

Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Amilolitik, Proteolitik dari Tanah Perkebunan Pepaya dengan Serangan Hama Kutu Putih (*Paracoccus Marginatus*) di Kebumen

*Isolation and Characterization of Amylolytic, Proteolytic Bacteria from Papaya Plantation Soil with Attack of Mealybugs (*Paracoccus marginatus*) in Kebumen*

Naeli Irsyadah, Slamet Santosa*

Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret

*e-mail: slametsantosa@staff.uns.ac.id

Abstrak. Telah dilakukan penelitian tentang isolasi bakteri di tanah perkebunan pepaya dengan serangan hama kutu putih (*Paracoccus marginatus*) di Kebumen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi bakteri amilolitik dan proteolitik pada tanah perkebunan pepaya dengan serangan hama kutu putih. Sampel yang digunakan adalah tanah dekat akar tanaman pepaya dengan serangan *P. marginatus*, tanah pada pepaya yang sehat, dan tanah pada pepaya yang mati. Bakteri dekat akar diisolasi dan dikarakterisasi secara makroskopis dan mikroskopis serta dilakukan uji enzimatis, yaitu uji amilolitik dan uji proteolitik. Hasil isolasi didapatkan sebanyak 8 isolat terbaik dengan kriteria isolat murni, tidak terkontaminasi, tumbuh subur dan menghasilkan produk yang diinginkan, yaitu dengan kode isolat B1, B2, B3, B4, B5, B6, B9 dan B11. Uji amilolitik positif dihasilkan oleh kode isolat B1, B3, B4, B6. Uji proteolitik positif dihasilkan oleh kode isolat B2, B5, B6, B9. Hasil penelitian membuktikan bahwa tanah pada dekat akar tanaman pepaya menghasilkan isolat bakteri yang potensial yang bersifat amilolitik dan proteolitik.

Kata kunci: uji enzimatis; mikroba tanah; enzim amilase; enzim protease

Abstract. Research has been carried out on the isolation of bacteria in papaya plantation soil with mealybugs (*Paracoccus marginatus*) in Kebumen. This study aims to determine the potential of amylolytic and proteolytic bacteria in papaya plantation soils with mealybug pests. The samples used were soil near the roots of papaya plants with *P. marginatus* attack, soil on healthy papaya, and soil on dead papaya. Rhizosphere bacteria were isolated and characterized macroscopically and microscopically and carried out enzymatic tests, namely amylolytic tests and proteolytic tests. The isolation results obtained were 8 of the best isolates with the criteria of pure isolates, not contaminated, thriving and producing the desired product, namely with isolate codes B1, B2, B3, B4, B5, B6, B9 and B11. Positive amylolytic test was generated by isolate codes B1, B3, B4, B6. A positive proteolytic test was generated by isolate codes B2, B5, B6, B9. The results of the study proved that the soil in the rhizosphere of papaya plants produced potential bacterial isolates that were amylolytic and proteolytic.

Keyword: enzymatic tests; soil microbes; amylase enzyme; protease enzyme

PENDAHULUAN

Pepaya (*Carica papaya* L.) menjadi tanaman buah komoditi yang bernilai ekonomis dan digemari seluruh lapisan masyarakat. Menurut agroklimatologi, pepaya tidak memerlukan kebutuhan lingkungan spesifik untuk tumbuh. Namun, saat ini pembudidaya pepaya dihadapkan dengan masalah hama kutu putih (*P. marginatus*). Hal ini berpengaruh pada produksi dan kualitas buah (Saribu *et al.*, 2019). *Paracoccus marginatus* adalah hama polifag dan dapat membuat kerusakan mencapai 100% pada tanaman pepaya (Wu *et al.*, 2014). Hama ini menjadi masalah baik di tingkat nasional maupun internasional karena penyebarannya yang cepat. Serangan hama ditandai dengan adanya benang lilin putih menggumpal pada permukaan buah ataupun bawah daun (Simarmata *et al.*, 2021). Saat ini, petani banyak menggunakan pestisida kimia untuk membasmi tanaman. Dampak buruk penggunaannya, yaitu senyawa kimia dari pestisida dapat meninggalkan residu di tanah dan dapat mempengaruhi kehidupan mikroorganisme di tanah tersebut beserta tumbuhan yang ditanam (Andesgur, 2019).

