

Isolasi Dan Karakterisasi Morfologi Bakteri Dekomposer Limbah Kulit Udang Dan Limbah Kelapa

Isolation And Morphological Characterization Of Decomposer Bacteria Of Shrimp Skin And Coconut Waste

Arief Rahman^{1*}; Rusmini¹; Daryono¹

¹ Politeknik Pertanian Negeri Samarinda

* ariefracman@politansamarinda.ac.id

Abstrak

Konsep pertanian berkelanjutan adalah dengan memanfaatkan bahan-bahan alami atau organik dan mikroorganisme sebagai dekomposer dan penyedia unsur hara bagi tanaman. Limbah-limbah seperti limbah udang dan kelapa merupakan bahan alami yang bisa menjadi aktivator alami pengurai bahan organik atau sebagai bahan pengomposan. Limbah tersebut berpeluang untuk menghasilkan bakteri positif untuk pengurai bahan organik. Tujuan penelitian ini adalah mengisolasi dan mengidentifikasi karakteristik morfologi bakteri pada limbah kulit udang dan limbah kelapa. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Agronomi Jurusan Perkebunan Politeknik Pertanian Negeri Samarinda dari bulan Juli sampai dengan September 2022. Isolasi bakteri dilakukan dengan metode *serial dilution* kemudian ditumbuhkan di media NA (Nutrient Agar) menggunakan metode *spread plate*. Identifikasi bakteri dilakukan dengan mengamati morfologi koloni. Isolat yang berhasil diperoleh sebanyak 44 isolat bakteri dengan isolat bakteri terbanyak berada pada perlakuan A2L2 sebanyak 9 isolat bakteri. Berdasarkan karakteristik morfologi bakteri isolat bakteri yang diperoleh termasuk ke dalam kelompok genus *Bacillus* dan *Pseudomonas*.

Kata kunci: Isolat Bakteri, *Bacillus*, Limbah, *Pseudomonas*.

Abstract

*The concept of sustainable agriculture is to utilize natural or organic materials and microorganisms as decomposers and providers of nutrients for plants. Waste such as shrimp and coconut waste is a natural material that can be a natural activator of organic matter decomposition or as composting material. The waste has the opportunity to produce positive bacteria for decomposing organic matter or as composting material. The purpose of this study was to isolate and identify the morphological characteristics of bacteria in shrimp shell waste and coconut waste. This research was conducted at the Agronomy Laboratory, Department of Plantation, Samarinda State Agricultural Polytechnic from July to September 2022. Isolation of bacteria was carried out by serial dilution method and then grown in NA (Nutrient Agar) media using the spread plate method. Bacterial identification was done by observing the colony morphology. The isolates that were successfully obtained were 44 bacterial isolates with the most bacterial isolates being in the A2L2 treatment as many as nine bacterial isolates. Based on the morphological characteristics of the bacteria, the bacterial isolates obtained belong to the genus *Bacillus* and *Pseudomonas*.*

Keywords: Bacterial Isolate, *Bacillus*, Waste, *Pseudomonas*.

PENDAHULUAN

Pertanian Indonesia setiap tahun mengalami perkembangan yang sangat pesat. Awalnya, pertanian yang dilakukan hanya secara tradisional meningkat dengan bertambahnya wawasan pada era 90an yang dikenal sebagai era revolusi hijau hingga Indonesia disebut sebagai negara agraria. Dampak dari hal tersebut ada sisi positif dan sisi negatif. Sisi negatif dari era tersebut adalah masyarakat menjadi ketergantungan dengan pupuk kimia, tanah mengalami degradasi yang diakibatkan residu dari pupuk kimia, dari segi fisik tanah menjadi keras, ketersediaan hara semakin rendah hingga mulai berkurangnya mikroorganisme yang dapat membantu menambat dan mengurai bahan organik menjadi nutrisi yang tersedia bagi tanaman. Hal ini menyebabkan timbulnya kesadaran terhadap lingkungan, dimana saat ini lebih mementingkan pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan dengan memanfaatkan bahan-bahan organik untuk mengoptimalkan dan meningkatkan kemampuan tanah sebagai media tanam yang baik. Konsep pertanian berkelanjutan, yaitu konsep pertanian yang dapat memenuhi kebutuhan produk berkualitas dengan jumlah yang memadai dengan mendorong dan meningkatkan siklus biologis dalam ekosistem pertanian, meningkatkan kesuburan tanah untuk jangka panjang, meningkatkan keragaman genetik serta dilakukan dengan melihat segi ekonomi, adil secara sosial dan ramah terhadap lingkungan (Dhanarajan, 2017; Dulbari et al., 2021).

