



Potensi Bakteri Selulolitik Sebagai Biofertilizer Secara In Vitro dari Limbah Padat Pabrik Kelapa Sawit

Maudy Eliza Rahmah, Universitas Islam Negeri Medan Sumatera Utara, Indonesia

Ulfayani Mayasari, Universitas Islam Negeri Medan Sumatera Utara, Indonesia

Rasyidah, Universitas Islam Negeri Medan Sumatera Utara, Indonesia

*Corresponding author E-mail: maudyeliza02@gmail.com

Abstract

Palm oil plantations are one of the commodities with the highest value in the Indonesian economy, so they can create a lot of waste that is thrown away, such as empty palm oil bunches. One of the bacteria used for biofertilizer is cellulotic bacteria with the potential to break down cellulose. This research aims to determine the potential of cellulotic bacteria as an in vitro biofertilizer in palm oil solid waste and determine the genus of cellulotic bacteria in palm oil solid waste. This research was carried out in June 2023. The research method used laboratory experiments with descriptive qualitative and quantitative data analysis. The isolation results obtained 12 isolates then screening was carried out to obtain 5 potential bacterial isolates, namely isolates TL 2, TL 4, TL 5, TL 6 and TL 8. The highest cellulolytic activity was isolate TL 6 which was 2.04 mm. Apart from TL 6 isolates, TL 2, TL 4, TL 5 and TL 8 isolates also have potential as biofertilizers based on their abilities. The results of the identification of cellulolytic bacteria were 4 genera of bacteria which were declared as the genus of cellulolytic bacteria namely the Genus *Monococcus*, Genus *Lysinibacillus*, Genus *Pseudomonas* and Genus *Bacillus*.

Keywords: *Biofertilizer, Cellulolytic Bacteria, Genus, Oil palm empty fruit bunches*

Abstrak

Perkebunan kelapa sawit adalah salah satu komoditas dengan nilai tertinggi pada perekonomian di Indonesia sehingga dapat menciptakan limbah yang dibuang sangat banyak seperti limbah tandan kosong kelapa sawit. salah satu bakteri yang dimanfaatkan untuk biofertilizer adalah bakteri selulolitik dengan potensi memecah selulosa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi bakteri selulolitik sebagai biofertilizer secara in Vitro pada limbah padat kelapa sawit dan mengetahui genus dari bakteri selulolitik pada limbah padat kelapa sawit. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2023. Metode penelitian menggunakan eksperimen laboratorium dengan analisis data secara deskriptif kualitatif serta kuantitatif. Hasil isolasi didapatkan 12 isolat kemudian dilakukan screening hingga didapatkan 5 isolat Bakteri yang potensial yaitu isolate TL 2, TL 4, TL 5, TL 6 dan TL 8. Aktivitas selulolitik tertinggi adalah isolate TL 6 yaitu sebesar 2,04 mm. Selain isolate TL 6, isolate TL 2, TL 4, TL 5 dan TL 8 juga berpotensi sebagai biofertilizer didasarkan kemampuannya. Hasil dari identifikasi bakteri selulolitik terdapat 4 genus bakteri yang dinyatakan sebagai genus dari bakteri selulolitik yaitu Genus *Monococcus*, Genus *Lysinibacillus*, Genus *Pseudomonas* dan Genus *Bacillus*.

Kata Kunci: *Bakteri Selulolitik, Biofertilizer, Genus, Tandan kosong kelapa sawit*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan penghasil perkebunan kelapa sawit terbesar yang memiliki nilai ekonomi yang penting dalam perekonomian di Indonesia. Dengan luas lahan perkebunan sampai 11,67 juta hektar dan hasil produksi mencapai 33,5 juta ton (Dirjen Perkebunan, 2016). Dengan luasnya perkebunan kelapa sawit serta peningkatan produksi dari kelapa sawit diikuti juga dengan adanya sampah-sampah maupun limbah yang dihasilkan dari perkebunan kelapa sawit salah satunya adalah limbah kelapa sawit seperti tandan kosong (Agustinur & Yusrizal, 2021).

Limbah yang dihasilkan dari industri kelapa sawit berupa limbah cair dan limbah padat. Terdapat beberapa limbah padat yang dihasilkan dari industri produksi kelapa sawit seperti tandan kosong kelapa sawit, cangkang kelapa sawit, serat kelapa sawit, dan bungkil kelapa sawit. Sedangkan untuk limbah cair yang dihasilkan dari produksi kelapa sawit adalah produk samping dari limbah padat kelapa sawit yang disebut sebagai seperti Palm Oil Mills Effluent (POME). Limbah padat kelapa sawit seperti tandan kosong kelapa sawit menghasilkan limbah sebesar 25% dari setiap proses pengolahannya. Limbah ini kurang dimanfaatkan serta belum optimal dalam proses penguraiannya dan membutuhkan waktu sekitar 2-3 bulan.