Tanaman pepaya mengandung senyawa kompleks, seperti amilum dan protein (Saribu *et al.*, 2019) yang dapat didegradasi oleh bakteri amilolitik dan proteolitik menjadi senyawa yang lebih

sederhana sehingga lebih mudah larut dalam tanah. Bakteri di tanah perkebunan pepaya berperan penting karena menjadi sumber nutrisi bagi tanaman di atasnya (Sianipar *et al.*, 2020). Bakteri amilolitik dapat menghidrolisis amilum atau pati menjadi senyawa lebih sederhana, yaitu maltosa dan glukosa. Sedangkan enzim protease ekstraseluler dapat diproduksi oleh bakteri proteolitik. Enzim protease ekstraseluler merupakan enzim pemecah protein yang diproduksi pada sel serta dilepaskan keluar melalui sel. Enzim tersebut memecah protein menjadi polipeptida kecil dan asam amino (Prihatini & Kumala Dewi, 2021).

Mikrob tanah (bakteri, jamur, aktinomicetes) memainkan peranan krusial dalam proses humifikasi serta mineralisasi bahan organik tanah agar menjadi unsur hara yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman (Firnando *et al.*, 2020). Mikrob tanah yang paling mendominasi adalah bakteri. Bakteri dapat mencapai separuh dari biomassa mikrob dalam tanah dan memiliki peran serta manfaat eksklusif bagi lingkungan. Bakteri tanah dapat menentukan kualitas tanah. Berdasarkan (Simarmata *et al.*, 2021), populasi mikroorganisme area dekat akar lebih banyak dan lebih majemuk daripada area tanah nondekat akar, karena dekat akar menjadi daerah yang sangat baik bagi pertumbuhan bakteri. Nutrisi yang dihasilkan oleh perakaran tanaman budidaya menentukan aktifitas mikroorganisme dekat akar. Oleh sebab itu, akar tanaman dapat menjadi tempat pertumbuhan mikrob (Tavea *et al.*, 2016). Adanya seragan hama *P. marginatus* yang dibasmi menggunakan pestisida kimia tentunya berpengaruh pada unsur hara tanah dan residu dari pestisida dapat mematikan mikroorganisme di tanah tersebut. Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai isolasi bakteri amilolitik dan proteolitik pada tanaman pepaya yang terserang *P. marginatus*, tanaman pepaya yang tumbuh subur dan tanaman pepaya yang mati. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi bakteri amilolitik dan proteolitik pada tanah perkebunan pepaya dengan serangan hama *P. marginatus*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus hingga September 2021 di Laboratorium Mikrobiologi Program Studi Pendidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sebelas Maret, Surakarta. Sampel yang digunakan adalah tanah dekat akar tanaman pepaya dengan serangan *P. marginatus*, tanah pada pepaya yang sehat, dan tanah pada pepaya yang mati. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *aquadest* steril, sampel tanah, *alcohol* 70%, medium pertumbuhan *Nutrient Agar* (NA), agar bakteri, pati, *Skim Milk Agar* (SMA), *tripton*, *yeast extract*, *dextrose*, medium pewarnaan Gram (alkohol 96%, kristal violet, Iodium, Safranin). Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain oven, *autoclave*, lemari es, sendok, cawan petri, labu Erlenmeyer, gelas ukur, pipet tetes, jarum ose, bunsen, gelas objek, *deg glass*, korek api, mikropipet, vortex, mikroskop, neraca analitik, spatula, tabung reaksi, kertas label, aluminium foil, kertas koran, *magnetic stirrer*, pinset, tissue steril, batang penyebar bakteri.

