal dari tanaman buah naga dapat dilakukan dari bagian akar dan tunas (Tarabily *et al.*, 2003). Isolasi bakteri endofit dilakukan untuk mengetahui keberadaan bakteri endofit dari bagian jaringan tanaman buah naga. Karakterisasi dilakukan secara morfologi dan fisiologi untuk mengetahui keragaman dari

-
- 1). Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau
 - 2). Dosen Fakultas Pertanian Universitas Riau

jenis bakteri endofit yang berasal dari tanaman buah naga. Identifikasi mikroba dapat dilakukan dengan mengamati morfologi individu secara mikroskopis dan sifat-sifat fisiologinya.

Isolasi, karakterisasi morfologi dan fisiologi bakteri endofit dari tanaman buah naga merupakan tahap awal untuk mengetahui keberadaan bakteri endofit dalam jaringan tanaman sebelum mempelajari kemampuannya untuk dijadikan sebagai mikroorganisme potensial dalam mengendalikan penyakit maupun sebagai pupuk hayati yang lebih ramah lingkungan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan mengkarakterisasi morfologi dan fisiologi bakteri endofit dari organ tanaman buah naga merah (*H. polyrhizus*).

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Riau, Jalan Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru Panam, Kecamatan Tampan, Kotamadya Pekanbaru. Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari 2016 hingga bulan Agustus 2017.

Bahan yang digunakan adalah akar dan tunas tanaman buah naga yang sehat, kertas koran, tisu gulung, kantong plastik steril, larutan hipoklorit 5,25%, akuades steril, alkohol 70 % dan 96 %, *Nutrient Agar* (NA), *Nutrient Broth* (NB) + 0,2-0,4 % agar, *Nutrient Gelatin* (NG) medium pati, larutan iodium, kertas saring *Whatman*, plastik *wrap*, *aluminium foil*, kapas, spiritus, kristal violet, Safranin, Lugols Iodin, larutan *hydrogen Peroxide* (H_2O_2) 3%, *Reagen kovac's*, *Reagen Tetrametil Paraphenilliamin*, minyak imersi, dan kertas label.

Alat yang digunakan adalah pisau, kantong plastik transparan, autoklaf, cawan petri, tabung reaksi 15 ml, timbangan analitik, kompor gas, *sprayer*, pinset, jarum oose, pipet tetes, pipet tetes mikro, *scalpel*, batang pengaduk, lampu bunsen, *laminar airflow cabinet*, kulkas, kaca objek dan kaca penutup, gelas piala 1 liter, erlenmeyer 250 ml, gelas

ukur 10 ml, inkubator dan mikroskop binokuler.

Penelitian dilakukan dengan metode eksplorasi dan observasi. Penentuan lokasi pengambilan sampel yaitu secara *purposive sampling*. Lokasi pengambilan sampel di Balai Pelatihan dan Pengembangan Masyarakat PT. Arara Abadi Desa Pinang Sebatang Barat, Kecamatan Tualang, Kabupaten Siak, Provinsi Riau dengan luas areal tanam 0,3 ha dengan penentuan titik sampel secara diagonal seluas 10 % dari luas areal tanaman, sehingga didapat luas petak sampel 0,03 ha.

Pengambilan sampel tanaman buah naga dilakukan dengan cara mengambil akar dan tunas dari bagian tanaman yang sehat diantara tanaman yang terserang *C. gloeosporioides*. Sampel tanaman kemudian dicuci bersih lalu dikeringkan kemudian dibungkus dengan kertas koran, selanjutnya dimasukkan kedalam plastik dan disimpan di dalam lemari pendingin pada suhu 5-15°C agar sampel tersebut tetap segar saat diisolasi di laboratorium.

Sterilisasi alat dilakukan dengan menggunakan autoklaf. Alat-alat dibungkus dengan menggunakan kertas kemudian dimasukkan ke dalam plastik dan disusun dalam autoklaf. Sterilisasi dilakukan selama 20 menit dengan tekanan 2 atm didalam autoklaf.

Media disterilisasikan dengan cara dimasukkan dalam gelas piala berukuran 1 L. Bagian atas gelas piala ditutupi dengan kapas dan ditutup lagi dengan *aluminium foil* dan disterilkan selama 20 menit dengan tekanan 2 atm.

Organ dan jaringan tanaman buah naga merah yang telah diambil (akar dan tunas) dibersihkan dengan air mengalir kemudian dikeringkan menggunakan kertas tisu steril. Potongan jaringan sampel tanaman buah naga merah disterilisasi permukaan terlebih dahulu dengan cara direndam dalam larutan alkohol 70% selama 2 menit, lalu direndam dalam larutan hipoklorit 0,5% selama 5 menit dan terakhir direndam dalam akuades steril

-
- 1). Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau
 - 2). Dosen Fakultas Pertanian Universitas Riau

sebanyak 2 kali yang dilakukan selama 5 menit, masing-masingnya.

Organ atau jaringan tanaman buah naga merah yang telah steril dipotong dengan ukuran $\pm 1 \text{ cm} \times 1 \text{ cm}$ sebanyak 4 potong. Potongan jaringan diletakkan secara teratur dengan sedikit ditekan pada permukaan media NA. Cawan petri yang telah ditanami bagian tanaman buah naga merah kemudian diinkubasi dalam inkubator pada suhu kamar selama 48 jam.

