



POTENSI ISOLAT BAKTERI SELULOLITIK TOLERAN PANAS ASAL TANAH, SAMPAH DAPUR, DAN KOTORAN SAPI DALAM BIODEGRADASI SERASAH DAUN

THE POTENTIAL OF THERMOTOLERANT CELLULOLYTIC BACTERIA ISOLATED FROM SOIL, KITCHEN WASTE, AND COW DUNG IN LEAF LITTER BIODEGRADATION

Taruna Dwi Satwika*, Hendro Pramono, Dwiana Muflihah Yulianti

Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Jl. Dr. Suparno 63, Purwokerto, Banyumas 53122, Jawa Tengah

**Corresponding author: tarunadwisatwika@unsoed.ac.id*

Naskah Diterima: 11 April 2022; Direvisi: 25 September 2022; Disetujui: 3 Desember 2022

Abstrak

Bakteri selulolitik memainkan peranan penting dalam biodegradasi komponen selulosa pada sampah organik. Namun, proses pengomposan umumnya melewati fase termofilik (suhu mencapai 55 °C), sehingga tidak semua bakteri dapat bertahan. Sebanyak delapan isolat bakteri selulolitik telah berhasil diisolasi dari tanah, sampah dapur, dan kotoran sapi. Namun, isolat-isolat tersebut belum diketahui aktivitas selulolitiknya pada suhu tinggi dan kemampuannya dalam mendegradasi biomassa serasah daun. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui aktivitas selulolitik isolat bakteri pada suhu tinggi secara kualitatif, mengetahui aktivitas selulolitik isolat bakteri secara kuantitatif, dan mengetahui kemampuan isolat bakteri selulolitik dalam mendegradasi biomassa serasah daun. Penelitian dilakukan dengan tahapan peremajaan isolat, skrining kualitatif aktivitas selulolitik isolat pada suhu ruangan, 45 °C dan 55 °C, skrining kuantitatif aktivitas selulolitik isolat, dan uji degradasi biomassa serasah daun. Sebanyak 6 dari 8 isolat bakteri menunjukkan aktivitas selulolitik pada medium *Carboxy Methyl Celulose* (CMC) Agar pada suhu 55 °C. Berdasarkan uji aktivitas enzim secara kuantitatif, 3 isolat (KS1, KS4, dan SD5) dengan aktivitas enzim tertinggi terpilih untuk pengujian degradasi serasah daun dan menunjukkan rata-rata aktivitas enzim secara berurutan 0,0074 UI/mL; 0,0080 UI/mL; 0,0159 UI/mL. Ketiga isolat mampu mempercepat proses degradasi serasah daun dan berpotensi sebagai agen pengomposan.

Kata Kunci: Bakteri selulolitik; Biodegradasi; Pengomposan; Sampah organik

Abstract

*However, the composting process generally passes through a thermophilic phase (55 °C), so that not all bacteria can survive. A total of 8 isolates of cellulolytic bacteria isolated from soil, kitchen waste, and cow dung have not yet known their cellulolytic activity at high temperatures and their ability to degrade leaf litter biomass. This study aimed to determine the cellulolytic activity of bacterial isolates at high temperatures qualitatively, to determine the cellulolytic activity of bacterial isolates quantitatively, and to determine the ability of these isolates to degrade leaf litter biomass. The research was carried out by reculture isolates; qualitative screening of isolate cellulolytic activity at room temperature, 45 °C and 55 °C; quantitative screening of isolate cellulolytic activity; and leaf litter biomass degradation test. Six of eight bacterial isolates showed cellulolytic activity on *Carboxy Methyl Celulose* (CMC) Agar medium at 55 °C. Three isolates (KS1, KS4, and SD5) with the highest enzyme activity were selected for the leaf litter degradation test and showed an average enzyme activity of 0.0074 UI/mL; 0.0080 UI/mL; 0.0159 UI/mL, respectively. The three isolates were able to accelerate the degradation process of leaf litter and have potential as composting agents.*

Keywords: Biodegradation; Cellulolytic bacteria; Composting; Organic waste

Permalink/DOI: <http://dx.doi.org/10.15408/kauniyah.v16i2.25616>

PENDAHULUAN

Pertambahan populasi penduduk menyebabkan produksi sampah organik terus meningkat dan mengakibatkan penumpukan. Sampah rumah tangga yang menumpuk akan mengalami pembusukkan, menimbulkan bau menyengat dan dapat mencemari tanah dan air. Pengomposan merupakan salah satu upaya untuk mendaur ulang sampah organik menjadi bahan yang lebih bermanfaat. Pengomposan bisa berlangsung secara alami maupun dengan bantuan manusia (Wibisono et al., 2016). Sampah organik dapat terdegradasi secara alamiah karena adanya mikroorganisme pendegradasi komponen sampah organik. Sampah organik yang berasal dari tumbuhan, seperti serasah daun, sayuran sisa makanan, atau sisa hasil pertanian, umumnya mengandung lignin, hemiselulosa, dan selulosa (Woo et al., 2014). Selulosa adalah komponen terbesar pada tanaman. Selulosa merupakan unit berulang dari ikatan 1,4 D-glukosa dan membentuk rantai linier yang disatukan dengan ikatan hidrogen untuk menciptakan struktur kristal dan daerah amorf yang memberikan kekakuan pada dinding sel (Rytioja et al., 2014). Mikroorganisme selulolitik berperan penting dalam mendegradasi komponen selulosa pada sampah organik. Namun, pengomposan secara alamiah berlangsung dalam kurun waktu yang lama.