Terdapat bakteri yang dapat mempercepat waktu penguraian limbah padat kelapa sawit yaitu tanda kosong tersebut dengan menggunakan bakteri selulolitik menurut Nugraha et al., (2014) bahwa bakteri selulolitik ini dapat memecah molekul selulosa menjadi oligosakarida Yang sederhana yaitu glukosa. Fungsi dari glukosa ini adalah menjadi sumber karbon dan nutrisi dalam pertumbuhan bakteri. tandan kosong kelapa sawit ini memiliki potensi selulosa yang tinggi mencapai 45,95%. Pemanfaatan bakteri selulolitik ini sering digunakan pada pertanian yang dijadikan sebagai pupuk hayati

(Agustinur & Yusrizal, 2021).

Bakteri selulolitik Berguna sebagai sumber pupuk hayati karena bakteri tersebut dapat memfiksasi nitrogen serta melarutkan fosfat dan dapat meningkatkan ketersediaan hara esensial bagi tanaman (Nugraha et al., 2014). Bakteri selulolitik yang digunakan sebagai pupuk hayati dari limbah tandan kosong kelapa sawit menghasilkan hasil yang signifikan karena kemampuannya yang efektif dalam memanfaatkan limbah tersebut. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nugraha, *et al.*, (2014) bahwa bakteri selulolitik dapat menjadi agen pupuk hayati yang menunjukkan aktivitas selulolitik tertinggi dengan indeks zona bening sebesar 2,36 pada jam ke-24 dan menunjukkan hasil yang positif terhadap nitrogen yang dilihat dengan perubahan warna pada media.

Berdasarkan permasalahan tersebut, peneliti tertarik untuk meneliti bagaimana potensi dari bakteri selulolitik sebagai biofertilizer secara *in vitro* dari limbah padat pabrik kelapa sawit serta mengetahui apa saja genus dari bakteri selulolitik yang ditemukan di dalam limbah padat pabrik kelapa sawit.

METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Juni 2023 bertempat di laboratorium mikrobiologi FMIPA USU.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini bersifat eksperimental laboratorium secara deskriptif kualitatif serta kuantitatif dengan mengamati karakteristik bakteri selulolitik secara makroskopik serta uji kuantitatif dan potensi bakteri selulolitik.

Prosedur Kerja

1. Pengambilan Sampel

Sampel yang diambil adalah tandan kosong kelapa sawit yang sudah matang dengan berwarna coklat tua yang didapat dari pabrik kelapa sawit. Kemudian didiamkan

kurang lebih 2 minggu untuk memudahkan proses pencacahan dan penguraian. Selanjutnya diambil dengan menggunakan spatula dipindahkan ke dalam botol sampel yang sudah steril lalu dibungkus dan ditempatkan di dalam kotak pendingin.

2. Pembuatan Media

Pembuatan media terdiri dari media NA, media CMC, media SIM dan media TSIA. Media na diambil sebanyak 2,9 gram dilarutkan dalam 100 ml air suling homogenkan. dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditutup dengan kapas serta disterilisasi dengan suhu 121 derajat Celcius selama 45 menit dan dipindahkan ke dalam cawan petri steril (Akhriani, 2021).

Diambil 10 gram media CMC, 1 gr K₂HPO₄, 0,5 gr MgSO₄.7H₂O, 0,5 gr NaCl, 0,01 gr FeSO₄.7H₂O, 0,01 MnSO₄.H₂O, 0,3 gr NH₄NO₃ dan 12 gr agar dalam 100 ml akuades. Kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer homogen kan dan sterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121 derajat Celcius selama 45 menit dan dipindahkan ke dalam cawan petri (Ariffin *et al.*, 2006).

Diambil 3 gram media SIM, Simon sitrat 12 gram, TSIA 6,5 gram, Dimasukkan ke dalam Erlenmeyer dan ditambahkan 100 ml aquades dipanaskan di atas softlens homogenkan dan sterilkan di autoklaf.

3. Isolasi Bakteri

Diambil 10 gram sampel tandan kosong kelapa sawit dan dilarutkan dalam 90 ml larutan NaCl 0,9% kemudian di Vortex dan diencerkan serta di inokulasi dengan metode sebaran pada media CMC dan diinkubasi pada suhu 37 derajat celcius selama 48 jam.

