

SKRINING DAN IDENTIFIKASI BAKTERI SELULOLITIK TEMPAT PEMAKAMAN UMUM

Siti Nur Syarifah¹, Erma Musbita Tyastuti², Yasir Sidiq³, Triastuti Rahayu⁴
Universitas Muhammadiyah Surakarta^{1,2,3,4}
tr124@ums.ac.id¹

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi bakteri selulolitik dan mengidentifikasi isolat bakteri yang berasal dari TPU. Sebanyak 36 isolat bakteri yang akan diuji potensi selulolitiknya sudah diisolasi dari TPU Pracimaloyo Kartasura, Sukoharjo. Seleksi bakteri selulolitik menggunakan media selektif Carboxymethyl Cellulose (CMC) yang ditetesi Congo red 0,1% sedangkan identifikasinya berdasar morfologi koloni dan pewarnaan Gram. Hasil penelitian diperoleh 8 isolat bakteri (22,22%) menunjukkan aktivitas selulolitik positif, yaitu P5, P8, P10, P14, P22, P25, P27, dan P31, dengan nilai indeks selulolitik 7.5; 5; 6.25; 7; 7, 5, 25; 7, 25; dan 6.5. Isolat yang positif selulolitik mempunyai warna koloni putih mengkilap, bertepi entire, elevasi raised, dan termasuk ke dalam Gram negative berbentuk kokus. Simpulan pada penelitian ini adalah tempat pemakaman umum TPU menyimpan bakteri selulolitik potensial.

Kata Kunci: Bakteri Selulolitik, Tempat Pemakaman Umum (TPU), Pracimaloyo

ABSTRACT

This research aims to determine the potential of cellulolytic bacteria and identify bacterial isolates originating from TPU. A total of 36 bacterial isolates that will be tested for their cellulolytic potential have been isolated from Pracimaloyo Kartasura TPU, Sukoharjo. Selection of cellulolytic bacteria used selective Carboxymethyl Cellulose (CMC) media dripping with 0.1% Congo red while identification was based on colony morphology and Gram staining. The research results showed that 8 bacterial isolates (22.22%) showed positive cellulolytic activity, namely P5, P8, P10, P14, P22, P25, P27, and P31, with a cellulolytic index value of 7.5; 5; 6.25; 7; 7, 5, 25; 7, 25; and 6.5. Cellulolytic positive isolates have shiny white colonies, entire edges, raised elevations, and are classified as Gram negative cocci. The conclusion of this research is that TPU public burial places harbor potential cellulolytic bacteria.

Keywords: Cellulolytic Bacteria, Public Cemetery (TPU), Pracimaloyo

PENDAHULUAN

Tanah Pemakaman Umum (TPU) merupakan areal tanah yang disediakan untuk keperluan pemakaman jenazah bagi setiap orang tanpa membedakan agama dan golongan, yang dikelola oleh Pemerintah Daerah Tingkat II atau Pemerintah Desa (Diputra & Syaodih, 2016). Proses penguburan dilakukan kedalaman 200 cm agar terhindar dari binatang buas. Proses penguraian jasad yang sangat aktif terjadi kurang lebih 30 hari setelah kematian (Afni et al., 2022), menghasilkan mineral-mineral tanah yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroorganisme termasuk bakteri. Hal ini dibuktikan bahwa di area TPU terdeteksi bakteri tanah

yang melimpah (Putra et al., 2023). Selain penguraian jasad, di TPU juga terjadi penguraian bahan-bahan yang mengandung selulosa seperti kain kafan, kayu penutup, peti jenazah, dan pakaian. Bahan tersebut menjadi substrat bagi jasad pengurai selulosa termasuk bakteri selulolitik (Agustriono, 2016). Substrat selulosa tersebut menjadi sumber yang dimanfaatkan mikroorganisme selulolitik untuk pertumbuhannya dengan memproduksi enzim selulase. Beberapa jasad selulolitik yang sudah teridentifikasi dari kelompok jamur adalah *Phanerochaete chrysosporium* (Rahayu et al., 2017). Sedangkan dari kelompok bakteri ada beberapa genus antara lain *Achromobacter*, *Angiococcus*, *Cytophaga*, *Cellivibrio*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Poliangium*, *Sorangium*, *Sporocytophaga*, *Vibrio*, *Cellfalcicula*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Thermomonospora*, *Ruminoccus*, *Bacteroides*, *Acetivibrio*, *Misrobispora*, dan *Streptomyces* (Rao, 1994; Saratale, 2012).