Upaya mempercepat dekomposisi sampah organik bisa dilakukan dengan aplikasi bakteri selulolitik. Bakteri selulolitik telah terbukti memiliki kemampuan untuk mendegradasi komponen-komponen penyusun sampah organik dan mempercepat dekomposisi. Akhtar et al. (2013) melaporkan bahwa pemberian bakteri selulolitik *Bacillus* sp. AS3 mampu menurunkan rasio C/N, residu selulosa, dan total karbon pada sampah dedaunan lebih cepat dibandingkan dengan kontrol setelah 90 hari dekomposisi. Bakteri yang memiliki laju pertumbuhan tinggi memiliki potensi yang baik sebagai kandidat agen pengomposan. Penelitian lain juga telah melaporkan potensi bakteri selulolitik dalam mendegradasi jerami *barley* (Maki et al., 2012). Bakteri selulolitik *culturable* telah diisolasi dari berbagai sumber seperti tanah gambut, tanah hutan tropis, tanah sekitar tempat pembuangan sampah, sampah perkotaan, tumpukan kompos, bahan tanaman yang membusuk, kotoran ruminansia, usus serangga, benih padi pemakan kayu, dan mata air panas (Jabir & Jabir, 2016; Maki et al., 2012; Rashid et al., 2017; Rojas-Jiménez & Hernández, 2015; Xiong et al., 2014). Bakteri pendegradasi sampah organik yang telah dilaporkan berasal dari genus *Bacillus*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas*, *Escherichia*, *Burkholderia*, *Microbacterium*, *Enterobacter*, *Acinetobacter*, *Agrobacterium*, *Clostridium*, *Streptomyces*, *Nocardia*, dan *Serratia* (Akhtar et al., 2013; Jabir & Jabir, 2016; Krishna & Mohan, 2017; Maki et al., 2012; Rashid et al., 2017; Rojas-Jiménez & Hernández, 2015; Woo et al., 2014).

Sebanyak delapan isolat bakteri selulolitik telah diisolasi dari sampel tanah, serasah daun, sampah dapur, dan kotoran sapi pada penelitian sebelumnya (Satwika et al., 2021). Namun, isolat-isolat tersebut belum diuji aktivitas selulolitiknya pada suhu tinggi. Aktivitas selulolitik pada suhu tinggi merupakan faktor penting dalam pengomposan mengingat temperatur fase termofilik pada proses pengomposan bisa mencapai 45–55 °C. Selain itu, kedelapan isolat bakteri tersebut juga belum diuji aktivitas selulolitiknya secara kuantitatif. Pengujian secara kuantitatif diperlukan untuk mengetahui tingkat aktivitas selulolitik isolat bakteri sehingga dapat terpilih isolat dengan aktivitas selulolitik yang tinggi. Setelah terpilih beberapa isolat dengan aktivitas selulolitik tertinggi, maka diperlukan juga pengujian kemampuan degradasi biomassa serasah daun untuk mengevaluasi kemampuannya dalam proses pengomposan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui aktivitas selulolitik isolat bakteri pada suhu tinggi secara kualitatif, mengetahui aktivitas selulolitik isolat bakteri secara kuantitatif, dan mengetahui kemampuan isolat bakteri selulolitik dalam mendegradasi biomassa serasah daun.

MATERIAL DAN METODE

Peremajaan Isolat

Sebanyak delapan isolat bakteri yang digunakan pada penelitian ini berasal dari tanah, sampah dapur dan kotoran sapi. Seluruh isolat bakteri merupakan koleksi Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman. Sebanyak satu ose isolat dari kultur penyimpanan gliserol diinokulasikan ke dalam 10 mL medium *Nutrient Broth* (NB). Inkubasi dilakukan selama

24–48 jam pada suhu ruang. Isolat yang telah aktif kemudian dibuat stok pada medium *Nutrient Agar* (NA) dengan cara menggoreskan satu ose pada medium NA miring dan diinkubasi selama 24–48 jam pada suhu ruang.

Uji Kualitatif Aktivitas Selulolitik Isolat pada Suhu 45 °C dan 55 °C

Sebanyak 1 ose isolat diinokulasikan secara gores spot pada medium *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) Agar (Islam & Roy, 2019). Inkubasi dilakukan selama 24–48 jam pada suhu 45 °C dan 55 °C. Setelah inkubasi, pewarna indikator *Congo red* 0,1% (w/v) dituang ke dalam medium CMC Agar dan dibiarkan selama 20 menit. Medium CMC kemudian dibilas dengan NaCl 1M 2–3 kali. Aktivitas selulolitik ditandai dengan adanya zona jernih di sekitar koloni. Diameter zona jernih yang terbentuk di sekitar koloni bakteri diukur. Aktivitas selulolitik ditunjukkan dengan nilai indeks selulolitik. Indeks selulolitik ditentukan dengan cara membagi diameter zona jernih dengan diameter koloni.