Rancangan penelitian ini yaitu pengambilan 3 sampel tanah, sterilisasi, isolasi bakteri, karakterisasi makroskopis dan mikroskopis, uji amilolitik dan proteolitik. Teknik analisis data yang dilakukan dengan teknik analisis deskriptif. Prosedur penelitian pertama adalah membuat suspensi sampel dengan memasukkan 1 gram sampel tanah ke dalam tabung reaksi dan dicampurkan dengan *aquadest* hingga mencapai 10 ml (pengenceran 10^{-1}). Kemudian dilakukan pengenceran bertingkat hingga 10^{-5} . Setelah itu, menginokulasikan secara steril suspensi sampel dari pengenceran bertingkat pada cawan petri yang mengandung media *Nutrient Agar* (NA) dengan metode cawan gores (Lambui & Jannah, 2017). Koloni bakteri akan terlihat menyebar di permukaan agar setelah diinkubasi dengan suhu 37°C selama 48 jam (Marzuki *et al.*, 2014). Isolat bakteri yang berhasil ditumbuhkan kemudian dilakukan seleksi untuk memilih isolat terbaik dengan kriteria isolat murni, bebas dari segala kontaminan, tumbuh dengan subur dan menghasilkan produk yang diinginkan. Selanjutnya, isolat bakteri hasil seleksi masing-masing dilakukan karakterisasi morfologi secara makroskopis agar diketahui bentuk koloni bakteri dan karakterisasi mikroskopis melalui pengecatan gram. Selanjutnya, isolat bakteri diuji melalui uji enzimatik yang meliputi uji amilolitik dan uji proteolitik (Lambui & Jannah, 2017). Penelitian ini menggunakan dua uji, yaitu uji amilolitik dan uji proteolitik.

Uji amilolitik dilakukan dengan menumbuhkan isolat bakteri dalam medium *Nutrien Agar* (NA) yang tersuspensi pati (amilum). Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 2×24 jam. Bakteri yang sudah tumbuh pada media NA kemudian ditetesi dengan iodium. Hasil positif ditunjukkan dengan adanya zona bening disekeliling koloni. Hasil isolat bakteri yang sudah diisolasi, masing-masing ditumbuhkan dalam medium *Nutrien Agar* (NA) (Choirunnisa *et al.*, 2018).

Uji proteolitik dilakukan dengan menumbuhkan isolat bakteri dalam medium *Skim Milk Agar* (SMA) dengan penambahan *tripton*, *yeast extract*, *dextrose* kemudian diinkubasi 37°C selama 2×24 jam.

Bakteri yang tumbuh dalam media *Skim Milk Agar* diamati. Hasil positif ditunjukkan dengan adanya zona bening di sekeliling koloni (Choirunnisa *et al.*, 2018).

Data hasil penelitian meliputi karakter makroskopis dan mikroskopis bakteri, kemampuan amilolitik dan proteolitik bakteri selanjutnya dianalisis secara deskriptif.

HASIL

Hasil isolasi bakteri dari dekat akar pada tanah perkebunan pepaya dengan serangan *P. marginatus*, tanah pada pepaya yang sehat, dan tanah pada pepaya yang mati menunjukkan delapan isolat bakteri dengan karakteristik morfologi berbeda. Isolat bakteri ini memiliki kesamaan pada permukaan koloninya, yaitu bertipe flat. Isolat B1 memiliki bentuk koloni *circular*, tepi koloni *erose*, warna koloni keputih-putihan. Isolat B2 memiliki bentuk koloni *irregular & spreading*, tepi koloni *erose*, warna koloni keputih-putihan. Isolat B3 memiliki bentuk koloni *filamentous*, tepi koloni *filamentous*, warna koloni keputih-putihan. Isolat B4 memiliki bentuk koloni *rhizoid*, tepi koloni *serrate*, warna koloni keputih-putihan. Isolat B5 memiliki bentuk koloni *irregular*, tepi koloni *erose*, warna koloni keputih-putihan. Isolat B6 memiliki bentuk koloni *circular*, tepi koloni *entire*, warna koloni kekuning-kuningan. Isolat B9 memiliki bentuk koloni *irregular*, tepi koloni *lobate*, warna koloni keputih-putihan. Isolat B11 memiliki bentuk koloni *spindle*, tepi koloni *curled*, warna koloni keputih-putihan.