Enzim selulase merupakan enzim ekstraseluler yang diproduksi di dalam sel kemudian dikeluarkan ke medium pertumbuhannya (Anuar, 2014). Pemanfaatan enzim tersebut diberbagai bidang dengan produk-produk yang beragam. Sebagai contoh pada bidang industri kertas, farmasi, detergen, dan makanan. Industri berbasis enzim semakin penting dibandingkan industri berbasis kimia karena keamanan proses, biaya penyulingan rendah, hasil tinggi, kontrol proses yang efisien, dan sifat ramah lingkungan. Aplikasi enzim selulase yang menjanjikan saat ini adalah di industri minuman (anggur), pakan dan makanan (Ejaz et al., 2021).

Penelitian Puspitasari & Ibrahim (2020) menyatakan bahwa enzim selulase banyak digunakan dalam aplikasi industri dan permintaan pasar yang cukup tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Akmala & Supriyo (2020) yang menggunakan enzim selulase untuk membuat *biodegradable foam* pengganti *Strofoam* berbahan baku utama tepung tapioka. Enzim ini sangat penting dalam mengandung proses pendegradasi selulosa menjadi glukosa serta bahan-bahan yang mengandung substrat selulosa didalam tanah dalam proses penguburan jenazah seperti serat tekstil pada kain kafan dan baju jenazah.

Isolasi dan skrining bakteri selulolitik sudah dilakukan dari beberapa sumber, antara lain penelitian Yusnia et al., (2019) yang mengisolasi dan menyeleksi bakteri selulolitik yang berasal dari beberapa tanah hutan di Bali. Hasil penelitian diperoleh 21 isolat berpotensi mendegradasi selulosa dengan indeks selulolitik terbesar 5,41 dan tingkat pendegradasi selulosa tertinggi 8,32%. Penelitian Murtiniyaningsih & Hazmi (2017) tentang isolasi dan uji aktivitas enzim selulose pada bakteri selulolitik asal tanah sampah diperoleh 4 isolat yang berpotensi mendegradasi selulosa dengan indeks aktivitas selulolitik 0.875. Penelitian Fauziah & Ibrahim (2020) tentang isolasi dan karakteristik bakteri selulolitik pada tanah gambut diperoleh 24 isolat dengan IS termasuk kategori tinggi sebanyak 6 isolat. Di Indonesia, penelitian serupa yang berlokasi di TPU belum pernah dilaporkan. Pada penelitian ini akan dilakukan seleksi dan identifikasi isolat TPU.

Pada penelitian sebelumnya, sudah dikoleksi bakteri tanah dari TPU Pracimaloyo dan diperoleh sebanyak 36 isolat tetapi belum dilakukan karakteristik lebih lanjut. TPU Pracimaloyo merupakan salah satu makam terbesar yang dikelola pemerintah Kota Surakarta (DKP Surakarta) dengan luas 14,5 Ha yang terdiri dari 19 blok pemakaman. Dengan banyaknya makam yang terdapat disana,

maka substrat selulosa pun juga melimpah sehingga diperkirakan sampel tanah dari TPU mengandung bakteri selulolitik. Pada penelitian ini diharapkan ditemukan jenis-jenis bakteri selulolitik yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi selulosa. Bakteri selulolitik sangat potensial sebagai mikroba pendegradasi dibandingkan mikroba lainnya, sehingga produksi enzim selulose lebih singkat (Yusnia et al., 2019). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi bakteri selulolitik yang berasal dari TPU dan mengidentifikasinya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian non eksperimental yang dilakukan untuk mengetahui potensi bakteri dan karakteristik dari morfologi bakteri selulolitik pada TPU Pracimaloyo. Penelitian ini dilakukan pada Januari sampai April 2023.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Laminar Air Flow* (LAF), autoklaf (GEA LS35LJ), erlenmeyer (*Pyrex*) 500 ml, petridish (*Iwaki*), inkubator (Memmert N55), gelas ukur (*Pyrex*) 100 ml, tabung reaksi (*Iwaki*), spatula, oven (*Maspion*), *hot plate magnetic stirrer, vortex*, mikropipet (*Socorex*), alat tulis, dan alat dokumentasi.