Uji Kuantitatif Aktivitas Selulolitik Isolat

Pengujian aktivitas selulolitik secara kuantitatif dilakukan dengan pengujian *3,5-dinitrosalicylic acid* (DNS) yang telah dimodifikasi (Miller, 1959). Pengujian diawali dengan membuat kurva standar glukosa. Sebanyak 0,5 ml larutan standar glukosa dengan konsentrasi 50, 100, 150, 200, 250, 500 µg ml⁻¹ dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambah 0,75 ml pereaksi DNS. Larutan standar dimasukkan ke dalam *waterbath* 100 °C selama 20 menit kemudian didiamkan sampai suhu mendekati suhu ruang. Pengukuran absorbansi dilakukan pada panjang gelombang 540 nm.

Aktivitas enzim selulase ditentukan dengan menggunakan pengujian DNS yang telah dimodifikasi dengan mereaksikan 0,5 ml enzim kasar dan 0,5 ml larutan CMC 0,5% dalam *buffer* sodium fosfat 20 mM pH 6,6, kemudian diinkubasi pada suhu 30 °C selama 30 menit. Reaksi dihentikan dengan merendam tabung reaksi berisi sampel dalam *waterbath* 100 °C selama 20 menit. Gula pereduksi yang dibebaskan ditentukan dengan menggunakan pengujian DNS (Miller, 1959). Sampel diukur absorbansinya pada panjang gelombang 540 nm. Nilai absorbansi yang diperoleh dikonversi menjadi konsentrasi gula pereduksi (µg mL⁻¹) menggunakan persamaan yang diperoleh dari kurva standar glukosa. Satu unit (IU) aktivitas selulase merupakan jumlah enzim yang mampu mengkatalisis perubahan 1 µmol substrat per menit (Archana et al., 2015).

Uji Degradasi Biomassa Serasah Daun (Akhtar et al., 2013 dengan modifikasi)

Uji degradasi biomassa serasah daun dilakukan secara eksperimental menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 1 faktor, yaitu jenis isolat bakteri selulolitik. Serasah daun diambil dari halaman belakang Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman. Biomassa serasah daun dicuci untuk menghilangkan kotoran dan tanah yang masih menempel, dan dikeringkan kemudian digiling dengan blender menjadi ukuran 2–3 cm. Sebanyak 300 g biomassa serasah daun yang telah digiling ditempatkan dalam bak plastik dan disimpan di bawah naungan pada suhu kamar. Isolat bakteri dari medium NA diinokulasi dalam 5 mL NB dan ditanam pada suhu ruang dengan agitasi putar 160 rpm selama 24 jam; 1% (vol / vol) dari inokulum selanjutnya dipindahkan ke dalam 100 mL NB dan diinkubasi pada suhu ruang selama 24 jam. Setelah itu, seluruh inokulum bakteri diinokulasi ke 500 g biomassa dan biomassa yang tidak diinokulasi disimpan sebagai kontrol. Kelembapan dipertahankan pada 40–50% di setiap bak dengan metode gravimetri dan pencampuran dilakukan pada interval dari 3–4 hari selama 45 hari. Biomassa dirawat selama 45 hari. Sampel diambil di akhir inkubasi dari masing-masing perlakuan kemudian digiling dan diayak menjadi ukuran 0,5–2 mm, dianalisis untuk total populasi bakteri, total populasi bakteri selulolitik, total karbon organik (Walkley & Black, 1932), dan total nitrogen dengan metode Kjeldahl (Jackson, 1967).

Perhitungan Total Bakteri dan Total Bakteri Selulolitik

Perhitungan total bakteri dan total bakteri selulolitik dilakukan pada serasah daun awal sebelum perlakuan dan setelah perlakuan 45 hari. Sebanyak 5 g biomassa serasah daun diambil dan

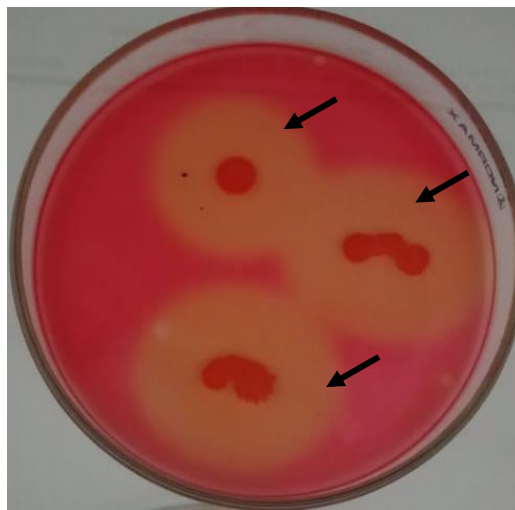
disuspensikan pada akuades steril 45 ml. Pengenceran bertingkat dilakukan hingga 10^{-8} . Suspensi dari pengenceran 10^{-6} – 10^{-8} diinokulasikan pada medium NA secara *spread plate* untuk menghitung total bakteri. Sedangkan suspensi dari 10^{-5} – 10^{-7} diinokulasikan pada medium CMC Agar secara *spread plate* untuk menghitung total bakteri selulolitik. Inkubasi dilakukan selama 48 jam pada suhu ruang. Koloni yang tumbuh pada medium NA dihitung untuk menentukan total bakteri. Pewarna indikator *Congo red* 0,1% (w/v) dituang ke dalam medium CMC Agar dan dibiarkan selama 20 menit. Medium CMC kemudian dibilas dengan NaCl 1 M 2–3 kali. Koloni yang menunjukkan zona jernih dihitung untuk menentukan total bakteri selulolitik. Total bakteri dan total bakteri selulolitik dinyatakan dalam satuan *colony forming unit per ml* (CFU's/g). CFU's/ml ditentukan berdasarkan rumus $CFU's/g = JK \times \frac{1}{FP}$. CFU's/g adalah unit pembentuk koloni dalam 1 g serasah daun, JK adalah jumlah koloni, dan FP adalah faktor pengenceran.