Bakteri yang tumbuh di media NA selama masa inkubasi kemudian dimurnikan dari setiap koloni bakteri yang terlihat berbeda berdasarkan morfologi makroskopis yang dilihat dari penampakan warna, bentuk dan pola penyebaran koloni. Bakteri yang tumbuh diambil menggunakan jarum ose steril lalu diisolasi dengan metode gores (*streak*) untuk mendapatkan kultur murni bakteri endofit. Hasil isolasi diinkubasi selama 48 jam dalam inkubator pada suhu ruang dan digunakan untuk tahap karakteristik secara makroskopis. Bakteri endofit selanjutnya disubkulturkan pada media NA steril yang akan digunakan untuk tahap karakteristik mikroskopis.

Karakterisasi bakteri endofit terdiri dari dua tahap yaitu secara morfologi dan Fisiologi. Karakterisasi secara morfologi dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis.

Karakterisasi bakteri endofit secara makroskopis dilakukan dengan mengamati koloni isolat bakteri endofit yang telah dimurnikan pada media NA steril yang telah diinkubasi dalam inkubator pada suhu 25°C selama 48 jam. Pengamatan morfologi secara makroskopis ini meliputi tepi koloni, warna koloni, bentuk koloni dilihat dari bagian atas dan permukaan koloni. Karakterisasi mikroskopis dilakukan dengan mengamati bentuk sel, reaksi pewarnaan Gram yang dilakukan dengan mikroskop binokuler dengan perbesaran 10×100 dan ditetesi minyak imersi.

Karakterisasi fisiologi dilakukan dengan melakukan uji katalase, uji oksidase, uji hidrolisis pati, uji indol dan uji motilitas. Hasil uji disajikan dalam bentuk data dan tabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Morfologi Bakteri Endofit dari Tanaman Buah Naga

Hasil isolasi dari tanaman buah naga merah, diperoleh 5 isolat bakteri endofit, tiga isolat berasal dari akar yaitu A1, A2 dan A3, serta dua isolat berasal dari tunas yaitu T1 dan T2. Karakteristik makroskopis masing-masing isolat dari bakteri endofit tanaman buah naga merah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakterisasi Makroskopis Koloni Bakteri Endofit dari Tanaman Buah Naga

Isolat	Karakteristik Makroskopis			
	Warna	Bentuk	Tepian	Elevasi
A1	Putih	Bulat	Rata	Cembung
A2	Putih	Bulat	Bergelombang	Cembung
A3	Putih	Bulat	Rata	Cembung
T1	Putih	Bulat	Bergelombang	Cembung
T2	Putih	Bulat	Bergelombang	Cembung

Keterangan : A1 : isolat akar 1; A2 : isolat akar 2; A3 : isolat akar 3; T1 : isolat tunas 1 dan T2 : isolat tunas 2

Tabel 1 memperlihatkan bahwa isolat bakteri endofit yang diisolasi dari masing-masing organ tanaman buah naga memiliki karakteristik morfologi koloni yang berbeda-beda. Perbedaan karakteristik morfologi

koloni isolat bakteri endofit tersebut adalah tepian koloni bakteri, namun memiliki kesamaan pada warna koloni, bentuk koloni dan elevasi koloni. Isolat yang diamati

- 1). Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau
- 2). Dosen Fakultas Pertanian Universitas Riau

memiliki warna putih, bentuk bulat dengan elevasi cembung.

Bakteri endofit yang diisolasi dari akar dan tunas tanaman buah naga merah memiliki perbedaan pada bentuk tepian koloninya. Isolat A1 dan A3 memiliki tepian yang rata, sedangkan isolat A2, T1 dan T2 memiliki tepian yang bergelombang. Isolat bakteri endofit yang diisolasi dari tanaman buah naga merah memiliki persamaan pada warna koloni, bentuk koloni dan elevasi koloni. Keseluruhan isolat bakteri menunjukkan warna putih, bentuk bulat dan elevasi cembung. Menurut Kusnadi (2003), koloni bakteri dalam media agar menunjukkan bentuk dan ukuran koloni yang khas, dapat dilihat dari bentuk keseluruhan penampakan koloni, tepi dan permukaan koloni serta elevasi koloni bakteri yang bisa berupa datar, timbul, cembung, seperti tetesan, seperti tombol, berbukit-bukit, tumbuh ke dalam medium, dan seperti kawah. Sifat-sifat khusus suatu koloni bakteri pada medium padat memiliki bentuk titik-titik, bulat, berbenang, tak teratur, serupa akar dan serupa kumparan tergantung pada jenis atau genus bakteri tersebut. Dwijoseputro (1989) menyatakan bahwa permukaan koloni dapat datar, timbul mendatar, timbul melengkung, timbul mencekung, timbul mencembung, timbul membukit serta timbul berkawah.

Jumlah bakteri endofit yang diperoleh lebih banyak pada bagian akar daripada bagian tunas. Menurut Leiwakabessy dan Latupeirissa (2013) bakteri endofit pada

umumnya lebih banyak terdapat di bagian akar dan semakin menurun jumlahnya pada bagian umbi dan daun. Hal ini diduga karena adanya eksudat akar yang merupakan sumber makanan bagi bakteri endofit. Menurut Kelly (2005), akar tanaman mensekresikan senyawa yang akan menyediakan makanan bagi mikroba. Adanya suplai makanan tersebut mengakibatkan aktivitas mikroba di rizosfir jauh lebih tinggi dibanding lingkungan tanah yang jauh dari akar tanaman. Lamb *et al.* (1997) menyatakan bahwa secara umum, populasi bakteri endofit sangat melimpah di bagian akar dan kelimpahannya menurun di bagian lain dari tanaman karena dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis tanaman inang, umur tanaman, dan kondisi jaringan tanaman saat pengambilan sampel, serta lingkungan.

Bakteri endofit yang diisolasi dari tunas tanaman buah naga merah memiliki persamaan pada semua karakteristik makroskopisnya. Kelima isolat bakteri endofit dari bagian tunas tanaman buah naga memiliki warna putih, bentuk koloni bulat, tepian bergelombang dan elevasi koloni cembung. Persamaan karakteristik yang terlihat pada isolat diduga merupakan jenis bakteri yang sama.