Sebanyak delapan isolat bakteri dilakukan seleksi dan didapatkan delapan kultur bakteri terbaik, yaitu dengan kriteria isolat murni, tidak terkontaminasi dan menghasilkan produk yang diinginkan dengan kode isolat B1, B2, B3, B4, B5, B6, B9, B11. Tanah subur lebih mendominasi ditemukannya isolat bakteri. Hasil isolasi bakteri dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakterisasi makroskopis isolat bakteri pada tiga sampel tanah

Nama Isolat	Bentuk Koloni	Permukaan Koloni	Tepi Koloni	Warna Koloni	Tempat Ditemukan dan Tingkat Pengenceran
B1	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Erose</i>	Keputih-putihan	Tanah subur 10 ⁻⁵
B2	<i>Irregular & spreading</i>	<i>Flat</i>	<i>Erose</i>	Keputih-putihan	Tanah subur 10 ⁻⁵
B3	<i>Filamentous</i>	<i>Flat</i>	<i>Filamentous</i>	Keputih-putihan	Tanah subur 10 ⁻⁵ & mati 10 ⁻⁴
B4	<i>Rhizoid</i>	<i>Flat</i>	<i>Serrate</i>	Keputih-putihan	Tanah subur 10 ⁻⁵
B5	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Erose</i>	Keputih-putihan	Tanah subur 10 ⁻⁵
B6	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>	Kekuning-kuningan	Tanah terserang hama 10 ⁻⁵ & tanah mati 10 ⁻⁵
B9	<i>Filamentous</i>	<i>Flat</i>	<i>Filamentous</i>	Keputih-putihan	Tanah terserang hama 10 ⁻⁴
B11	<i>Spindle</i>	<i>Flat</i>	<i>Curled</i>	Keputih-putihan	Tanah subur 10 ⁻⁵

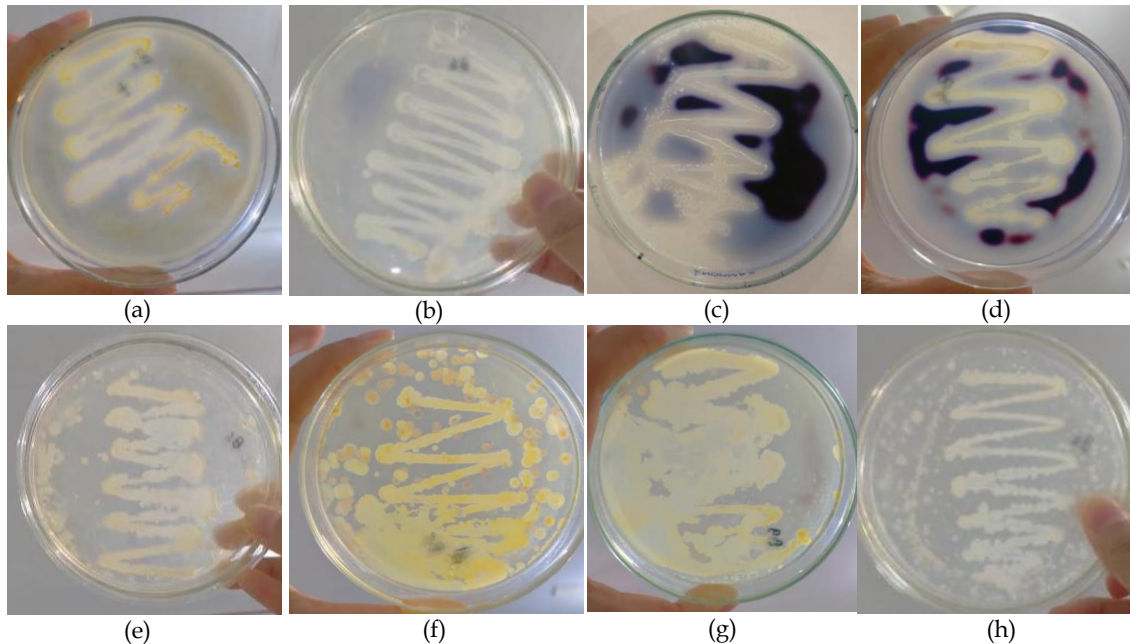
Hasil pewarnaan gram isolat bakteri yang dihasilkan menunjukkan bahwa terdapat lima isolat bakteri gram positif dengan tiga isolat berbentuk kokus dan dua isolat berbentuk basil. Sedangkan bakteri gram negatif didapatkan sejumlah tiga isolat dengan satu isolat berbentuk kokus dan dua isolat berbentuk basil. Bakteri gram positif ditunjukkan oleh isolat B1, B2, B3, B6, B9 dengan bentuk basil dan kokus. Bakteri gram negatif ditunjukkan oleh isolat B4, B5, B11 dengan bentuk basil dan kokus. Hasil karakterisasi mikroskopis isolat bakteri dapat dilihat di Tabel 2.