Analisis Data

Data total karbon organik, total nitrogen, dan C/N rasio hasil degradasi serasah daun dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada tingkat kesalahan 5% dan 1%. Jika menunjukkan adanya pengaruh sangat nyata dan nyata, maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ).

HASIL

Sebanyak delapan isolat telah diuji aktivitas selulolitiknya secara kualitatif menggunakan medium CMC Agar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua isolat memperlihatkan aktivitas selulolitik pada suhu ruangan dan suhu 45 °C, namun hanya enam isolat yang tetap memperlihatkan aktivitas selulolitik pada suhu 55 °C. Aktivitas selulolitik secara kualitatif ditunjukkan dengan zona jernih di sekitar koloni (Gambar 1). Aktivitas tertinggi ditunjukkan oleh isolat bakteri SD5 (Gambar 2). Enam isolat yang tetap menunjukkan aktivitas selulolitik pada suhu 55 °C terpilih untuk diuji lebih lanjut pada pengujian aktivitas selulolitik secara kuantitatif.

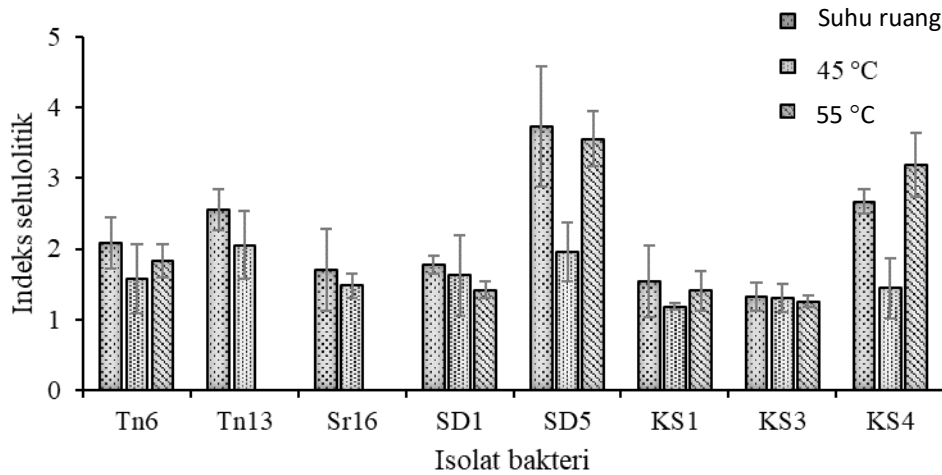


Gambar 1. Aktivitas selulolitik isolat bakteri secara kualitatif menggunakan medium *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) Agar. Zona jernih ditunjukkan dengan anak panah

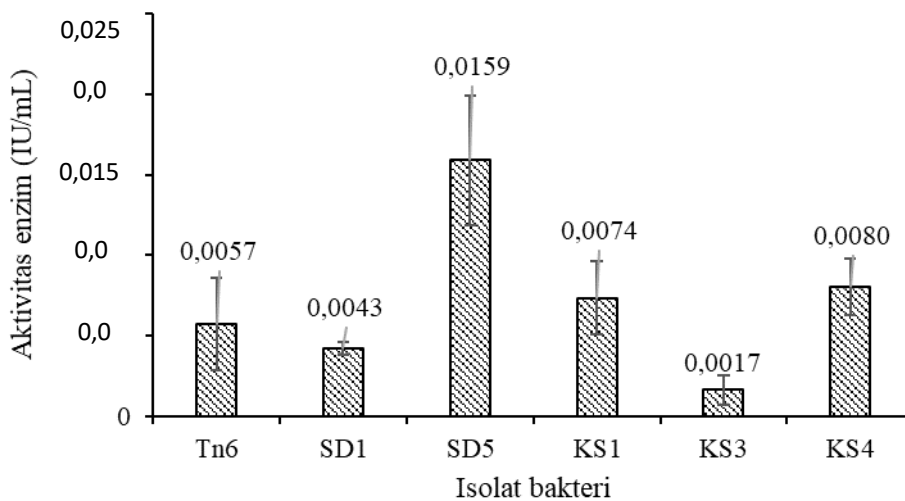
Hasil pengujian secara kuantitatif menggunakan metode DNS menunjukkan bahwa 6 isolat yang diuji menunjukkan aktivitas enzim yang berkisar dari 0,0017–0,0159 UI/mL (Gambar 3). Aktivitas enzim tertinggi ditunjukkan oleh isolat SD5. Tiga isolat bakteri (KS1, KS4, SD5) dengan aktivitas enzim tertinggi terpilih untuk pengujian degradasi serasah daun dan menunjukkan rata-rata aktivitas enzim secara berurutan 0,0074 UI/mL; 0,0080 UI/mL; 0,0159 UI/mL.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan pemberian ketiga isolat memberikan respon sangat berbeda pada parameter total karbon, total nitrogen, dan C/N rasio (Tabel 1). Penurunan total karbon organik ditunjukkan oleh serasah daun yang diberi perlakuan penambahan isolat bakteri selulolitik setelah 45 hari inkubasi, sedangkan perlakuan kontrol tidak terjadi penurunan. Berbeda dengan parameter total karbon, kenaikan total nitrogen terjadi pada seluruh perlakuan (serasah