4. Karakterisasi Morfologi Isolat Bakteri Selulotik

Isola bakteri yang sudah dimurnikan selanjutnya diamati secara makroskopis untuk melihat warna bentuk tepi serta koloni bakteri dengan menggunakan metode streak plate (Khairani, 2023)

5. Uji kuantitatif aktivitas selulotik

Uji ini menggunakan satu koloni isolat ke media CMC dengan pewarnaan congrat 1% yang dilakukan dengan selama 15 menit dengan menggunakan pengocok orbital selanjutnya dicuci dengan natrium klorida 0,9% sampai muncul daerah transparan atau yang disebut sebagai zona bening. Selanjutnya dihitung diameter zona bening dengan menggunakan jangka sorong dan dihitung rasio antara diameter zona bening dengan diameter pertumbuhan koloni bakteri dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Hidayatulloh *et al.*, 2022).

$$(IS) = \frac{\text{Diameter zona bening} - \text{diameter koloni}}{\text{Diameter koloni}}$$

6. Uji potensi bakteri selulotik sebagai biofertiliter

Uji potensi ini terdiri dari uji kemampuan fiksasi nitrogen, uji kemampuan fiksasi kalium uji kemampuan fiksasi fosfat. Uji kemampuan fiksasi nitrogen menggunakan media mineral bebas nitrogen dengan BTB dan 0,7% glukosa, terjadi perubahan warna media dari biru ke kuning yang menandakan isolator untuk fiksasi nitrogen selanjutnya dilakukan analisis spektrofotometer dengan panjang gelombang 420 nm (Asrul *et al.*, 2021). Uji kemampuan fiksasi kalium dengan dimasukkan 10 mm media NB lalu inkubasi selama 24 jam. pengukuran zona bening menggunakan rasio dengan perbandingan diameter zona bening dan diameter koloni pada suhu lingkungan (Safitri *et al.*, 2018). Uji kemampuan fiksasi fosfat dengan menggunakan media pikovskaya dan diinkubasi pada suhu 30 derajat Celcius selama 8 jam serta diukur indeks zona bening dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Indeks Zona Bening} = \frac{\text{Diameter Zona Keseluruhan}}{\text{Diameter koloni}}$$

7. Uji Biokimia

Uji biokimia untuk mengidentifikasi isolator yang telah diperoleh diantaranya adalah uji katalase, uji metil red, uji motilitas, uji Indol dan uji triple sugar Iron agar.

8. Identifikasi Genus Bakteri

Temuan-temuan bakteri yang diamati dari ciri-ciri morfologi fisiologi serta biokimia kemudian di determinasi dengan buku.

Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif dengan mengamati karakteristik morfologi isolat bakteri pengukuran diameter zona bening serta penilaian potensi bakteri sebagai pupuk hayati hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel dan gambar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi Bakteri Penghasil Enzim Selulase

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dengan pengamatan selama masa inkubasi dua kali 24 jam terdapat 12 isolator bakteri pada media CMC yang diduga bakteri tersebut dapat mendegradasi selulosa yang bersumber dari salah satu pabrik kelapa sawit di kecamatan Galang Kabupaten Deli Serdang Sumatera Utara.



Gambar 1 Hasil bakteri yang tumbuh pada media CMC pengenceran 10⁻⁴

Karakterisasi isolat bakteri

Berdasarkan tabel 1 pengamatan morfologi isolat bakteri terdapat berbagai macam bentuk dari isolat karakterisasi morfologi koloni bakteri. Menurut Ochman *et al.*, (2005) Bahwa sifat fenotip dari bakteri Berubah-ubah sepanjang waktu karena bakteri yang sama dapat menampilkan bentuk morfologi yang bermacam-macam.

Tabel 1.Karakterisasi Morfologi Koloni Bakteri

Kode	Bentuk	Margin	Elevasi	Warna
TL 1	Irregular	Curled	Flat	Putih
TL 2	Circular	Entire	Flat	Putih
TL 3	Irregular	Undulate	Flat	Putih
TL 4	Irregular	Curled	Flat	Putih
TL 5	Irregular	Lobate	Flat	Putih
TL 6	Irregular	Undulate	Flat	Putih
TL 7	Irregular	Undulate	Flat	Putih
TL 8	Irregular	Lobate	Flat	Putih
TL 9	Irregular	Undulate	Flat	Putih
TL 10	Irregular	Lobate	Flat	Putih
TL 11	Irregular	Undulate	Convex	Putih
TL 12	Circular	Entire	Convex	Putih