Hasil identifikasi karakteristik mikroskopis bakteri endofit dilakukan berdasarkan bentuk sel dan pewarnaan Gram. Hasil karakterisasi mikroskopis dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik mikroskopis bakteri endofit yang diisolasi dari tanaman buah naga

Isolat	Karakteristik Mikroskopis	
	Bentuk Sel	Gram
AI	Batang	+
A2	Batang	+
A3	Batang	+
T1	Batang	+
T2	Batang	+

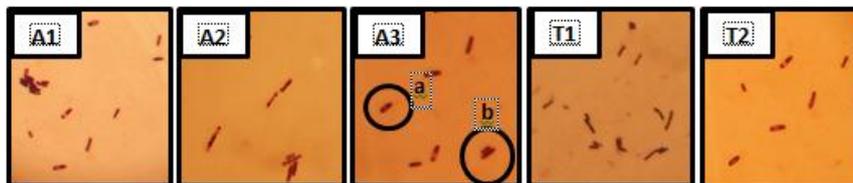
Tabel 2 menunjukkan bahwa isolat bakteri endofit yang diisolasi dari bagian akar maupun bagian tunas tanaman buah naga

merah seluruhnya berbentuk batang (basil) (Gambar 1). Hal ini diduga isolat bakteri endofit dari tanaman buah naga termasuk

- 1). Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau
- 2). Dosen Fakultas Pertanian Universitas Riau

dalam genus *Bacillus* dan genus *Corynebacterium*. Menurut Backman dan Sikora (2008) *Bacillus* merupakan bakteri berbentuk batang, sedangkan menurut Agrios

(1997) bakteri *Corynebacterium* juga berbentuk batang lurus sampai agak membengkok.



Gambar 1. Hasil pewarnaan Gram bakteri Endofit tanaman buah naga. A1) Isolat akar-1, A2) Isolat akar-2, A3) Isolat akar-3, T1) Isolat tunas-1, T2) Isolat tunas-2, a) sel bakteri berbentuk batang (basil) dan b) Gram-positif (berwarna ungu)

Tabel 2 memperlihatkan juga bahwa hasil pewarnaan Gram terhadap masing-masing isolat menunjukkan semua isolat bakteri dari bagian tanaman buah naga adalah memiliki Gram positif yang ditandai dengan warna sel dari bakteri yaitu ungu. Bakteri Gram positif adalah bakteri yang dapat mempertahankan zat warna metil ungu sewaktu proses pewarnaan Gram. Bakteri jenis ini akan berwarna biru atau ungu saat dilihat menggunakan mikroskop, sedangkan bakteri gram negatif akan terlihat berwarna merah. Perbedaan antara kedua jenis bakteri ini terutama didasarkan pada perbedaan struktur dinding sel bakteri (Aditya, 2010). Bakteri gram positif akan mempertahankan zat warna metil ungu gelap setelah dicuci dengan alkohol, sementara bakteri gram negatif tidak. Pewarnaan Gram dilakukan

karena pada umumnya bakteri bersifat tembus cahaya karena banyak bakteri yang tidak mempunyai zat warna (Waluyo, 2004).

Hasil penelitian Wardhika *et al.* (2014) menunjukkan bahwa bakteri endofit dari genus *Bacillus* memiliki sifat Gram positif. Pelczar (1997) dalam Banjarnahor (2010) menyatakan bahwa bakteri *Corynebacterium* juga termasuk bakteri gram positif.

Karakteristik Fisiologi Bakteri Endofit Tanaman Buah Naga

Identifikasi bakteri endofit berdasarkan karakteristik fisiologi dilakukan melalui : uji katalase, uji oksidase, uji hidrolisis pati, uji motilitas dan uji indol. Hasil karakterisasi bakteri endofit yang diisolasi dari tanaman buah naga dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakterisasi fisiologi bakteri endofit yang diisolasi dari tanaman buah naga

Isolat	Karakteristik Fisiologis				
	Uji Katalase	Uji Oksidase	Uji hidrolisis Pati	Uji Motilitas	Uji Indol
A1	+	+	+	+	+
A2	+	+	+	-	-
A3	+	+	+	-	-
T1	+	+	+	+	+
T2	+	+	+	-	-

Tabel 3 memperlihatkan bahwa hasil pengamatan uji katalase, uji oksidase dan uji hidrolisis pati masing-masing dari 5 isolat

bakteri endofit menunjukkan reaksi positif. Uji katalase positif ditandai dengan terbentuknya gelembung-gelembung udara

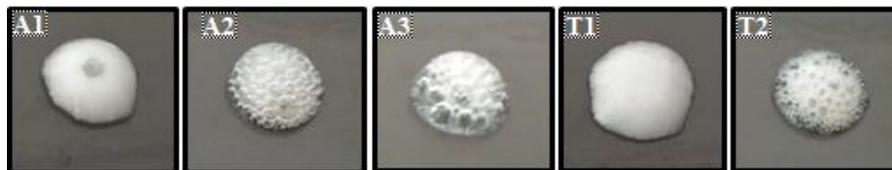
- 1). Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau
- 2). Dosen Fakultas Pertanian Universitas Riau

pada preparat bakteri setelah ditetesi H_2O_2 3%. Uji oksidase positif ditandai dengan terbentuknya noda berwarna ungu pada kertas saring yang ditambahkan *Reagen Tertametil Paraphenildiamin*. Uji hidrolisis pati positif ditandai dengan terbentuknya zona bening pada biakan bakteri pada media pati setelah ditetesi Iodin. Pengamatan pada uji motilitas dan uji indol masing-masing isolat bakteri endofit 2 isolat memiliki reaksi positif dan 3 isolat menunjukkan reaksi negatif. Uji motilitas positif ditandai dengan pertumbuhan menyebar bakteri dan uji indol positif ditandai dengan terbentuknya cincin berwarna merah pada permukaan media yang menandakan bahwa bakteri mampu menghasilkan enzim

triptofanase. Barrow dan Feltham (1993) menyatakan bahwa aktivitas biokimia setiap jenis isolat bakteri berbeda dikarenakan setiap isolat bakteri mempunyai aktivitas enzimatis yang berbeda.