Tabel 2. Karakterisasi mikroskopis isolat bakteri pada tiga sampel tanah

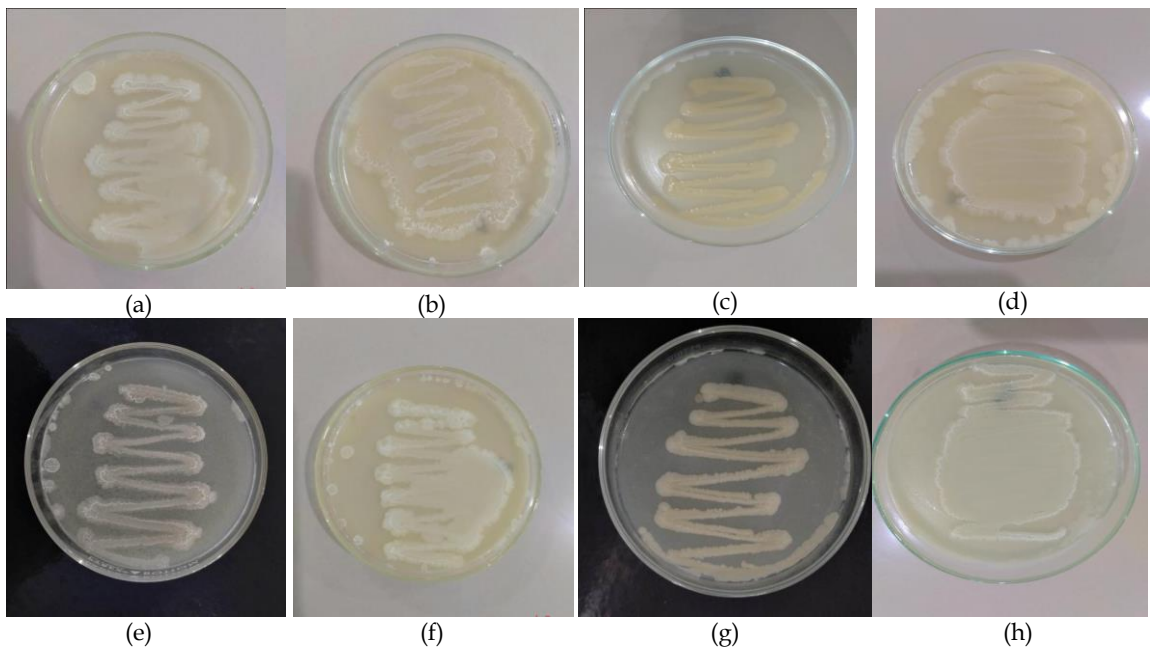
Kode Isolat	Bentuk	Keterangan
B1	Kokus	Gram positif
B2	Basil	Gram positif
B3	Basil	Gram positif
B6	Kokus	Gram positif
B9	Kokus	Gram positif
B4	Kokus	Gram negatif
B5	Basil	Gram negatif
B11	Basil	Gram negatif

Hasil pengujian pada uji amilolitik menunjukkan hasil positif sebanyak empat isolat bakteri dengan kode B1, B3, B4, B6 dan hasil negatif sebanyak empat isolat bakteri dengan kode B2, B5, B9 dan B11. Pada uji amilolitik didapatkan hasil positif pada tiga isolat bakteri yang diambil dari tanah pepaya subur dan satu isolat bakteri dengan hasil positif pada tanah pepaya yang terserang hama. Karakterisasi mikroskopis uji amilolitik dan uji proteolitik dapat dilihat di Tabel 3. Hasil uji amilolitik

pada isolat bakteri (Gambar 1). Hasil pengujian pada uji proteolitik menunjukkan hasil positif sebanyak empat isolat bakteri dengan kode B2, B5, B6, B9 dan hasil negatif sebanyak empat isolat bakteri dengan kode B1, B3, B4 dan B11. Hasil uji proteolitik pada isolat bakteri (Gambar 2).