Kemampuan aktivitas selulolitik

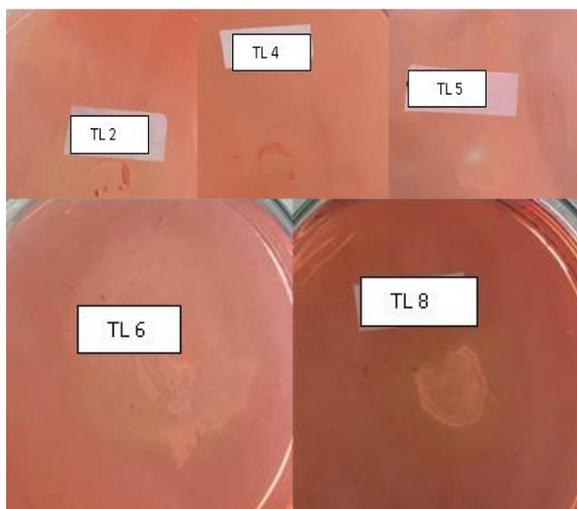
Kemampuan aktivitas selulolitik dapat dilihat dari bagaimana zona bening dihasilkan

serta membandingkan antara diameter zona bening dengan diameter koloni bakteri (Nababan, 2019).

Tabel 2. Hasil pengujian dan pengukuran zona bening bakteri selulolitik sampel tandan kosong kelapa sawit secara kuantitatif

Isolat	Diameter Zona Bening (mm)	Diameter Koloni (mm)	Indeks Selulolitik mm)
TL 1	14,9	9,7	0,53
TL 2	27,9	12,5	1,17
TL 3	19,3	10,7	0,80
TL 4	20,0	7,7	1,6
TL 5	13,3	6,0	1,21
TL 6	45,01	14,8	2,04
TL 7	15,0	7,4	1,02
TL 8	39,7	15,1	1,63
TL 9	18,2	9,7	0,87
TL 10	36,8	22,2	0,65
TL 11	17,8	9,5	0,87
TL 12	38,4	24,9	0,54

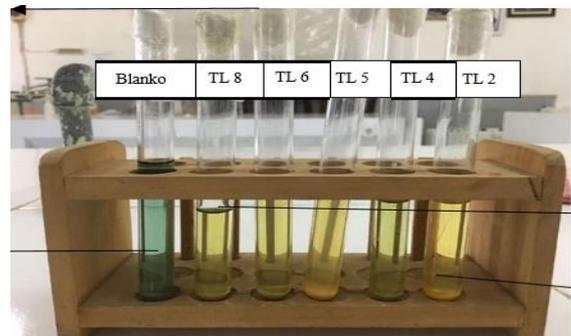
Indeks selulolitik (IS) dapat dikategorikan apabila nilai IS lebih kurang satu kategori rendah apabila nilai IS antara 1 sampai 2 kategori sedang dan nilai IS lebih dari 2 kategori tinggi (Choi, 2005). Semakin besar nilai IS maka enzim yang dihasilkan oleh bakteri semakin banyak. Dapat dilihat pada tabel 2 bahwa nilai IS dalam kategori tinggi terdapat pada isolat TL 6 yang dapat mendegradasi selulosa, sedangkan isolat TL 2,4,5 dan 8 memiliki kategori IS sedang. Isolat TL 6 memiliki indeks selulolitik terbesar yaitu 2,04.



Gambar 2. Hasil pewarnaan dengan congo red isolate bakteri selulolitik

Uji Kemampuan Fiksasi Nitrogen

Berdasarkan gambar 2 Dapat ditemukan bahwa semua sampel menunjukkan fiksasi nitrogen yang dicirikan terdapat transisi warna dari biru ke hijau kekuningan Hal tersebut dikarenakan adanya proliferasi bakteri pengikat nitrogen.



Gambar 3 Hasil positif uji kemampuan fiksasi nitrogen

Menurut Widayati (1998) Bahwa warna yang berubah pada media Yang mengandung bakteri penambat nitrogen akan terbentuk pelikel. Pelikel merupakan cincin yang berbentuk dan

berwarna putih jernih yang ditemukan di permukaan bakteri penambah nitrogen. Salah satu enzim yang berperan penting dalam proses fiksasi nitrogen adalah enzim nitrogenase. Enzim ini dapat mengurangi unsur nitrogen sehingga digunakan sebagai mengukur potensi bakteri yang dapat mereduksi unsur nitrogen yang ditandai dengan berubah dari warna biru menjadi hijau kekuningan pada pH yang tinggi dan perubahan warna ini terjadi karena adanya zat indikator (Harran & Ansori, 1992).