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah koleksi dari laboratorium Biologi FKIP UMS sebanyak 36 isolat. Bahan yang digunakan berupa media *nutrient Agar* (NA), *carboxymethyl cellulose* (CMC), aquades steril, alumunium foil, kertas saring, pewarna *congo red*, tissue, kapas, kasa, kertas payung, karet gelang, NaCl, alcohol 70%, plastik wrab, dan sarung tangan.

Peremajaan Isolat

Koleksi isolat bakteri disubkultur ke *nutrient agar* (NA) miring dengan menggunakan ose kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam. Kultur bakteri siap untuk digunakan untuk uji aktivitas selulolitik.

Skrining Kemampuan Selulolitik

Media yang digunakan untuk skrining bakteri selulolitik adalah medium selektif CMC yang tersusun atas: 2 g NaNO₃, 0,5 g K₂HPO₄, 0,02 g MnSO₄, 0,02 g FeSO₄, 5 g CaCl₂ dan ditambahkan 0,5% CMC. Semua bahan dilarutkan dalam 1 L aquades. Media selektif yang sudah siap, selanjutnya diinokulasi isolat bakteri dengan cara menotolkan di permukaan media. Inkubasi dilakukan pada suhu 37°C selama 48 jam. Setelah koloni tumbuh, dilakukan pengukuran koloni zona bening yang muncul dan dilanjutkan skrining bakteri dengan pewarnaan *congo red*. Selanjutnya, tuang larutan pewarna *Congo red* 0,1% kedalam cawan petri yang telah diinkubasi 48 jam kemudian didiamkan selama 20 menit dan dibilas dengan NaCl 1 M. Munculnya zona bening artinya bernilai positif (+) mampu dalam mendegradasi selulosa disekeliling koloni bakteri. Zona bening dapat terlihat dengan pencucian dengan larutan NaCl 1 M. *Congo red* adalah gram natrium dari benzenediazo-bis-1-naphthylamine-4 asam sulfat (C₃₂H₂₂N₆Na₂O₆S₂) sehingga pewarna ini akan larut dan tercuci oleh NaCl, dan terbentuk yampak jelas zona bening. Warna merah diluar zona bening menunjukkan sisa selulosa yang tidak

terdegradasi sehingga membentuk selulosa *congo red*. Zona bening yang terbentuk kemudian diukur dengan menghitung nilai indeks selulolitik (IS) dan membandingkan nilai diameter zona bening dengan diameter koloni bakteri. Perhitungan zona bening dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Indeks Zona Bening} = \frac{\text{Total Diameter (Zona Bening)}}{\text{Diameter Koloni}}$$

Identifikasi Bakteri berdasar Morfologi Koloni dan Pewarnaan Gram

Identifikasi bakteri dapat dilakukan dengan mengamati ciri makroskopis dan mikroskopis. Ciri makroskopis meliputi bentuk koloni yaitu bulat, titik, tidak teratur, seperti akar, dan filamen atau berbenang, serta kumbaran. Tepi koloninya dapat berbentuk berombak, berbelah, bergerigi, benang, dan keriting. Warna koloni terdiri dari putih, kekuningan, kemerahan, coklat, jingga, orange, pink, hijau, dan ungu. Elevasi koloni meliputi rata, timbul datar, melengkung, dan cembung. Tekstur koloni halus mengkilat, kasar, berkerut, atau kering seperti bubuk. Selain itu, ukurannya bervariasi, dapat dilakukan dengan mengukur diameter koloni bakteri yang tumbuh. Karakteristik makroskopis koloni bakteri bervariasi dari bentuk sel, ukuran sel, dan pewarnaan. Bentuk sel bakteri seperti bulat (kokus) dengan masing-masing kombinasinya, pengukuran sel bakteri secara mikroskopis dapat dilakukan dengan micrometer. Serta pewarnaan yang dilakukan meliputi pewarnaan gram.