dengan maupun tanpa penambahan isolat bakteri selulolitik). Penurunan C/N rasio pada serasah daun yang diberi perlakuan isolat bakteri selulolitik lebih besar dibandingkan dengan kontrol. Penurunan C/N rasio dan total karbon organik terbesar ditunjukkan oleh isolat SD5. Sedangkan, kenaikan total nitrogen tertinggi ditunjukkan oleh isolat KS1.



Gambar 2. Indeks selulolitik isolat bakteri secara kualitatif pada berbagai suhu menggunakan medium *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) Agar



Gambar 3. Aktivitas selulolitik isolat secara kuantitatif menggunakan metode *3,5-dinitrosalicylic acid* (DNS)

Tabel 1. Total karbon, nitrogen, dan C/N rasio serasah daun setelah perlakuan 45 hari

No.	Perlakuan	Karbon organik (%)	Total nitrogen (%)	C/N rasio
1.	Kontrol	25,99 ± 0,49b	1,08 ± 0,01b	24,14 ± 0,23c
2.	KS1	17,25 ± 0,32a	1,18 ± 0,02c	14,58 ± 0,52a
3.	KS4	17,57 ± 0,32a	1,02 ± 0,02a	17,28 ± 0,34b
4.	SD5	15,02 ± 0,32a	1,11 ± 0,02b	13,49 ± 0,33a

Keterangan: Total karbon organik, nitrogen, dan C/N rasio awal sebelum pengujian secara berurutan sebesar 25,66 ± 0,66; 0,9 ± 0,03; dan 28,51 ± 0,16. Taraf kepercayaan 99%

Populasi total bakteri dan bakteri selulolitik dihitung pada sebelum dan setelah inkubasi 45 hari (Tabel 2). Respon yang berbeda ditunjukkan pada tahapan ini. Hasil perhitungan total bakteri pada serasah daun antar perlakuan menunjukkan tidak adanya peningkatan antara sebelum dan setelah 45 hari inkubasi. Sedangkan perhitungan total bakteri selulolitik menunjukkan peningkatan sekitar 10 kali lipat setelah inkubasi 45 hari.

Tabel 2. Total bakteri dan total bakteri selulolitik setelah perlakuan 45 hari

Perlakuan	Total bakteri (CFU/g)	Total bakteri selulolitik (CFU/g)
Kontrol	$1,10 \times 10^8$	$2,00 \times 10^7$
KS1	$1,19 \times 10^8$	$1,98 \times 10^7$
KS4	$1,97 \times 10^8$	$1,67 \times 10^7$
SD5	$2,77 \times 10^8$	$1,60 \times 10^7$

Keterangan: Total bakteri dan total bakteri selulolitik awal sebelum pengujian secara berurutan sebesar $1,18 \times 10^8$ CFU/g dan $1,97 \times 10^6$ CFU/g

PEMBAHASAN

Sebanyak delapan isolat bakteri telah melalui serangkaian proses skrining aktivitas selulolitik pada penelitian ini. Skrining meliputi uji aktivitas selulolitik secara kualitatif dan kuantitatif. Pengujian aktivitas selulolitik secara kualitatif dilakukan menggunakan medium CMC Agar. Sebanyak 6 isolat bakteri menunjukkan aktivitas selulolitik secara kualitatif bahkan pada suhu 55 °C. Keenam isolat tersebut berasal dari tanah (isolat Tn6), sampah dapur (SD1 dan SD5), dan kotoran sapi (KS1, KS3, dan KS4) (Satwika et al., 2021). Bakteri selulolitik yang tahan panas bisa diperoleh dari berbagai sumber. Abdel-rahman (2016) berhasil mengisolasi bakteri selulolitik toleran panas dari tanah, kotoran sapi, kotoran burung, dan air. Sedangkan, Khelil dan Cheba (2014) berhasil mengisolasi bakteri selulolitik tanah panas dari mata air panas, air laut, air tawar, tanah, sayuran yang terfermentasi, dan jerami.