Uji Kemampuan Pelarut Kalium

Berdasarkan tabel 3 dapat dilihat bahwa kelima isolat menghasilkan zona bening dengan ukuran yang berbeda-beda pada media alexandrof. Keberhasilan Penggunaan pupuk hayati harus dilihat Bagaimana kualitas pupuk

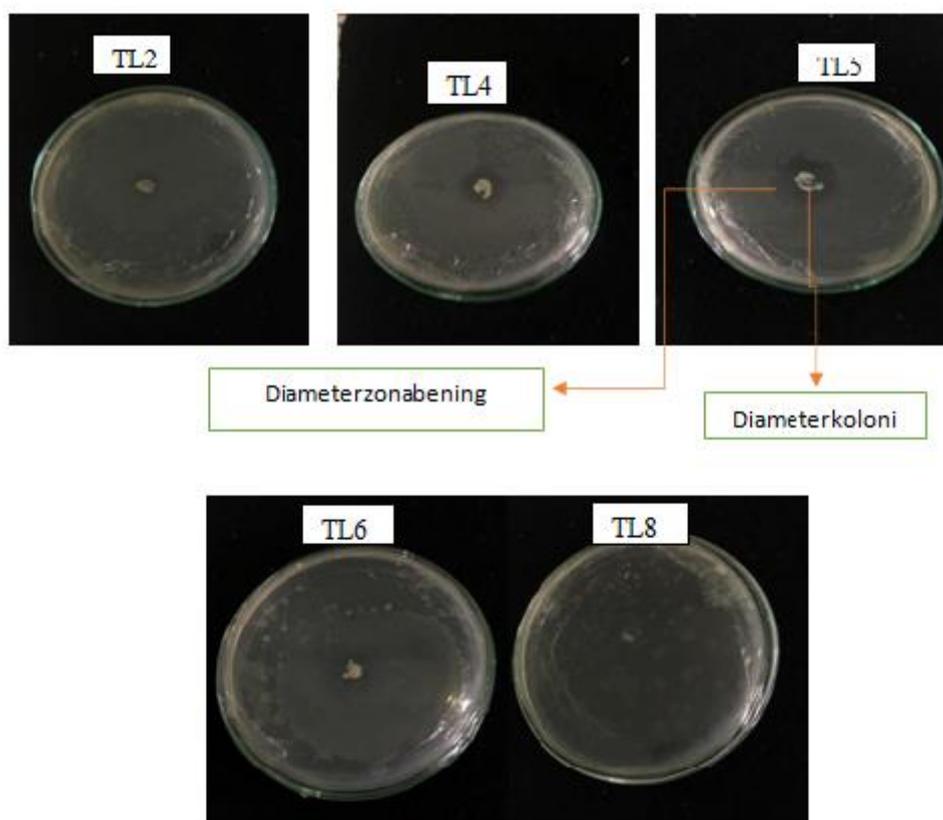
tersebut dapat melarutkan kalium yang sudah diatur oleh Menteri Pertanian Nomor 70 Tahun 2011. Bakteri ini dapat dicampur dengan bakteri lain yang memiliki potensi untuk meningkatkan nutrisi tanah seperti melarutkan kalium menghasilkan hormon auksin serta menambah nitrat (Alam, 2020).

Tabel 2 Hasil zona bening uji kemampuan pelarut kalium pada media Alexandrove padat

Isolat	Zona Bening (mm)
TL 2	9,4
TL 4	9,2
TL 5	9,8
TL 6	9,7
TL 8	10,0

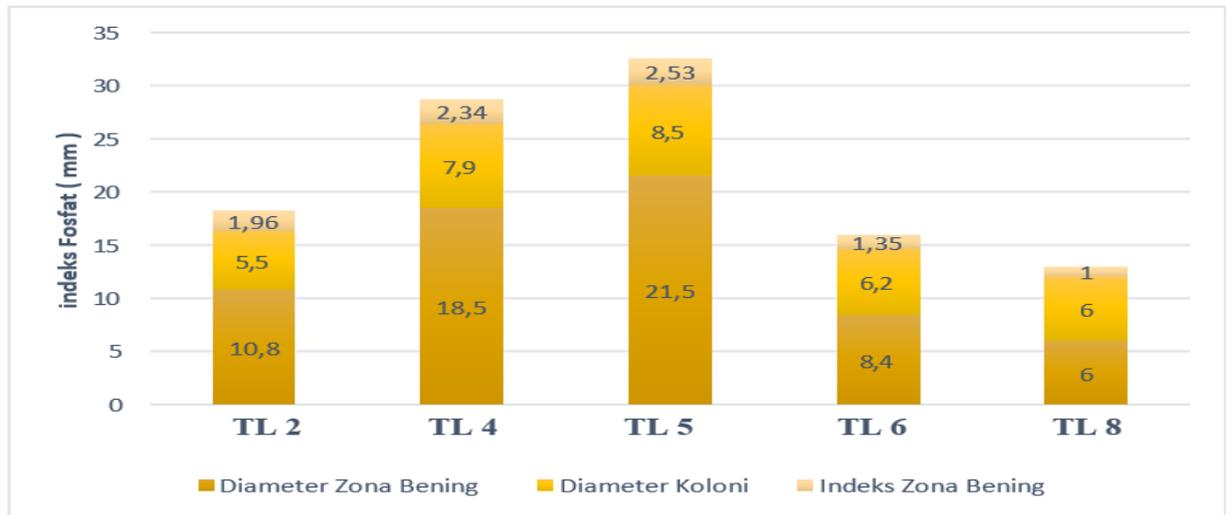
Uji Kemampuan Pelarut Fosfat

Berdasarkan gambar 3. Uji dilakukan dengan kelima isolat bakteri selama inkubasi 48 jam.