Pewarnaan Gram dilakukan dengan membuat apusan bakteri pada objek glass steril. Bakteri diambil dari koloni biakan murni pada *nutrient agar* (NA) miring. Setelah difiksasi, apusan digenangi dengan Kristal Violet dan dibiarkan selama 1 menit, kemudian bilas dengan air mengalir. Setelah bersih digenangi dengan lugol selama 1 menit, kemudian dibilas dengan air mengalir. Selanjutnya tetesi dengan alcohol 96% biarkan selama 20-30 detik, cuci dengan air mengalir dan tambahkan safranin selama 1 menit dan bilas menggunakan air mengalir. Keringkan di atas api dan amati dibawah mikroskop. Bila hasil pewarnaan tersebut diperoleh warna merah maka bakteri gram negative, sedangkan bila diperoleh warna ungu maka bakteri tersebut adalah gram positif.

HASIL PENELITIAN

Skrining Kemampuan Selulolitik

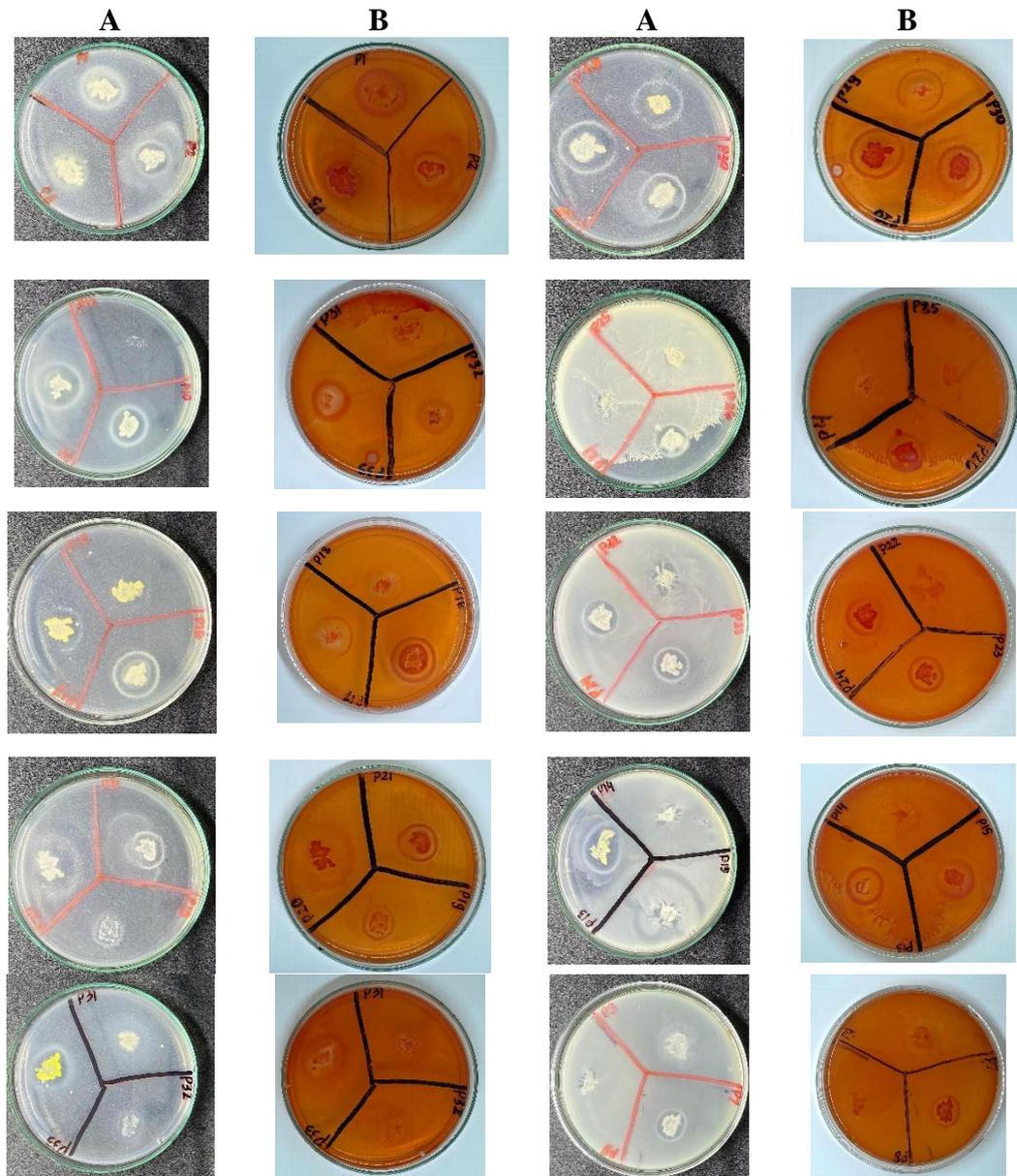
Seleksi bakteri dari tanah TPU Pracimaloyo, Surakarta menggunakan media selektif CMC agar dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Skrining Bakteri Selulolitik