Uji katalase

Hasil uji katalase bakteri endofit menunjukkan bahwa 5 isolat bakteri merupakan katalase positif, yang terlihat dengan adanya gelembung oksigen yang muncul setelah isolat diletakkan di kaca objek yang kemudian ditetesi dengan larutan H_2O_2 . Hasil uji katalase bakteri endofit yang diisolasi dari organ tanaman buah naga merah dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil uji katalase bakteri endofit. A1) Isolat akar-1, A2) Isolat akar-2, A3) Isolat akar-3, T1) Isolat tunas-1, T2) Isolat tunas-2

Uji katalase yang positif menandakan bakteri menghasilkan enzim katalase. Enzim katalase pada bakteri merupakan enzim yang berfungsi menguraikan hidrogen peroksida (H_2O_2) menjadi air (H_2O) dan oksigen (O_2). Enzim katalase bakteri endofit dideteksi dengan menggunakan larutan hidrogen peroksida 3% sebagai substrat. Larutan hidrogen peroksida 3% yang diteteskan pada koloni bakteri endofit yang merupakan katalase positif (memiliki enzim katalase) akan menghasilkan gelembung-gelembung oksigen pada permukaan koloni (Purba, 2013).

Enzim katalase secara tidak langsung membantu kehidupan bakteri endofit yang berada pada jaringan tanaman. Menurut Purba (2013), enzim katalase pada bakteri endofit akan memproduksi senyawa antioksidan enzimatis yang akan membantu bakteri endofit untuk berkolonisasi dengan jaringan

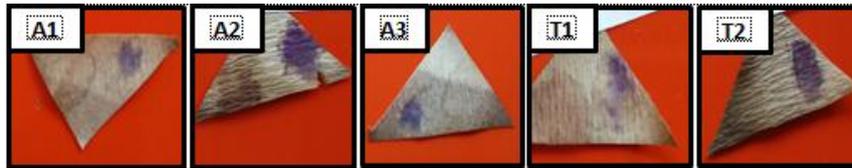
tanaman yang lingkungannya mengandung hidrogen peroksida.

Hasil penelitian Resti *et al.* (2013) menunjukkan bahwa bakteri endofit dari genus *Aeromonas*, *Bacillus* dan *Serratia* memiliki sifat katalase positif. Agrios (1997) menyatakan bahwa bakteri *Corynebacterium* memiliki sifat katalase positif.

Uji oksidase

Uji oksidase yang dilakukan terhadap 5 isolat bakteri endofit menunjukkan hasil yang positif. Reaksi positif pada uji oksidase ditandai dengan adanya perubahan warna kertas saring yang sudah ditetesi *Reagens Tetrametil Paraphenildiamin* dan diolesi biakan bakteri endofit menjadi ungu. Hasil uji oksidase bakteri endofit yang diisolasi dari organ tanaman buah naga merah dapat dilihat pada Gambar 3.

- 1). Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau
- 2). Dosen Fakultas Pertanian Universitas Riau



Gambar 3. Hasil uji oksidase bakteri endofit. A1) isolat akar-1 (+), A2) isolat akar-2 (+), A3) isolat akar-3 (+), T1) isolat tunas-1 (+), T2) isolat tunas-2 (+)

Uji oksidase menunjukkan bahwa bakteri endofit dapat menghasilkan enzim oksidase. Menurut Lelliot dan Stead (1987), hasil positif terlihat pada bakteri yang digoreskan pada kertas saring yang telah diberi tetesan *Reagens Tetrametil Paraphenildiamin* yang didiamkan 10 menit dan berubah warna menjadi ungu mendandakan bahwa bakteri dapat menghasilkan enzim oksidase. Enzim oksidase pada bakteri endofit memegang peranan penting dalam transpor elektron selama respirasi aerobik. Enzim oksidase yang dihasilkan oleh bakteri aerob fakultatif menyebabkan bakteri mampu memanfaatkan sumber karbon yang tersedia (Priyani *et al.* 2006).

Bakteri endofit yang menunjukkan hasil oksidasi positif menggunakan oksigen, sebagai akseptor elektron terakhir selama penguraian karbohidrat untuk menghasilkan energi. Kemampuan bakteri memproduksi sitokrom oksidase dapat diketahui dari reaksi yang ditimbulkan setelah pemberian Reagen

Oksidase pada koloni bakteri. Enzim ini merupakan bagian kompleks enzim yang berperan dalam proses fosforilasi oksidatif. Reagen akan mendonorkan elektron terhadap enzim ini sehingga akan teroksidasi membentuk senyawa yang berwarna biru kehitaman.

Hasil penelitian Resti *et al.* (2013) menunjukkan bahwa bakteri endofit dari genus *Aeromonas*, *Bacillus* dan *Serratia* memiliki sifat oksidase positif. Agrios (1997) menyatakan bahwa bakteri *Corynebacterium* memiliki sifat oksidase positif.