Keenam isolat bakteri yang menunjukkan aktivitas selulolitik pada suhu 55 °C diseleksi lebih lanjut untuk menguji aktivitas selulolitiknya secara kuantitatif menggunakan reagen 3,5-*dinitrosalicylic acid* (DNS). Beberapa penelitian juga menggunakan metode ini untuk mengukur aktivitas selulolitik dan lignoselulolitik secara kuantitatif (Akhtar et al., 2013; 2015; Archna et al., 2015; Islam & Roy, 2019; Maki et al., 2012). Keenam isolat bakteri yang diuji menunjukkan aktivitas selulolitik yang berbeda. Tiga isolat bakteri (KS1, KS4, dan SD5) dengan aktivitas selulolitik secara kuantitatif tertinggi terpilih untuk pengujian degradasi serasah. Ketiga isolat terbukti mampu mendegradasi *carboxymethyl cellulose* secara kuantitatif maupun kualitatif dan masih menunjukkan aktivitas selulolitik hingga suhu 55 °C. Aktivitas selulolitik bakteri pada suhu tinggi telah banyak dilaporkan dalam proses biodegradasi (Akhtar et al., 2013; Chen et al., 2007). Ketahanan terhadap suhu tinggi merupakan faktor penting pada pengomposan skala besar karena pengomposan skala besar umumnya melewati fase termofilik yang suhunya bisa mencapai 55 °C.

Ketiga isolat terpilih telah dikarakterisasi pada penelitian sebelumnya, namun belum diketahui identitasnya. Isolat SD5 merupakan bakteri Gram positif berbentuk basil, sedangkan isolat KS1 dan KS4 merupakan bakteri Gram negatif berbentuk basil (Satwika et al., 2021). Bakteri Gram positif dan Gram negatif telah banyak dilaporkan memiliki aktivitas selulolitik pada suhu tinggi. Bakteri Gram positif yang memiliki aktivitas selulolitik pada suhu tinggi banyak dilaporkan dari kelompok *Bacillus*, *Lactococcus*, *Enterococcus*, dan *Streptomyces* (Abdel-rahman, 2016; Akhtar et al., 2013; Kumar, 2015; Mazzucotelli et al., 2013; Zhao et al., 2017). Sedangkan, bakteri Gram negatif yang memiliki aktivitas selulolitik pada suhu tinggi telah dilaporkan pada kelompok *Pseudomonas*, *Klebsiella*, dan *Stenotrophomonas* (Archna et al., 2015; Mazzucotelli et al., 2013).

Ketiga isolat bakteri selulolitik terpilih terbukti memberi efek penurunan C/N rasio. Penurunan terjadi karena isolat bakteri mampu mendekomposisi serasah daun. Hal ini ditunjukkan dengan adanya penurunan total karbon organik yang signifikan pada serasah daun yang diberi perlakuan isolat bakteri uji. Sedangkan, serasah daun tanpa penambahan isolat tidak menunjukkan penurunan total karbon yang signifikan. Aktivitas selulolitik bakteri uji berperan besar dalam menurunkan total karbon pada serasah daun. Hasil penelitian ini sependapat dengan beberapa penelitian sebelumnya. Pemberian isolat mikroorganisme dilaporkan mampu menurunkan total karbon organik dan meningkatkan total nitrogen pada proses biodegradasi sehingga nilai C/N rasio menurun (Akhtar et al., 2013; Akhtar et al., 2015). Hasil penurunan C/N rasio juga didukung dengan data kenaikan total bakteri selulolitik pada serasah dengan perlakuan isolat bakteri uji. Setelah 45 hari inkubasi, total bakteri selulolitik mengalami peningkatan pada serasah daun. Secara

umum, terjadi suksesi bakteri selulolitik pada dekomposisi serasah. Bakteri filosfer yang merupakan mikrobiota normal pada tanaman dengan cepat digantikan oleh taksa penghasil enzim proteolitik dan selulolitik pada saat serasah terdekomposisi (Purahong et al., 2016; Tláskal et al., 2016).

Penurunan C/N rasio merupakan indikator terjadinya degradasi bahan organik pada serasah daun. Salah satu faktor yang menyebabkan penurunan C/N rasio adalah penurunan kandungan total karbon pada serasah daun. Hanya serasah daun yang diberi perlakuan isolat bakteri yang menunjukkan penurunan total karbon organik. Penurunan kandungan karbon organik pada proses biodegradasi disebabkan oleh konversi karbon menjadi energi dan CO₂. Selain itu, penurunan C/N rasio juga dipengaruhi oleh kenaikan total nitrogen. Semua perlakuan menunjukkan kenaikan total nitrogen setelah inkubasi 45 hari. Kenaikan kandungan nitrogen terjadi setelah komunitas mikroba mengimobilisasi nitrogen dari lingkungan dan menggunakannya untuk meningkatkan biomassa mikroba atau untuk produksi enzim tertentu (Schneider et al., 2012). Rasio C:N cenderung menurun selama dekomposisi sebagai konsekuensi dari input nitrogen karena translokasi jamur dan fiksasi nitrogen oleh bakteri (Petrillo et al., 2016; Strukelj et al., 2013). Bakteri pemfiksasi nitrogen berkontribusi meningkatkan ketersediaan nitrogen dan memfasilitasi taksa mikroba lain (terutama mikroba selulolitik) untuk mencapai kebutuhan stoikiometrinya sehingga dapat mendekomposisi serasah (Purahong et al., 2016; Tláskal et al., 2016).