| Isolat | Indeks Zona Bening | Kategori |
|--------|--------------------|----------|
| P1 | 1,05 | Sedang |
| P2 | 2 | Sedang |
| P3 | 1,65 | Sedang |
| P4 | 0,5 | Rendah |
| P5 | 7,5 | Tinggi |
| P6 | 1 | Rendah |
| P7 | 1,75 | Sedang |
| P8 | 5 | Tinggi |

| | | |
|-----|------|--------|
| P9 | 1 | Sedang |
| P10 | 6,25 | Tinggi |
| P11 | 2 | Sedang |
| P12 | 1 | Rendah |
| P13 | 1,25 | Sedang |
| P14 | 7 | Tinggi |
| P15 | 1,75 | Sedang |
| P16 | 1,05 | Sedang |
| P17 | 1 | Sedang |
| P18 | 1,25 | Sedang |
| P19 | 1 | Sedang |
| P20 | 1,9 | Sedang |
| P21 | 1,75 | Sedang |
| P22 | 7 | Tinggi |
| P23 | 1,05 | Sedang |
| P24 | 2 | Sedang |
| P25 | 5,25 | Tinggi |
| P26 | 1,25 | Sedang |
| P27 | 7,25 | Tinggi |
| P28 | 1 | Sedang |
| P29 | 1,05 | Sedang |
| P30 | 1 | Sedang |
| P31 | 6,5 | Tinggi |
| P32 | 1,25 | Sedang |
| P33 | 1,05 | Sedang |
| P34 | 1 | Sedang |
| P35 | 1 | Sedang |
| P36 | 0,25 | Rendah |

Tabel 1 menunjukkan 22,22% isolat mempunyai indeks selulolitik (IS) dengan kategori “tinggi” yaitu isolat P5, P8, P10, P14, P22, P25, P27, dan P31. Sebanyak 4 isolat dengan kategori “rendah” P4, P12, P6, dan P36 dan isolat dengan kategori “sedang” sebanyak 24 isolat yaitu P1, P2, P3, P7, P9, P11, P13, P15, P16, P17, P19, P20, P21, P23, P24, P26, P28, P29, P30, P32, P33, P34, P35, dan P35. Zona bening yang dihasilkan oleh bakteri selulolitik dengan diameter di atas 4 termasuk ke dalam tingkat degradasi yang tinggi sedangkan degradasi rendah berkisar 0,5-1,9 dan sedang 2,0-3,9 (Dar et al., 2015). Berdasarkan hasil uji skrining bakteri selulolitik dari 6 isolat terpilih dikategorikan tingkat degradasi yang tinggi.



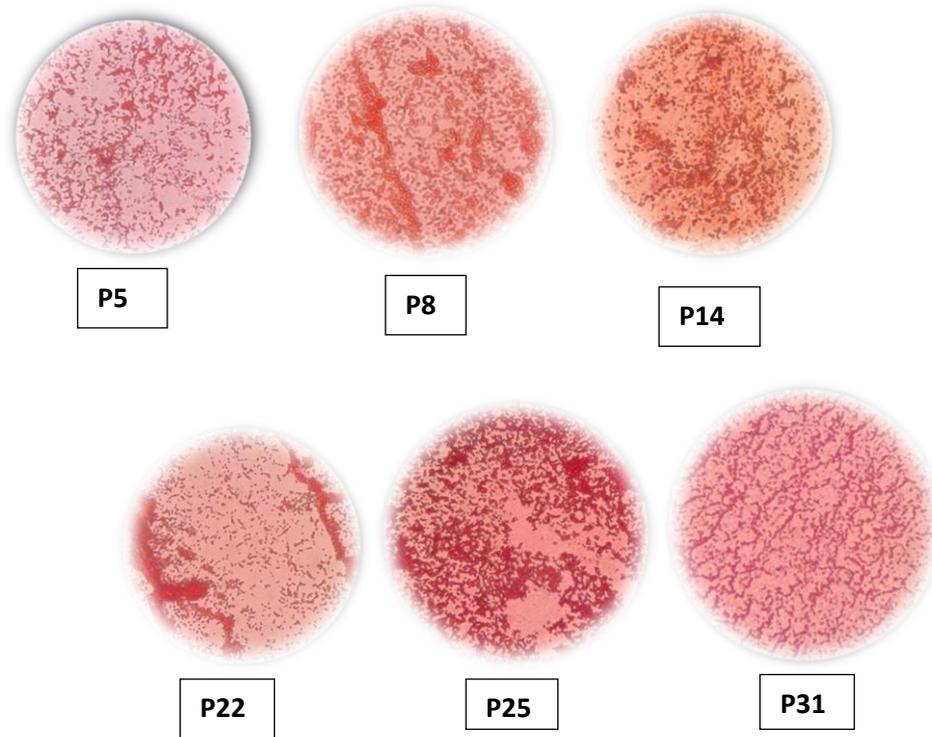
Gambar 1. Zona bening yang terbentuk karena penguraian CMC sebagai substrat selulosa.
A. Koloni sebelum ditetesi *congo red* 1%; B. Koloni bakteri setelah ditetesi *congo red* 1%