Gambar 1. Uji amilolitik isolat bakteri. (a) B1, (b) B3, (c) B4, (d) B6, (e) B2, (f) B5, (g) B9, (h) B11



Gambar 2. Uji Proteolitik isolat bakteri. (a) B2, (b) B5, (c) B6, (d) B9, (e) B1, (f) B3, (g) B4, (h) B11

Tabel 3. Hasil uji amilolitik dan uji proteolitik isolat bakteri

Kode Isolat	Uji Amilolitik	Uji Proteolitik
B1	+	-
B2	-	+
B3	+	-
B4	+	-
B5	-	+
B6	+	+
B9	-	+
B11	-	-

PEMBAHASAN

Isolat bakteri yang ditemukan di tanah subur lebih banyak daripada di tanah dengan serangan hama dan tanah dengan pepaya mati karena tanaman pepaya sehat menandakan tanah yang subur karena tanah subur lebih banyak terdapat bakteri. Pada setiap gram tanah subur terdapat sedikitnya satu juta bakteri (Onilude *et al.*, 2017). Mikrob tanah (bakteri, jamur, aktinomicetes) memainkan peranan krusial dalam proses humifikasi dan mineralisasi bahan organik tanah agar menjadi unsur-unsur hara yang mendukung pertumbuhan tumbuhan. Semakin tinggi populasi mikrob tanah maka kegiatan biokimia tanah dan indeks kualitas tanah meningkat (Gopinath *et al.*, 2017). Menurut (Ambarsari & Ridlo, 2018), jumlah serta aktivitas mikrob tanah ditentukan oleh faktor biotik dan abiotik setempat. Tingginya mikroorganisme dikarenakan unsur hara pada tanah memadai untuk perkembangan dan pertumbuhannya. Unsur hara, pencahayaan, bahan organik, dan perairan yang cukup serta pH tanah yang sesuai dapat membantu perkembangan mikroorganisme tanah (Lambui & Jannah, 2017). Tanah pada perkebunan pepaya dengan serangan hama *Paracoccus marginatus* hanya didapatkan satu isolat (B6). Menurut (Azwin *et al.*, 2022) tanah dengan serangan hama menandakan bahwa tanah tersebut memiliki tingkat kesuburan rendah dengan ketersediaan unsur hara yang kurang sehingga bakteri tidak dapat berkembang dengan baik di tanah tersebut.

Bakteri amilolitik umumnya berkembang pada bahan yang mengandung pati atau amilase (Adnan *et al.*, 2017). Uji amilolitik bertujuan untuk mengetahui aktivitas bakteri yang menghidrolisis amilum oleh ekoenzim. Media yang digunakan adalah media *Nutrien Agar* yang ditambah pati. Aktifitas enzim *amylase* diuji dengan cara meneteskan *iodine* sebagai larutan indikator pada permukaan media yang ditumbuhi bakteri. Hasil dikatakan positif apabila terbentuk zona bening pada isolat bakteri setelah ditambahkan dengan *iodium* sedangkan hasil negatif apabila tidak ada zona bening di sekitar koloni. Isolat bakteri memiliki kebutuhan sumber karbon yang berbeda, sehingga mempengaruhi ada tidaknya zona bening di sekitar koloni (Ginting & Kusdiyantini, 2020). Enzim amilase dapat dihasilkan dari tanaman pepaya. Isolat bakteri dengan uji amilolitik positif menyebabkan peningkatan pada aktivitas enzim karena bakteri menggunakan substrat pati untuk mensekresikan enzim amilase (Ginting & Kusdiyantini, 2020).

Enzim protease dapat dihasilkan dari tanaman pepaya, karena pepaya mengandung enzim proteolitik berupa papain. Papain merupakan hasil metabolit sekunder tanaman pepaya yang produksinya dibantu oleh mikrob endofit pada tanaman tersebut (Maheshwari & Annapurna, 2017) Mikrob endofit pada tanah tersebut dapat membantu dalam produksi enzim papain pada pepaya (Mubarokhah *et al.*, 2020). Bahan utama dalam pembuatan media dalam uji proteolitik adalah susu skim. Bakteri yang dapat mensekresikan protease akan memperlihatkan zona bening di sekitar koloni, sehingga hasil uji dikatakan positif. Kandungan kasein dalam susu skim berfungsi sebagai substrat enzim (Pakpahan, 2009). Hasil penelitian pada uji proteolitik didapatkan hasil positif pada dua isolat bakteri yang diambil dari tanah pepaya sehat dan dua isolat bakteri pada tanah pepaya yang terserang hama. Bakteri proteolitik dapat ditemukan pada pepaya di tanah subur karena papain.