Menunjukkan terdapat zona bening dengan koloni ke-5 isolat berbeda-beda dan ukuran yang unik. Hal tersebut terjadi karena teknik total, Serta keahlian seseorang untuk menumbuhkan isolat bakteri akan berdampak

pada hasil zona bening yang terbentuk. Isolat bakteri yang tumbuh pada media pikovskaya Memiliki potensi untuk melarutkan fosfat yang yang ditandai dengan terbentuknya zona bening (Purwaningsih, 2003).



Gambar 5 Hasil analisis indeks zona bening yang dihasilkan oleh seluruh isolat

Indeks zona bening dari kelima isolat menghasilkan indeks zona bening isolator adalah isolat TL 5 Sebesar 2,53 dan indeks zona bening terkecil dengan isolat TL 8 sebesar 1,0. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan isolat Bakteri tl5 memiliki tingkat aktivitas yang tertinggi, zona bening yang terbentuk di isolator 5 mengindikasikan bahwa bakteri tersebut dapat dengan baik menguraikan komponen fosfor. Selain itu zona bening yang terjadi pada media padat tidak dapat menghasilkan Berapa jumlah fosfor yang terlarut yang dihasilkan dari masing-masing bakteri sehingga diperlukan untuk pengujian tambahan. Bakteri pelarut fosfat dapat mengubah unsur fosfor menjadi H_2PO_4 yang

TL6	Monobasil	-
TL 8	Streptobasil	+

Berdasarkan hasil Pewarnaan Gram pada kelima isolat bakteri terdapat berbagai bentuk bakteri Basil dan kokus. bakteri dengan bentuk kokus memiliki bentuk yang bulat diumpamakan sebagai bola-bola kecil yang saling berikatan dan membentuk koloni sedangkan bakteri yang berbentuk basil adalah seperti berbentuk batang dengan ciri balok-

akan diserap oleh tanaman dalam bentuk fosfat terlarut (Nugraha, 2014).

Identifikasi Bakteri Selulolitik Sebagai Biofertilizer

Identifikasi bakteri selulolitik dengan menggunakan metode Pewarnaan Gram serta analisis biokimia

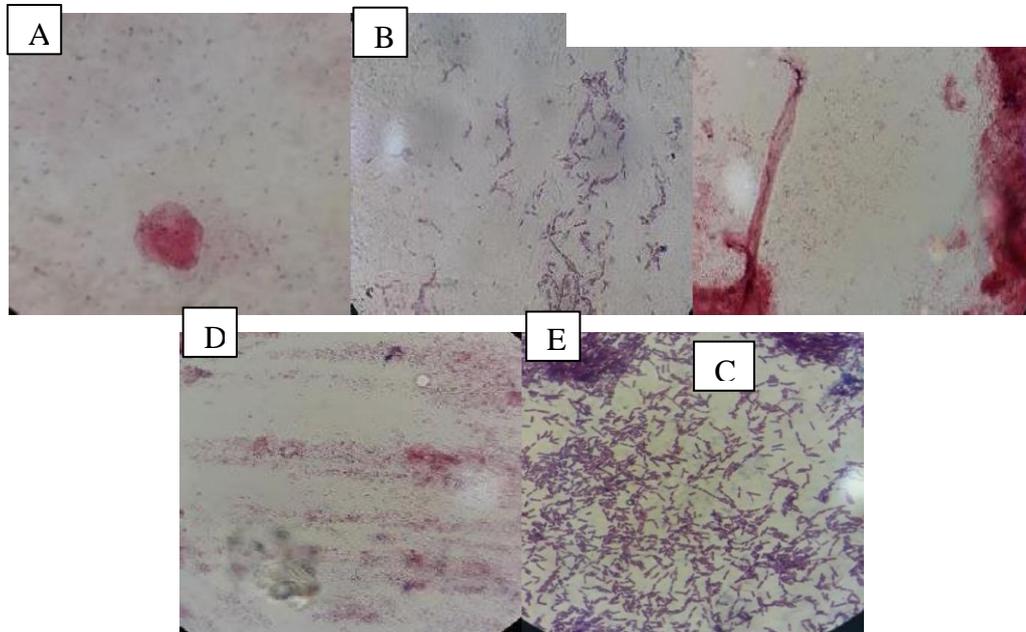
Tabel 3. Hasil uji pewarnaan garam isolat bakteri selulolitik