Indeks selulolitik ditunjukkan dengan terbentuknya zona bening di sekitar koloni bakteri setelah ditetesi *congo red* 1% (Gambar 1). Hasil skrining menunjukkan nilai IS yang beragam diantara isolat bakteri yang diuji.

Identifikasi Bakteri berdasar Morfologi Koloni dan Pewarnaan Gram

Isolasi bakteri yang mempunyai kemampuan mendegradasi selulosa selanjutnya dilakukan identifikasi secara sederhana yaitu identifikasi morfologi koloni dan pewarnaan Gram. Hasil morfologi koloni dengan mengamati karakteristik bentuk koloni, warna koloni, elevasi, tepian, karakteristik optik, karakteristik permukaan dan bentuk sel dan uji biokimia berupa pewarnaan gram yang dapat dilihat pada Tabel 2. Dari delapan isolat yang potensial tersebut kemudian dikuantitatifkan menjadi 6 isolat berdasarkan hasil skrining akhir

sehingga data potensial isolat menjadi 16,7%. Sebanyak 6 isolat menunjukkan tingkat degradasi selulosa dan menghasilkan indeks bakteri selulolitik dengan nilai terbesar 7,5 (Tabel 1). Selanjutnya 6 isolat tersebut dilakukan uji pewarnaan Gram.



Gambar 2. Hasil Pewarnaan Gram isolat P5, P8, P14, P22, P25, dan P31.

Pewarnaan Gram dari enam isolat bakteri tanah yang indeks selulosa tinggi adalah gram negatif karena berwarna kemerahan dan berbentuk *coccus* (Gambar 2). Bakteri Gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan tipis tetapi mengandung banyak lipid, sehingga kehilangan kompleks kristal violet-lugol dan sel tampak tidak berwarna. Pewarnaan sel dengan larutan safranin merah membuat sel menjadi berwarna merah (Hidayat, 2011).

Tabel 2. Karakteristik morfologi bakteri pendegradasi selulosa pada tanah Tempat Pemakaman Umum (TPU)

| Isolat | Karakteristik | | | | | | | |
|--------|------------------|------------|--------|--------|-------|-------------------------|------------|----------------|
| | Morfologi koloni | | | | | Karakteristik permukaan | Bentuk sel | Pewarnaan Gram |
| Bentuk | Warna | Elevasi | Tepi | Size | | | | |
| P5 | Circular | Putih | Raised | Entire | Small | Halus | Coccus | Negatif |
| P8 | Circular | Putih | Raised | Entire | Small | Halus mengkilap | Coccus | Negatif |
| P14 | Circular | Putih susu | Raised | Entire | Small | Halus | Coccus | Negatif |
| P22 | Circular | Putih | Raised | Entire | Small | Halus | Coccus | Negatif |
| P25 | Circular | Putih | Raised | Entire | Small | Halus mengkilap | Coccus | Negatif |

| | | | | | | | | |
|-----|----------|------------|--------|--------|-------|-----------------|--------|---------|
| P31 | Circular | Putih susu | raised | Entire | Small | Halus mengkilap | Coccus | Negatif |
|-----|----------|------------|--------|--------|-------|-----------------|--------|---------|