Salah satu bentuk penunjang konsep pertanian berkelanjutan adalah dengan memanfaatkan bahan-bahan alami seperti limbah yang tidak dimanfaatkan menjadi bahan utama untuk menghasilkan aktivator alami pengurai bahan organik atau sebagai bahan pengomposan. Permasalahannya limbah udang merupakan limbah perikanan yang jumlahnya semakin meningkat seiring dengan meningkatnya ekspor udang. Dari proses pembekuan udang untuk ekspor, kisaran 40% dari berat total udang menjadi limbah (kulit udang). Limbah udang mengandung protein kasar yaitu berupa kitin, kitosan, protein, kalsium karbomat. Selain itu, limbah udang sendiri mengandung karotenoid berupa astaxantin yang merupakan pro vitamin A pembentukan warna kulit. Limbah udang berupa kulit kebanyakan dimanfaatkan sebagai *edible coating*, pakan ternak, biokoagulan, dan inhibitor keasamaan (Nurhikmawati et al., 2014; Pratiwi et al., 2022; Rostini & Biyatmoko, 2020; Verawati et al., 2020). Selain limbah tersebut juga limbah kelapa juga belum termanfaatkan dengan baik khususnya pada limbah air kelapa tua yang buahnya dimanfaatkan sebagai kopra. Padahal limbah air tersebut memiliki kandungan yang kaya akan hormon auksin, dan sitokinin serta unsur-unsur mineral seperti K, N, Ca, Mg, Fe, Cu, P dan S (Bakti & Nuriadi, 2018).

Teknologi pengomposan saat ini dirasa penting terutama untuk mengatasi permasalahan limbah organik, penanganan limbah pertanian dan perkebunan seperti limbah kakao, limbah organik industri, dan masalah sampah di kota-kota besar (Utami et al., 2016; Sinaga et al., 2010). Proses pengomposan dapat dipercepat dengan penambahan aktivator berupa mikroorganisme yang dapat mempercepat proses dekomposisi sampah organik. Aktivator ini dapat berasal dari mikroorganisme lokal (MOL). MOL merupakan

cairan hasil fermentasi yang menggunakan sumber daya setempat yang mudah diperoleh. MOL ini mengandung bakteri perombak bahan organik, zat perangsang pertumbuhan tanaman, agen pengendali hama penyakit, dan unsur hara yang dibutuhkan tanaman.

Hasil penelitian Satwika et al. (2021) melaporkan bahwa bakteri dari sampah organik mampu mendegradasi komponen-komponen organik. Selain itu berbagai potensi bakteri pendegradasi bahan organik banyak ditemukan dari berbagai bahan seperti dari kotoran sapi (Akhtar et al., 2013), tumpukan jerami (Faesal et al., 2017) dan seresah daun (Junaidi et al., 2019). Komponen bahan organik limbah atau sampah, seresah dan lain-lain yang menjadi target biodegradasi, yaitu selulosa (Akhtar et al., 2013; Jabir & Jabir, 2016), amilum (Krishna & Mohan, 2017), dan protein (Krishna & Mohan, 2017; Mazzucotelli et al., 2013).

Berdasarkan hasil penelitian tersebut perlu eksplorasi bahan alami yang bisa mengandung bakteri sebagai dekomposer bahan organik dari limbah kulit udang dan air kelapa, sehingga tujuan penelitian adalah untuk mengisolasi dan mengidentifikasi karakteristik morfologi bakteri pada limbah kulit udang dan limbah kelapa.

METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Agronomi Jurusan Perkebunan Politeknik Pertanian Negeri Samarinda dari bulan Juli sampai dengan September 2022.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cawan petri, tabung reaksi, pinset, autoclaf, jarum ose, pipet tetes mikro, batang pengadung, Bunsen, gelas piala 1L, Erlenmeyer 250ml dan 500 ml, shaker, tabung kultur, inkubator, *hot plate mixer*, *sprayer*, *laminar air flow* (LAF). Bahan yang digunakan sampel bahan limbah kulit udang dan limbah kelapa, kertas tisu, akuades steril, alkohol 70%, plastik wrap, *nutrient broth* (NB), agar merk swallow.