Kode Isolat	Penataan	Gram
TL2	Monococcus	+
TL4	Streptobasil	+
TL5	Monobasil	+

balok kecil yang saling bertaut untuk membentuk koloni, dari hasil Pewarnaan Gram bakteri yang berwarna ungu merupakan bakteri gram positif sedangkan bakteri yang berwarna merah merupakan bakteri gram negatif (Pratiwi, 2008). Dapat Pada gambar 4 bahwa bakteri gram positif terdapat pada isolat bakteri TL 2 4,5 dan 8, Sedangkan bakteri gram negatif terdapat pada isolator bakteri TL 6. Koloni bakteri gram positif setelah ditambahkan larutan alkohol tetap menunjukkan koloni tersebut berwarna ungu

karena Kompleks zat warna kristal violet iodin dapat terus ada. Sedangkan bakteri gram negatif ketika ditambahkan larutan alkohol akan menyebabkan kompleks larutan tersebut serta pigmen yang bertanggung jawab dalam

membentuk warna tersebut adalah safranin (Lay, 1994). Mayoritas bakteri selulolitik memiliki bentuk fokus dan baksil serta berstruktur dinding sel adalah gram positif dan gram negatif (Hapsah, 2016).



Gambar 6. Hasil Pewarnaan gram isolat bakteri selulolitik
 (A) TL 2 : Gram positif (B) TL 4 : Gram Positif (C) TL 5 : Gram positif
 (D) TL 6: Gram Negatif (E) TL 8 : Gram positif

Tabel 4. Hasil Uji Biokimia Isolat Bakteri Selulolitik

Isolat	Katalase	TSIAgar	MR	Motilitas	Indol	Genus Bakteri
TL2	+	A/Agas(-)H ₂ S(-)	-	+	-	<i>Micrococcus</i>
TL4	+	K/Kgas(+)H ₂ S(-)	+	+	-	<i>Lysinibacillus</i>
TL5	+	K/Kgas(+)H ₂ S(-)	+	+	-	<i>Lysinibacillus</i>
TL6	+	A/Kgas(+)H ₂ S(-)	+	+	+	<i>Pseudomonas</i>
TL8	+	K/Kgas(+)H₂S(-)	-	+	+	<i>Bacillus</i>

Berdasarkan tabel 4 hasil uji biokimia yang dilakukan ditemukan 4 genera yang berbeda pada setiap sampel tandan kosong kelapa sawit. Isolat TL 2 termasuk dalam genus *Micrococcus*. Anggota genus *micrococcus* adalah bakteri gram positif dengan bentuk kokus, tidak memiliki spora dan bakteri dapat melakukan fermentasi 3 gula sebagai sumber karbon, biasanya ditemukan di zona perakaran tanaman dan memiliki potensi untuk meningkatkan jumlah fosfat yang ada di dalam tanah. Isolat TL 4 dan TL 5 termasuk genus *Lysinibacillus*. Genus bakteri tersebut

memiliki ciri-ciri dengan bakteri gram positif dan berbentuk sel basil. Dari hasil uji biokimia bakteri genus tersebut tidak menghasilkan fermentasi glukosa serta pembentukan gas, pertumbuhan yang motil dan menyebar, Memiliki kemampuan dalam memfermentasi karbohidrat dan menghasilkan asam campuran serta dapat memfermentasi glukosa, sukrosa dan laktosa. Isolat bakteri TL 6 termasuk ke dalam genus *Pseudomonas*. Bakteri dari genus ini memiliki ciri berwarna putih bentuknya tidak beraturan, memiliki tepi berlobus serta permukaannya rata dengan bakteri gram

negatif yang berbentuk batang (Feltham, 1993; Holt et al., 1994). Dari hasil uji biokimia bakteri genus *Pseudomonas* Dapat memfermentasi karbohidrat tetapi tidak menghasilkan H₂S dan gas, bersifat motil, katalase positif dan Indol positif serta bakteri ini dapat bertumbuh subur tanpa oksigen. Menurut Willey (2008) Bakteri ini dapat ditemukan di air tanah tanaman maupun air limbah. Isolat bakteri t18 diklasifikasikan sebagai bakteri gram positif yang berbentuk batang dengan genus *Bacillus*. Dari hasil uji biokimia bakteri genus ini dapat memfermentasi glukosa dan tidak ada pembentukan h₂s serta produksi gas. Bakteri dari genus ini bersifat motil serta dapat diidentifikasi pertumbuhannya yang menyebar berwarna putih seperti akar dan mengandung katalase. Bakteri dari genus *Bacillus* dapat ditemukan di tanah air maupun lautan yang menghasilkan enzim ekstraseluler dengan sifat katalase positif dan menghidrolisis protein polisakarida kompleks (Pelczar et al., 1986).