PEMBAHASAN

Hasil skrining bakteri selulolitik dari TPU Pracimaloyo menunjukkan potensi yang besar. Dari 36 isolat yang diujikan 22,22% positif selulolitik (Gambar 1), bahkan nilai indeks selulolitik (IS) terbesar mencapai 7,5. Nilai IS ini lebih besar dibandingkan isolat yang berasal dari tanah hutan di Bali yaitu 5,41 (Yusnia et al., 2019). Dengan hasil ini terbukti bahwa TPU menyimpan potensi untuk mendapatkan mikroorganisme pendegradasi selulosa termasuk bakteri maupun jamur. Hal tersebut dikarenakan di TPU terdapat bahan-bahan yang mengandung selulosa seperti kain kafan, pakaian, kayu penutup dan peti jenazah yang disertakan dalam proses penguburan jenazah. Proses penguraian jenazah juga menambah mineral tanah yang akan mendukung pertumbuhan mikroorganisme lain sehingga jumlahnya melimpah (Putra et al., 2023). Di TPU, secara terus-menerus terjadi pergantian substrat dengan adanya penguburan jenazah baru. Dengan demikian, mikroorganisme pengurai akan mempertahankan aktivitasnya.

Aktivitas selulolitik ditunjukkan dengan terbentuknya zona bening di media selektif CMC (Gambar 2) oleh enzim ekstraseluler selulase yang dieskresikan oleh isolat-isolat bakteri dengan diameter tertentu (Murtiyaningsih & Hazmi, 2017). Produk pemecahan selulosa tersebut berupa gula sederhana monosakarida dan tidak terjadi ikatan kompleks dengan *Congo red*. Warna merah di sekitar zona bening menunjukkan adanya sisa selulosa yang tidak terhidrolisis. Zona bening dapat terbentuk sempurna setelah melalui pembilasan NaCl 1M. Semakin tinggi aktivitas indeks selulolitik dihasilkan oleh masing-masing isolat, maka semakin besar kemampuan isolat tersebut untuk mendegradasi selulosa (Andriani et al., 2023). Hasil skrining menunjukkan bahwa tidak semua isolat yang diperoleh mampu menghidrolisis selulosa yang terkandung dalam media agar CMC.

Hasil identifikasi dari keenam isolat bisa dilihat pada Tabel 2 yang menunjukkan kemiripan koloni pada seluruh isolat yang potensial. Kesamaan ditunjukkan dari bentuk bakteri yaitu bulat (*circular*) berwarna putih, elevasi koloni *raised*, tepi koloni *entire* dengan karakteristik permukaan bakteri halus mengkilap dan sel berbentuk *coccus*. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Satwika et al., (2021) dan Fauziah & Ibrahim (2020) yang menunjukan karakteristik bakteri selulolitik masing-masing dari tanah sampah dapur dan kotoran ternak, serta tanah gambut. Hasil pewarnaan Gram teridentifikasi enam isolat merupakan kelompok Gram negative dan memiliki bentuk *Coccus* (Gambar 2).

Potensi selulolitik dari isolat bakteri di TPU menambah informasi bahwa lokasi tersebut perlu dieksplorasi dengan memvariasikan jenis TPU. Cara pemakaman yang berbeda pasti akan menyediakan substrat yang berbeda bagi jasad pengurai. Hal ini juga pasti akan berpengaruh terhadap keragaman dan potensi sebagai jasad pengurai.

SIMPULAN

Tempat Pemakaman Umum (TPU) Pracimaloyo menyimpan isolat bakteri yang mempunyai kemampuan selulolitik potensial yaitu P5 dengan indeks selulolitik mencapai 7,5. Hasil pengamatan morfologi koloni dan pewarnaan Gram, isolat tersebut mempunyai bentuk koloni circular berwarna putih, elevasi koloni raised, tepi koloni entire dengan karakteristik permukaan yang halus mengkilap dan hasil pewarnaan Gram merupakan Gram negative berbentuk kokus.