Penelitian yang dilakukan oleh Mubarokhah *et al.*, (2020), pada tanaman pepaya dilakukan untuk mendapatkan isolat bakteri endofit dan aktivitas proteolitiknya. Bakteri diisolasi pada bagian akar, batang, tangkai daun dan daun *Carica papaya L.* Karakterisasi dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Aktivitas proteolitik dilakukan menggunakan media *Skim Milk Agar (SMA)* dan *Nutrien Gelatin* yang diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam. Hasil penelitian ini terdapat bakteri endofit pada bagian akar, tangkai daun dan daun. Menurut Mubarokhah, (2020), aktivitas proteolitik yang ditemukan berasal dari metabolit sekunder tanaman pepaya yang menghasilkan enzim papain. Biosintesis metabolit sekunder ini berhubungan dengan adanya mikroba endofit pada tanaman pepaya. Penelitian oleh Ginting & Kusdiyantini, (2020), pada tanaman pepaya dilakukan untuk mendapatkan isolat bakteri dan aktivitas amilolitiknya. Bakteri diisolasi pada bagian akar, batang, tangkai daun dan daun pepaya pada media *Nutrient Agar (NA)* yang mengandung nistatin dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam. Hasil penelitian ini yaitu terdapat aktivitas amilolitik isolat bakteri yang berasal dari akar, daun, batang dan tangkai daun. Menurut Ginting & Kusdiyantini, (2020), isolat bakteri yang ditemukan dipengaruhi oleh kondisi tanah dan pertumbuhan tanaman. Pembentukan zona bening bakteri terlihat setelah penetesan larutan *lugol's iodine*. Kebutuhan sumber karbon yang berbeda pada setiap isolat mempengaruhi ada tidaknya zona bening pada bakteri.

SIMPULAN

Potensi bakteri amilolitik dan proteolitik pada tanah perkebunan pepaya dengan serangan hama kutu putih *Paracoccus marginatus* didapatkan sebanyak 2 isolat pada pengenceran 10^{-5} , yaitu dengan kode B6 dan kode B9. Uji enzim amilolitik positif didapatkan pada isolat bakteri dengan kode B6. Uji enzim proteolitik positif didapatkan pada isolat bakteri dengan kode B6 dan B9.

Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan mengidentifikasi bakteri serta peranannya terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman pepaya baik yang sehat, mati maupun yang terserang hama *Paracoccus marginatus*. Selain itu, identifikasi ini diperlukan dalam pembuatan bioinsektisida hama *Paracoccus marginatus* yang dapat menjadi komoditas dalam bidang pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan WS & Khaeruni AR, 2017. Pengujian Sifat Amilolitik dan Proteolitik dari isolat bakteri asam laktat (BAL) hasil fermentasi air cucian beras merah (*Oryza nivara*) kultivar wakawondu. *Jurnal Sains Dan Teknologi Pangan*, 2(5), 759–769.
- Ambarsari H & Ridlo A, 2018. Isolation and Urease Activity Test of Bacteria for Calcium Carbonate (Calcite) Precipitation (Biocementation) in Soil. *Microbiology Indonesia*, 12(3), 74–82.
- Andesgur I, 2019. Analisa Kebijakan Hukum Lingkungan dalam Pengelolaan Pestisida. *Jurnal Bestuur*, 7, 28.
- Azwin A, Suhesti E, & Ervayenri E, 2022. Analisis Tingkat Kerusakan Serangan Hama Dan Penyakit Dipersemaian BPDASHL Indragiri Rokan Pekanbaru. *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, 17(1), 85–101.
- Choirunnisa H, Sari R, Hastuti U, & Witjoro A, 2018. Identifikasi dan Uji Kemampuan Hidrolisis pada Bakteri Amilolitik dan Proteolitik yang Diisolasi dari Wadi, Makanan Khas Kalimantan Tengah. *Bionature*, 18.
- Firnando F, Suharjo R, Prasetyo, J, Nurdin M, Swibawa IG, & Susilo FX, 2020. Pengaruh beberapa teknik pengendalian terhadap keragaman dan intensitas berbagai jenis penyakit yang muncul pada pertanaman pepaya di Pekon Way Nipah Kecamatan Pematang Sawa. *Jurnal Proteksi Tanaman Tropis*, 1(2), 33.
- Ginting L & Kusdiyantini E, 2020. Isolasi Bakteri Endofit Tanaman Pepaya (*Carica Papaya L.*) Dan Uji Aktivitas Enzim Amilase. In *Berkala Bioteknologi*, 3(2).
- Gopinath SCB, Anbu P, Arshad MKM, Lakshmpriya T, Voon CH, Hashim U & Chinni SV 2017. Biotechnological Processes in Microbial Amylase Production. In *BioMed Research International* (Vol. 2017). Hindawi Limited.
- Lambui O & Jannah M, 2017. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Tanah di Hutan Sekitar Danau Kalimpa'a, Kawasan Taman Nasional Lore Lindu, Sulawesi Tengah. *Online Journal of Natural Science*, 6(1), 73–82.
- Maheshwari D & Annapurna K, 2017. *Endophytes: Crop Productivity and Protection: Volume 2*.
- Marzuki I, Aloei D, Alfian Noor, Nafie, NLa, & Djide MN, 2014. *Isolasi dan Identifikasi Bakteri Shimbion Spons Penghasil Enzim Amilase Asal Pantai Melawai Balikpapan*, 1(2).
- Mubarokhah L, Wijanarka W, & Rukmi IM, 2020. Isolasi dan penapisan bakteri proteolitik endofit tanaman pepaya (*Carica papaya L.*). *NICHE Journal of Tropical Biology*, 3(2), 50275.
- Onilude A, Ayinla G, & Eluehike C, 2017. Properties of Alpha-amylase of *Lactobacillus plantarum* Isolated from Cassava Waste Samples. *Biotechnology Journal International*, 19(1), 1–14.
- Pakpahan R, 2009. Isolasi Bakteri Dan Uji Aktivitas Protease Termofilik Dari Sumber Air Panas Sipoholon Tapanuli Utara Sumatera Utara.
- Prihatini I, Kumala Dewi R, 2021. Kandungan Enzim Papain pada Pepaya (*Carica papaya L*) Terhadap Metabolisme Tubuh. *Jurnal Tadris IPA Indonesia*, 1. 449-458.
- Saribu BD, Lubis Y, & Lubis MM, 2019. Analisis Usahatani Pepaya (Studi Kasus: Kecamatan Secanggang, Kabupaten Langkat, Sumatera Utara). *Jurnal Agriuma*, 1(2), 55–67.
- Sianipar GWS, Sartini S, & Riyanto R, 2020. Isolasi dan Karakteristik Bakteri Endofit pada Akar Pepaya (*Carica papaya L.*). *Jurnal Ilmiah Biologi UMA (JIBIOMA)*, 2(2), 83–92.
- Simarmata P, Tobing MC, & Siregar AZ, 2021. Beberapa Aspek Biologi Kutu Putih (*Paracoccus Marginatus*) (Hemiptera: Pseudococcidae) Pada Tanaman Terung Di Rumah Kaca. *Jurnal Agrotek Tropika*, 9(3), 377.
- Tavea F, Tatsinkou Fossi B, Nchanji T, & Ndjouenkeu R, 2016. Extracellular Highly Thermostable α -Amylase from a Strain of *Lactobacillus fermentum*: Production and Partial Characterization. *Journal of Microbiology Research*, 2016, 47–54.
- Wu F, Liu Z, Shen H, Yu F, Ma J, Hu X, & Zeng L, 2014. Morphological and molecular identification of *Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae) in Yunnan, China. *Florida Entomologist*, 97(4), 1469–1473.

Article History:

Received: 21 Juli 2022

Revised: 28 Oktober 2023

Available online: 6 November 2023

Published: 31 Januari 2024

Authors:

Naeli Irsyadah, Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret , Indonesia, e-mail: naeliirsydh08@student.uns.ac.id

Slamet Santosa, Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret , Indonesia, e-mail: slametsantosa@staff.uns.ac.id

How to cite this article:

Irsyadah N, Santosa S, 2024. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Amilolitik, Proteolitik dari Tanah Perkebunan Pepaya dengan Serangan Hama Kutu Putih (*Paracoccus Marginatus*) di Kebumen. *LenteraBio*; 13(1): 86-92.