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa hasil isolasi ke 5 isolat bakteri selulolitik menunjukkan semuanya lulus uji prospektif untuk bertindak sebagai agen biofertilizer dengan masing-masing genus *Monococcus*, genus *Lysinibacillus*, genus *Pseudomonas*, dan genus *Bacillus*.

Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai agen biofertilizer untuk uji kemampuan IAA dan uji sinergisme serta mengaplikasikan biofertilizer untuk dibuat kedalam pupuk hayati. Genus bakteri yang didapatkan sebaiknya diidentifikasi secara molekuler agar didapatkan hasil yang optimal.

DAFTAR RUJUKAN

- Agustinur & Yusrizal. (2021). Isolasi Bakteri Selulolitik Indigenous Pendegradasi Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Metamorfosa*, 8(1): 150-155
- Akhriani, V. (2021). Isolasi Dan Uji Aktivitas Biologi Bakteri Yang Terdapat Pada Tandan Kosong Kelapa Sawit. [Skripsi] Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan
- Alam, H.E.Y., & Enny, Z. (2020). Studi Literatur Potensi Bakteri Endogenik Lahan Gambut Sebagai Biofertilizer untuk Memperbaiki Nutrisi Lahan. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 9(2):
- Arifin, Z., (2019). Isolasi Bakteri Selulolitik Pendegradasi Selulosa Dari Kompos. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 7(1): 30- 37
- Asrul., Aryantha, I. P. (2021). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Penambat Nitrogen Untuk Pembuatan Biofertilizer. *Jurnal Viabel Pertanian*, 15(1):
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2016). *Statistik Perkebunan Indonesia*. Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan. Direktorat Jenderal Kementerian Pertanian
- Feltham. (1993). *Cowan and steel manual for the identification of medical Bacteria*. New York: Cambridge University Press.
- Hapsoh, Wawan, Isna, R. D. & Dwiora. (2016). Isolasi Bakteri Selulolitik Pendegradasi Limbah Jerami Padi di Lahan Gambut. *Prosiding Seminar Nasional BKS PTN Wilayah Barat Bidang Ilmu Pertanian*.
- Harran, S. & N. Ansori. (1992). *Bioteknologi Pertanian*. Bogor. Pusat Antar Universitas Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hidayatulloh, A., Yahdiyani, N. & Nurhayati, L.S. (2022). Isolasi dan seleksi Bakteri Kandidat Selulolitik Dari Proses Pembuatan Pupuk Organik Pada Pengolahan Limbah Peternakan. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 3(2):65-72.
- Khairani, M. (2023). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Lipolitik dari Limbah Cair Kelapa Sawit (*Elaeis quineensis* Jacq.) Bioedusains : *Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, 6(1):
- Lay, B. W. (1994). *Analisis Mikroba di Laboratorium*. Jakarta: PT. Gradindo Persada
- Nababan, M., Ida, B. G. W. G., I Made, M. M. W. (2019). Produksi Enzim Selulase Kasar dari Bakteri Selulolitik. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 7(2): 190-199.
- Nugraha, R., Ardyati, T., dan Suharjo. (2014). Eksplorasi Bakteri Selulolitik yang Berpotensi Sebagai Agen

- Biofertilizer dari Tanah Perkebunan Apel Kota Batu, Jawa Timur. *Jurnal Biotropika*, 2(3):
- Ochman, Natawijaya. (2005). *Aktivitas Belajar Mikrobiologi*. Jakarta: Depdiknas.
- Pelczar, M.J., & Chan, E.C.S. (1986). *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Jakarta: UI.
- Purwaningsih, S. (2003). Isolasi, Populasi, dan karakteristik bakteri pelarut fosfat pada tanah dari Taman Nasional Bogani Nani Wartabone. Sulawesi Utara. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 13(1): 101-108
- Safitri, R. N., Shovitro, M., & Hidayat, A. (2018). Potensi Bakteri Koleksi sebagai Biofertilizer. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 7(2):
- Widayati, W, E. (1998). Aktivitas Nitrogenase dan Produksi Fitahormon dari Bakteri Penambat N₂ Udara Hasil Isolasi Rizosfer dan Nira Tebu. *Jurnal Buletin Pagi P3GI*, 148(2): 34-33
- Willey. (2008). *Microbiology, Seventh Edition*. United States: John & Son, Inc.