Uji hidrolisis pati

Uji hidrolisis pati yang dilakukan terhadap 5 isolat menunjukkan hasil yang positif. Hal ini ditandai dengan terbentuknya zona terang (*clear zone*) disekitar koloni bakteri. Hasil uji hidrolisis pati bakteri endofit yang diisolasi dari organ tanaman buah naga merah dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil uji hidrolisis pati bakteri endofit. A1)) isolat akar-1 (+), A2) isolat akar-2 (+), A3) isolat akar-3 (+), T1) isolat tunas-1 (+), T2) isolat tunas-2 (+) dan z= zona bening

Hasil ini menunjukkan bahwa bakteri endofit mampu menghidrolisis pati dan memiliki enzim amilase yang terlihat dari zona terang yang terbentuk pada koloni bakteri yang telah ditambahkan garam iodin.

Zona terang dapat terlihat jelas dengan penambahan indikator garam iodin. Pati yang tidak mengalami hidrolisis enzim amilase akan berwarna biru kehitaman dengan penambahan garam iodin. Hal ini didukung

- 1). Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau
- 2). Dosen Fakultas Pertanian Universitas Riau

oleh pendapat Rahma (2016) yang menyatakan bahwa adanya zona bening yang terbentuk ketika larutan iodium diteteskan pada koloni bakteri membuktikan bahwa bakteri tersebut dapat menghasilkan enzim amilase. Koolman dan Roehm (2005) menyatakan bahwa ion triiodida dari larutan garam iodin bereaksi dengan heliks amilosa rantai lurus membentuk kompleks warna yang dihasilkan oleh reaksi iodine dengan polisakarida sedangkan pati yang telah dihidrolisis oleh enzim amilase akan membentuk zona terang karena glukosa tidak dapat bereaksi dengan ion triiodida membentuk kompleks berwarna.

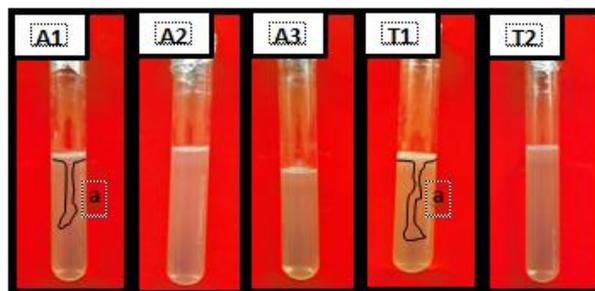
Enzim amilase berfungsi memutus ikatan glikosidik pada amilum (pati) menjadi glukosa. Bakteri endofit yang positif terhadap uji hidrolisis pati juga memiliki peran dalam mendegradasi jaringan tanaman buah naga ketika tanaman mati. Tanaman buah naga merah menyimpan pati sebagai sumber makanan dan merupakan salah satu diantara sumber makanan di dalam jaringan tanaman yang mudah didegradasi oleh bakteri endofit. Pati merupakan makromolekul yang tidak mampu melewati dinding sel bakteri karena berat molekulnya besar. Bakteri endofit menggunakan pati sebagai sumber karbohidrat, yang terlebih dahulu menghidrolisis atau memecah pati tersebut

sehingga dapat masuk ke dalam sel. Bakteri menghasilkan eksoenzim yang dapat menghidrolisis pati dengan memecah ikatan antara molekul-molekul glukosa. Glukosa kemudian dapat masuk dan digunakan bakteri endofit untuk aktifitas metabolismenya.

Hasil penelitian Resti *et al.* (2013) menunjukkan bahwa bakteri endofit dari genus *Aeromonas*, *Bacillus* dan *Serratia* memiliki sifat hidrolisis pati positif. Agrios (1997) menyatakan bahwa bakteri *Corynebacterium* memiliki sifat hidrolisis pati positif.

Uji motilitas

Uji motilitas terhadap 5 isolat dari organ tanaman buah naga merah menunjukkan reaksi yang berbeda. Isolat bakteri dari bagian akar tanaman buah naga merah A1 menunjukkan reaksi positif, sedangkan A2 dan A3 menunjukkan reaksi negatif. Isolat bakteri dari bagian tunas tanaman buah naga merah T1 memiliki reaksi positif terhadap uji ini, sedangkan isolat T2 menunjukkan reaksi negatif. Menurut Waluyo (2008), isolat yang positif motil ditunjukkan dengan adanya penyebaran pertumbuhan isolat keseluruhan media. Hasil uji motilitas bakteri endofit yang diisolasi dari organ tanaman buah naga merah dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil uji motilitas bakteri endofit. A1) isolat akar-1 (+), A2) isolat akar-2 (-), A3) isolat akar-3 (-), T1) isolat tunas-1 (+), T2) isolat tunas-2 (-) dan a= pergerakan bakteri endofit pada media

Hasil uji ini memperlihatkan adanya pergerakan sel bakteri dengan alat bantu gerak pada bakteri isolat A1 dan T1 yaitu flagel. Sifat motil diakibatkan oleh adanya alat gerak

cambuk yang disebut flagel sehingga sel bakteri dapat berenang di dalam lingkungan air. Motilitas sebagian besar jenis bakteri motil terjadi pada suhu relatif rendah 15-25°

- 1). Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau
- 2). Dosen Fakultas Pertanian Universitas Riau

C dan mungkin dapat menjadi tidak motil di atas suhu 37° C. Beberapa bakteri dapat melakukan gerakan meluncur yang sangat mulus yang hanya terjadi kalau bersentuhan dengan benda padat (Tarigan, 1988).