Selama inkubasi 45 hari seluruh perlakuan menunjukkan peningkatan jumlah total bakteri selulolitik sekitar 10 kali lipat, namun tidak berbanding lurus dengan penurunan karbon organik dan C/N rasio. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian isolat bakteri dengan aktivitas selulolitik tinggi merupakan salah satu faktor yang menentukan kecepatan pengomposan. Setiap isolat bakteri yang digunakan pada penelitian ini memiliki aktivitas selulolitik yang beragam. Isolat bakteri SD5 menunjukkan aktivitas selulolitik yang stabil karena selalu menunjukkan aktivitas terbaik pada setiap pengujian. Kestabilan dan konsistensi aktivitas enzimatis juga merupakan faktor penting pada keberhasilan tahapan aplikasi di lapangan. Penambahan isolat bakteri dengan kemampuan selulolitik berbeda akan menunjukkan kecepatan dekomposisi serasah daun yang berbeda pula. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya. Pemberian isolat mikroorganisme berbeda menunjukkan penurunan C/N rasio yang berbeda (Chen et al., 2007).

SIMPULAN DAN SARAN

Sebanyak delapan isolat bakteri asal tanah, sampah dapur, dan kotoran sapi memperlihatkan aktivitas selulolitik pada suhu ruangan dan suhu 45 °C. Hanya 6 isolat yang tetap memperlihatkan aktivitas selulolitik pada suhu 55 °C. Sebanyak tiga isolat bakteri (KS1, KS4, dan SD5) terpilih sebagai kandidat agen pengomposan karena menunjukkan aktivitas selulolitik yang tinggi baik secara kuantitatif dan masih menunjukkan aktivitas selulolitik pada suhu 55 °C. Ketiga isolat tersebut juga terbukti mampu mempercepat proses degradasi serasah daun ditinjau dari penurunan C/N rasio dan total karbon organik.

Penelitian ini merupakan tahapan awal untuk mencari kandidat isolat bakteri unggul untuk pengomposan sampah organik. Ketiga isolat terpilih masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait identifikasi spesies. Identitas isolat penting untuk bisa memberikan informasi kebaruan dan informasi awal terkait keamanannya jika diaplikasikan di lingkungan. Selain itu, pengujian sinergisitas antar isolat dan aplikasi kombinasi isolat bakteri juga perlu dilakukan dalam upaya optimasi kecepatan kematangan kompos.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Universitas Jenderal Soedirman dan Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) yang telah memberikan pendanaan penelitian melalui Skema Riset Peningkatan Kompetensi tahun 2021 di bawah pengawasan Badan Layanan Umum (BLU) Universitas Jenderal Soedirman.

REFERENSI

- Abdel-rahman, M. A. (2016). Establishment of efficient cellulolytic bacterial consortium potential for designed composting of rice straw. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 3(4), 211-228.
- Akhtar, N., Sharma, A., Deka, D., Jawed, M., Goyal, D., & Goyal, A. (2013). Characterization of cellulase producing *Bacillus* sp. for effective degradation of leaf litter biomass. *Environmental Progress and Sustainable Energy*, 32(4), 1195-1201. doi: 10.1002/ep.11726.
- Akhtar, N., Goyal, D., & Goyal, A. (2015). Biodegradation of leaf litter biomass by combination of *Bacillus* sp. and *Trichoderma reesei* MTCC164. *Minerva Biotechnologica*, 27(4), 191-199.
- Archana, S., Priyank, V., Nath, Y. A., & Kumar, S. A. (2015). Bioprospecting for extracellular hydrolytic enzymes from culturable thermotolerant bacteria isolated from Manikaran thermal springs. *Research Journal of Biotechnology*, 10(4), 33-42.
- Chen, K. S., Lin, Y. S., & Yang, S. S. (2007). Application of thermotolerant microorganisms for biofertilizer preparation. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, 40(6), 462-473.
- Islam, F., & Roy, N. (2019). Isolation and characterization of cellulase-producing bacteria from sugar industry waste. *American Journal of BioScience*, 7(1), 16-22. doi: 10.11648/j.ajbio.20190701.13.
- Jabir, D. M., & Jabir, M. M. (2016). A study of biodegradation of paper wastes by using bacteria isolated from the soil. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences*, 18(3), 777-780. doi: 10.13140/RG.2.2.33601.97124.
- Jackson, M. L. (1967). *Soil chemical analysis*. New Delhi: Parallel Press.
- Khelil, O., & Cheba, B. (2014). Thermophilic cellulolytic microorganisms from Western Algerian sources: Promising isolates for cellulosic biomass recycling. *Procedia Technology*, 12, 519-528. doi: 10.1016/j.protcy.2013.12.524.
- Krishna, M. P., & Mohan, M. (2017). Litter decomposition in forest ecosystems: A review. *Energy, Ecology and Environment*, 2(4), 236-249. doi: 10.1007/s40974-017-0064-9.
- Kumar, A. K. (2015). UV mutagenesis treatment for improved production of endoglucanase and β -glucosidase from newly isolated thermotolerant *Actinomycetes*, *Streptomyces griseoaurantiacus*. *Bioresources and Bioprocessing*, 2(1), 1-10. doi: 10.1186/s40643-015-0052-x.
- Maki, M. L., Idrees, A., Leung, K. T., & Qin, W. (2012). Newly isolated and characterized bacteria with great application potential for decomposition of lignocellulosic biomass. *Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology*, 22(3), 156-166. doi: 10.1159/000341107.
- Mazzucotelli, C. A., Ponce, A. G., Kotlar, C. E., & Moreira, M. del R. (2013). Isolation and characterization of bacterial strains with a hydrolytic profile with potential use in bioconversion of agroindustrial by-products and waste. *Food Science and Technology*, 33(2), 295-303. doi: 10.1590/S0101-20612013005000038.
- Miller, L. G. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*, 31(3), 426-428.
- Petrillo, M., Cherubini, P., Sartori, G., Abiven, S., Ascher, J., Bertoldi, D., ... Egli, M. (2016). Decomposition of norway spruce and european larch coarse woody debris (CWD) in relation to different elevation and exposure in an alpine setting. *IForest*, 9(1), 154-164. doi: 10.3832/ifor1591-008.
- Purahong, W., Wubet, T., Lentendu, G., Schloter, M., Pecyna, M. J., Kapturska, D., ... Buscot, F. (2016). Life in leaf litter: Novel insights into community dynamics of bacteria and fungi during litter decomposition. *Molecular Ecology*, 25(16), 4059-4074. doi: 10.1111/mec.13739.
- Rashid, G. M. M., Durán-Peña, M. J., Rahmanpour, R., Sapsford, D., & Bugg, T. D. H. (2017). Delignification and enhanced gas release from soil containing lignocellulose by treatment with bacterial lignin degraders. *Journal of Applied Microbiology*, 123(1), 159-171. doi: 10.1111/jam.13470.