DAFTAR PUSTAKA

- Afni, A. N., Salendra, K., & Haddade, A. W. (2022). Penggunaan Mayat Sebagai Pupuk Perspektif Maqasid Al-Syari'ah. *Nukhbatul Ulum*, 8(2), 211-234. <https://doi.org/10.36701/nukhbah.v8i2.568>
- Akmala, A & Supriyo, E. (2020). Optimasi Konsentrasi Selulosa pada Pembuatan Biodegradable Foam dari Selulosa dan Tepung Singkong. *Pentana*, 1(1), 27-40. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/pentana/article/view/11597>
- Andriani, A. A. S. P. R., Dewi, W. S., Nazir, N., Setianingsih, N. L. P. P., Indrayatie, E. R., & Kalimutu, P. K. (2023). Characteristics of Indigenous Bacterial Isolates from Cocoa Plantations in Meko Village, Central Sulawesi, with Ability to Degrade Cellulose. *Ajarcode*, 7(2), 17-19. <https://repo-dosen.ulm.ac.id/bitstream/handle/123456789/29574>
- Dar, M. A., Pawar, K. D., Jadhav, J. P., & Pandit, R. S. (2015). Isolation of Cellulolytic Bacteria from the Gastro-intestinal Tract of *Achatina Fulica* (Gastropoda: *Pulmonata*) and their Evaluation for Cellulose Biodegradation. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 98, 73-80. <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.ibiod.2014.11.016>
- Diputra, M., & Syaodih, E. (2016). Identifikasi Permasalahan Tempat Pemakaman Umum di Kota Bandar Lampung. *In Prosiding Perencanaan Wilayah dan Kota*, 3(2), 283-291. [10.22236/jbes/11745](https://doi.org/10.22236/jbes/11745)
- Ejaz, U., Sohail, M., & Ghanemi, A. (2021). Cellulases: From Bioactivity to a Variety of Industrial Applications. *Biomimetics*, 6(44), 2-11. <https://doi.org/10.3390%2Fbiomimetics6030044>
- Fauziah, S. I., & Ibrahim, M. (2020). Isolasi dan Karakteristik Bakteri Selulolitik pada Tanah Gambut di Desa Tegagagiri Tama Jaya, Kecamatan Pelangiran, Kabupaten Inhil, Riau. *LenteraBio*, 9(3), 194-203. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v9n3.p194-203>
- Murtiyaningsih, H., & Hazmi, M. (2017). Isolasi dan Uji Aktivitas Enzim Selulase pada Bakteri Selulolitik Asal Tanah Sampah. *Agritrop*, 15(2), 293-308. <https://doi.org/10.32528/agr.v15i2.1185>
- Puspitasari, D., & Ibrahim, M. (2020). Optimasi Aktivitas Selulase Ekstraseluler Isolat Bakteri EG 2 Isolasi dari Bangkil Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis jaca*). *LenteraBio*, 9(1), 42-50. <https://doi.org/10.26740/lenterabio.v9n1.p42-50>
- Putra, S. S., Rahayu, T., & Tyastuti, E. M. (2023). Isolation and Characterization of Cambodian Tree Rhizosphere Bacteria (*Plumeria acuminata*) at TPU Pracimaloyo as a producer of IAA. *Bioeduscience*, 7(1), 15-23. <https://doi.org/10.22236/jbes/7111375>

- Rahayu, T., Asngad, A., & Suparti, S. (2017). Biopulping Pelepah Tanaman Salak Menggunakan Jamur Pelapuk Putih *Phanerochaete chrysosporium*. *Bioeksperimen*, 3(1), 59-63. <https://badge.dimensions.ai/details/doi/10.23917/bioeksperimen.v3i1.3671?domain=https://journals.ums.ac.id>
- Rao, S. N. S. (1994). *Mikroba Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*, (2nd ed.). Jakarta: Universitas Indonesia Press
- Saratale, G. D. (2012). Production and Characterization of Multiple Cellulolytic Enzymes by Isolated *Streptomyces* sp. *Biomass and Bioenergy*. 47(6), 302-315. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.09.030>
- 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. *Journal of Biology and Applied Biology*, 4(1), 11-18. <https://doi.org/10.21580/ah.v4i1.7013>
- Yusnia, E. D., Gunam, I. B. W., & Antara. N. S. (2019). Isolasi dan Skrining Bakteri Selulolitik Dari Beberapa Tanah Hutan Di Bali. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 7(1), 11-20. <http://dx.doi.org/10.24843/JRMA.2019.v07.i01.p02>