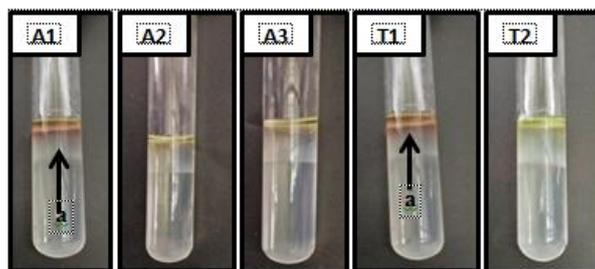
Bakteri menggunakan flagel untuk mendapatkan sumber nutrisi di dalam jaringan tanaman. Reseptor pada permukaan bakteri mampu mendeteksi nutrisi dalam lingkungannya. Semakin jauh dari sumber nutrisi, konsentrasi nutrisi akan berkurang, sehingga menghasilkan gradien. Bakteri mampu mendeteksi gradien ini dengan memutar flagelnya ke arah sumber nutrisi. Menurut Tarigan (1988), kebanyakan bakteri yang motil dapat mendekati atau menjauhi berbagai senyawa kimia yang disebut kemotaksis.

Hasil penelitian Sulistiyani dan Lisdiyanti (2016) menyimpulkan bahwa bakteri endofit dari genus *Bacillus* dan *Enterobacter* memiliki sifat motilitas positif.

Agrios (1997) menyatakan bahwa bakteri *Corynebacterium* umumnya tidak bergerak, tetapi beberapa spesiesnya ada yang bergerak dengan rata-rata dua bulu cambuk polar.

Uji indol

Uji indol terhadap 5 isolat dari organ tanaman buah naga merah menunjukkan reaksi yang berbeda. Isolat yang berasal dari bagian akar tanaman buah naga A1 memiliki reaksi positif dengan ditandai terbentuknya lapisan cincin berwarna merah, sedangkan isolat A2 dan A3 menunjukkan reaksi negatif yaitu tidak terbentuknya lapisan cincin berwarna merah. Isolat yang berasal dari bagian tunas tanaman buah naga T1 menunjukkan reaksi positif, dan T2 menunjukkan reaksi negatif. Hasil uji indol bakteri endofit yang diisolasi dari organ tanaman buah naga merah dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil uji indol bakteri endofit. A1) isolat akar-1 (+), A2) isolat akar-2 (-), A3) isolat akar-3 (-), T1) isolat tunas-1 (+), T2) isolat tunas-2 (-) dan a= cincin merah

Bakteri yang menunjukkan reaksi positif pada uji indol menghasilkan enzim triptophanase, sehingga mampu mengoksidasi asam amino triptophan membentuk indol. Halumitri (2014) menyatakan bahwa adanya indol dapat diketahui dengan terbentuknya senyawa berwarna merah yang tidak larut pada permukaan medium biakan. Pembentukan indol dapat diketahui dengan penambahan reagen Ehrlich/Kovac's yang berisi paradimetil amino bensaldehid. Uji indol negatif ditandai dengan tidak terbentuk lapisan cincin berwarna merah pada permukaan biakan, artinya bakteri ini tidak

membentuk indol dari triptophan sebagai sumber karbon. Uji indol bereaksi positif jika terbentuk lapisan cincin berwarna merah pada permukaan biakan, artinya bakteri ini membentuk indol dari triptophan sebagai sumber karbon (Cowan, 2004).

Hasil penelitian Resti *et al.* (2013) menunjukkan bahwa bakteri endofit dari genus *Aeromonas*, *Bacillus* dan *Serratia* memiliki sifat indol positif. Agrios (1997) menyatakan bahwa bakteri *Corynebacterium* memiliki sifat indol positif.

- 1). Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau
- 2). Dosen Fakultas Pertanian Universitas Riau

Identifikasi Berdasarkan Karakteristik Morfologi dan Fisiologi

Hasil identifikasi terhadap 5 isolat bakteri endofit yang diamati secara morfologi dan fisiologi dari bagian akar dan tunas tanaman buah naga merah, isolat dari bagian akar A1 dan dari bagian tunas T1 memiliki kesamaan karakteristik dengan bakteri *Bacillus* sp., yaitu warna koloni putih, bentuk koloni bulat, tepian koloni rata, elevasi koloni cembung, bentuk sel batang, pewarnaan Gram positif, uji katalase positif, uji oksidasi positif, uji hidrolisis pati positif, uji motilitas positif dan uji indol positif.

Hasil identifikasi ini didukung oleh pernyataan Todar (2011) bahwa bakteri *Bacillus* sp. adalah bakteri yang berbentuk batang, gram positif, hidup secara aerob. Bakteri *Bacillus* sp. memiliki aktifitas oksidasi yang beragam dan bersifat motil. Menurut Corbin (2004), koloni *Bacillus* sp. memiliki karakteristik umum memiliki warna krem keputihan serta bentuk koloni yang bulat dan tidak beraturan. Hatmanti (2000) menyatakan bahwa bakteri *Bacillus* spp. memiliki tepi koloni bermacam-macam, rata dan tidak rata, permukaannya kasar dan tidak berlendir, bahkan ada cenderung kering dan seperti berbubuk, koloni besar dan tidak mengkilat. Secara morfologi permukaan koloni cembung adalah salah satu karakteristik dari bakteri *Bacillus* sp. Tipe permukaan bakteri *Bacillus* sp. endofit sering kali memiliki perbedaan pada medium agar.

Penentuan spesies *Bacillus* sp. juga didasarkan pada ciri-ciri sifat fisiologi, yaitu memiliki uji katalase positif, uji hidrolisis pati positif dan uji indol positif. Bakteri endofit dari genus *Bacillus* dan *Pseudomonas* yang diisolasi dari jaringan tanaman akan memproduksi enzim amilase (Carrim *et al.*, 2006). Bakteri *Bacillus* sp. endofit akan memproduksi enzim amilase dari selnya untuk menghidrolisis pati glukosa. Menurut Winarno (1986), pada mikroorganisme, amilase murni dapat diisolasi salah satunya dari bakteri *Bacillus subtilis*.