- Rojas-Jiménez, K., & Hernández, M. (2015). Isolation of fungi and bacteria associated with the guts of tropical wood-feeding *Coleoptera* and determination of their lignocellulolytic activities. *International Journal of Microbiology*, 2015, 1-11. doi: 10.1155/2015/285018.
- Rytioja, J., Hildén, K., Yuzon, J., Hatakka, A., de Vries, R. P., & Mäkelä, M. R. (2014). Plant-polysaccharide-degrading enzymes from Basidiomycetes. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 78(4), 614-649. doi: 10.1128/mmbr.00035-14.
- Satwika, T. D., Yulianti, D. M., & Hikam, A. R. (2021). Karakteristik dan potensi enzimatis bakteri asal tanah sampah dapur dan kotoran ternak sebagai kandidat agen biodegradasi sampah organik. *Al-Hayat: Journal of Biology and Applied Biology*, 4(1), 11-18. doi: 10.21580/ah.v4i1.7013.
- Schneider, T., Keiblinger, K. M., Schmid, E., Sterflinger-Gleixner, K., Ellersdorfer, G., Roschitzki, B., ... Riedel, K. (2012). Who is who in litter decomposition Metaproteomics reveals major microbial players and their biogeochemical functions. *ISME Journal: Multidisciplinary Journal of Microbial Ecology*, 6(9), 1749-1762. doi: 10.1038/ismej.2012.11.
- Strukelj, M., Brais, S., Quideau, S. A., Angers, V. A., Kebli, H., Drapeau, P., & Oh, S. W. (2013). Chemical transformations in downed logs and snags of mixed boreal species during decomposition. *Canadian Journal of Forest Research*, 43(9), 785-798. doi: 10.1139/cjfr-2013-0086.
- Tláskal, V., Voříšková, J., & Baldrian, P. (2016). Bacterial succession on decomposing leaf litter exhibits a specific occurrence pattern of cellulolytic taxa and potential decomposers of fungal mycelia. *FEMS Microbiology Ecology*, 92(11), 1-10. doi: 10.1093/femsec/fiw177.
- Walkley, A., & Black, C. A. (1932). Estimation of organic carbon by the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29-38.
- Wibisono, S. H., Nugroho, W. A., Kurniati, E., & Prasetyo, J. (2016). Pengomposan sampah organik pasar dengan pengontrolan suhu tetap dan suhu sesuai fase pengomposan. *Keteknikam Pertanian Tropis dan Biosistem*, 4(2), 94-102.
- Woo, H. L., Hazen, T. C., Simmons, B. A., & DeAngelis, K. M. (2014). Enzyme activities of aerobic lignocellulolytic bacteria isolated from wet tropical forest soils. *Systematic and Applied Microbiology*, 37(1), 60-67. doi: 10.1016/j.syapm.2013.10.001.
- Xiong, X. Q., Liao, H. D., Ma, J. S., Liu, X. M., Zhang, L. Y., Shi, X. W., ... Zhu, Y. H. (2014). Isolation of a rice endophytic bacterium, *Pantoea* sp. Sd-1, with ligninolytic activity and characterization of its rice straw degradation ability. *Letters in Applied Microbiology*, 58(2), 123-129. doi: 10.1111/lam.12163.
- Zhao, Y., Zhao, Y., Zhang, Z., Wei, Y., Wang, H., Lu, Q., ... Wei, Z. (2017). Effect of thermo-tolerant actinomycetes inoculation on cellulose degradation and the formation of humic substances during composting. *Waste Management*, 68, 64-73. doi: 10.1016/j.wasman.2017.06.022.