Isolat dari bagian akar A2, A3 dan dari bagian tunas T2 tanaman buah naga merah

- 1). Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau
- 2). Dosen Fakultas Pertanian Universitas Riau

memiliki karakteristik morfologi dan fisiologi menyerupai bakteri *Corynebacterium* sp. Karakteristik tersebut meliputi warna koloni putih berbentuk bulat dengan tepian rata dan bergelombang, elevasi cembung, bentuk sel batang, Gram positif, uji katalase positif, uji oksidasi positif, uji hidrolisis pati positif, uji motilitas negatif dan uji indol negatif.

Hasil tersebut sesuai dengan hasil penelitian oleh Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (2011) bahwa *Corynebacterium* sp. merupakan bakteri antagonis yang secara morfologi dapat dikenali dari warna koloninya putih kotor, elevasi cembung, berbentuk batang dan jenis gram positif. Bentuk bakteri *Corynebacterium* sp. adalah berbentuk batang lurus sampai agak sedikit membengkok, kadang-kadang mempunyai segmen berwarna dengan bentuk yang tidak menentu tetapi ada juga yang berbentuk gada yang membengkak. Bakteri ini umumnya tidak bergerak, tetapi beberapa spesiesnya ada yang bergerak dengan rata-rata dua bulu cambuk polar (Agrios 1997). Bakteri *Corynebacterium* sp. termasuk bakteri gram positif karena dengan pewarnaan diferensial dengan larutan ungu kristal, sel bakteri berwarna ungu, tetapi ketika ditambahkan larutan safranin warna merah sel bakteri tidak menyerap larutan safranin sehingga tetap berwarna ungu. Bakteri gram positif pada umumnya bersifat nonpatogenik (Banjarnahor, 2010).

Corynebacterium sp. merupakan bakteri antagonis yang dapat dimanfaatkan sebagai agensia hayati dalam mengendalikan penyakit hawar daun. Hasil penelitian Manik (2011) menunjukkan bakteri *Corynebacterium* mampu mengendalikan penyakit hawar daun bakteri yang disebabkan *Xanthomonas campestris* pv *oryzae*. Wibowo *et al.* (2005) menyatakan bahwa efektifitas *Corynebacterium* sebagai bakteri antagonis terhadap penyakit hawar daun menunjukkan hasil yang baik pada penghambatan pemunculan gejala awal, penyebaran maupun intensitas serangan.

KESIMPULAN

1. Hasil isolasi dari tanaman buah naga merah diperoleh 5 isolat bakteri endofit, 3 isolat berasal dari akar dan 2 isolat dari tunas.
2. Isolat yang diperoleh memiliki kesamaan pada warna koloni, bentuk koloni dan permukaan koloni namun memiliki perbedaan pada tepian koloni. Isolat bakteri A1 (Akar-1) dan A3 (Akar-3) menunjukkan tepian rata, sedangkan isolat A2 (Akar-2), T1 (Tunas-1) dan T2 (Tunas-2) menunjukkan tepian bergelombang.
3. Lima isolat menunjukkan hasil uji karakteristik fisiologis yang berbeda. Isolat A1 (Akar-1) dan T1 (Tunas-1) menunjukkan hasil uji motilitas dan uji indol positif, sedangkan isolat A2 (Akar-2), A3 (Akar-3) dan T2 (Tunas-2) menunjukkan hasil uji motilitas dan uji indol negatif.
4. Isolat A1 (Akar-1) dan T1 (Tunas-1) termasuk ke dalam genus *Bacillus*. Isolat A2 (Akar-2), A3 (Akar-3) dan T2 (Tunas-2) termasuk kedalam genus *Corynebacterium*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, M. 2010. Teknik Pewarnaan Bakteri. <http://mushoffaditya.blogspot.com/2010/01/teknik-pewarnaan-bakteri.html>. Diakses tanggal 10 Desember 2017.
- Agrios, G. N. 1997. *Plant Pathology*. Academic Press. London.
- Arauz, L. 2000. Mango antrachnose: economic impact and current options for integrated management. *Plant. Dis.* 84 (6): 600-611.
- Banjarnahor, M. R. 2010. Pengendalian Hayati. www.raflesmartohap.blogspot.com. Diakses tanggal 23 Oktober 2017.
- Backmann, P. A. dan R. A. Sikora. 2008. Endophytes: an emerging tool for biological control. *Journal of Biocontrol.* 46:1-3
- Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP). 2011. *Jerami Padi sebagai Bahan Organik di Lahan Sawah*. Jawa Barat.
- Barrow, G. I. dan R. K. A. Feltham. 1993. *Cowan and Steel's Manual for the Identification of Medical Bacteria*. Cambridge University Press. United Kingdom.
- Carrim, A., Barbosa, E. C., Vieira J. D. G. 2006. Enzymatic activity of endophytic bacterial isolates of *Jacaranda decurrens* Cham. (Carobinha-do-campo). *Brazil Arch Biol Tech.* 49(3): 353-359.
- Corbin, B. D. 2004. Identification and Characterization *Bacillus thuringiensis*. *J. bacterial.* 186: 7736-7744.
- Cowan, S. T. 2004. *Manual for the Identification of Medical Fungi*. Cambridge University Press. London.
- Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura Kabupaten Siak. 2014. *Buku Data Tahun 2014*. Siak Sri Indrapura.
- Direktorat Jenderal Hortikultura. 2014. *Sentra Produksi Buah Naga di Indonesia*. Jakarta.
- Dwijoseputro. 1989. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Djambatan. Surabaya.
- Emil, S. 2011. *Untung Berlipat dari Bisnis Buah Naga Unggul*. Lily Publisher. Yogyakarta.
- Halumitri, F. 2014. Isolasi dan identifikasi bakteri penambat nitrogen non simbiotik asal tanah mineral. Skripsi

-
- 1). Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau
 - 2). Dosen Fakultas Pertanian Universitas Riau

- (Tidak dipublikasikan). Universitas Riau. Pekanbaru.
- Hatmanti, A. 2000. Pengenalan *Bacillus* spp. *Jurnal Balitbang Lingkungan Laut LIPI*. Jakarta. 15(1): 31-41.
- Hung, P. Q dan K. Annapurna 2004. Isolation and characterization of endophytic bacteria in soybean (*Glycine* sp.). *Omonrice*. 12 : 92-10.
- James, E. K., dan F. L. Oliveres. 1997. Infection and colonization of sugar cane and other graminaceous plants by endophytic diazotrophs. *Critical Reviews in Plant Science*. 17 : 77-119.
- Jumjunidang, Riska dan I. Muas. 2012. Outbreak Penyakit Busuk Batang Tanaman Buah Naga di Sumatera Barat. *Laporan hasil survey OPT di sentra produksi buah naga Sumatera Barat*. Sumatera Barat.
- Koolmann, J., K. H. Roehm. 2005. Color Atlas of Biochemistry. 2th ed . New York : Georg Thieme Verlag. 162-164.
- Kusnadi., Peristiwa., Syulasma, A., Purwianingsih, W. dan Rochintaniawati D. 2003. Mikrobiologi, common textbook (edisi revisi), JICA. Bandung. FMIPA Universitas Pendidikan Indonesia.
- Lamb, C. dan R. A. Dixon. 1997. The Oxidative Burst in Plant Disease Resistance. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 48: 251–275.
- Leiwakabessy, C. dan Y. Latupeirissa. 2013. Eksplorasi bakteri endofit sebagai agens hayati pada tanaman kersen (*Muntingia calabura* L.). *Jurnal Budidaya Pertanian*, 9(1): 16-21
- Lelliot, R. A. dan D. E Stead. 1987. Methods for the Diagnosis of Bacterial Disease of Plants. Blackwell Scientific Publication. London.
- Lines-Kelly, R. 2005. Defend the Rhizosphere and Root Against Pathogenic Microorganisms. <http://ice.agric.uwa.edu.au/soils/soilhealth>. Diakses tanggal 22 Februari 2018.
- Manik, C. A. 2011. Efektifitas *Corynebacterium* dan Dosis Pupuk K terhadap Serangan Penyakit Kresek (*Xanthomonas campestris pv oryzae*) pada padi sawah (*Oriza sativa* L.) di lapangan. www.repository.usu.ac.id. Diakses pada tanggal 25 Februari 2018.
- Priyani, N., Liliyanto dan N. Kiki. 2006. Uji potensi *Bacillus* sp. dan *Escherichia coli* dalam mendegradasi alkhlil berzen sebagai bahan aktif detergen. *Jurnal Biologi Sumatera*. 1(2): 35-37.
- Purba, T. M. 2013. Isolasi dan karakteristik bakteri endofitik dari umbi tanaman dahlia (*Dahlia variabilis*). Skripsi (tidak dipublikasikan). Universitas Riau. Pekanbaru.
- Rahma, Y. 2016. Isolasi dan identifikasi bakteri endofit dari lahan kopi arabika yang terserang nematode *Radhopolus similis*. Skripsi (Tidak dipublikasikan). Universitas Jember.
- Resti, Z., T. Habazar, D. P. Putra dan Nasrun. 2013. Srinng dan Identifikasi isolat bakteri endofit untuk mengendalikan penyakit hawar daun pada tanaman bawang merah. *Jurnal HPT Tropika*. 13(2): 167-178.
- Strobel, G. A. dan B. Daisy, 2003. Bioprospecting for microbial endophytes and their natural products. *Microbiology dan Molecular Biology Rev*. 67(4): 63-68.

-
- 1). Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau
 - 2). Dosen Fakultas Pertanian Universitas Riau

- Sulistiyani, T. R. dan P. Lisdayanti. 2016. Bioprospecting for microbial endophytes and their natural products. *Microbiology dan Molecular Biology Rev.* 67 (4): 63-68
- Tan. R. X dan W. X. Zou. 2001. Endophytes : a rich source of functional metabolites. *Int. J. Microbiol. Prod. Rnp.* 18: 448-459.
- Tarabily, K., A. H. Nassar dan K. Sivaisthamparam. 2003. Promotion of plant growth by an-auxin producing isolate of yeast *williopsis saturnus* endophytic in maize roots. The Sixth U.A.E University Research Conference. P. 60-69.
- Tarigan, J. 1988. Pengantar Mikrobiologi Umum. Departemen Pendidikan Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Jakarta.
- Todar, K. 2011. The Genus *Bacillus*. <http://www.textbookofbacteriology.net> . Diakses tanggal 19 Oktober 2017.
- Waluyo, I. 2004. Mikrobiologi Umum. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang.
- Wardhika, C. M., Suryanti dan T. Joko. 2014. Eksplorasi bakteri yang berfungsi sebagai agens pengendali hayati *Fusarium solani* dan *Meloidogyne incognita* pada lada. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia.* 18(2): 89-94.
- Wibowo., dan Baskoro, S. 2006. Pemanfaatan bakteri antagonis. BPOTP. Jati Sari. 1-15.
- Winarno, F. G. 1986. Pengantar Teknologi Pangan. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

-
- 1). Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau
 - 2). Dosen Fakultas Pertanian Universitas Riau