Metode Penelitian

Penelitian ini memiliki rancangan kombinasi 2 faktor. Faktor pertama metode fermentasi (A) yang terdiri dari 2 taraf yaitu:

A1 = wadah yang ada selang udara (aerob)

A2 = wadah yang tertutup rapat (anaerob)

Faktor kedua adalah bahan dasar bioaktivator (B) yang terdiri 3 taraf yaitu:

L1 = limbah kulit udang 5 kg

L2 = limbah air kelapa 1 liter

L3 = limbah udang 5kg + limbah kelapa 1 liter

Tahapan cara kerja penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pengambilan sampel

Sebanyak 6 sampel diambil berdasarkan perlakuan kombinasi di lapangan. Sampel yang diambil sebanyak 50 ml untuk yang berbentuk cair dan 25 gr untuk berbentuk padat yang kemudian diencerkan menggunakan air aquades sebanyak 50 ml dan dilakukan pencampuran menggunakan shaker selama \pm 24 jam.

2. Isolasi Bakteri

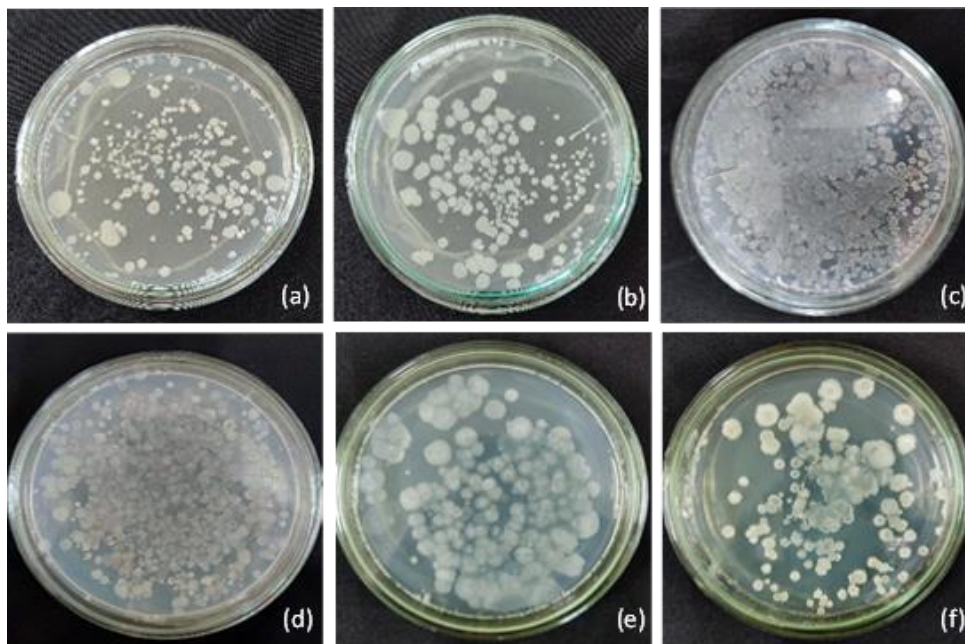
Pengisolasian bakteri dilakukan dengan menggunakan metode pengenceran (*dillution method*). Tujuan dari pengenceran bertingkat yaitu memperkecil atau mengurangi jumlah mikroba yang tersuspensi dalam cairan. Penentuan besarnya atau banyaknya tingkat pengenceran tergantung kepada perkiraan jumlah mikroba dalam sampel. Digunakan perbandingan 1 : 9 untuk sampel dan pengenceran pertama dan selanjutnya, sehingga pengenceran berikutnya mengandung 1/10 sel mikroorganisme dari pengenceran sebelumnya. Penanaman dilakukan dengan metode cawan sebar (*spread plate method*) di cawan petri steril. Inkubasi media NA dilakukan selama 48 jam pada suhu ruangan. Koloni bakteri yang menunjukkan karakter morfologi berbeda dimurnikan dengan metode gores kuadran (Nugraha et al., 2014).

3. Parameter Pengamatan

Parameter pengamatan yang dilakukan meliputi perhitungan bakteri, pengamatan karakteristik morfologi berupa bentuk, ukuran, margin, elevasi, warna, penampakan dan permukaan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada kombinasi perlakuan yang ditetapkan dapat diketahui bahwa terdapat bakteri yang memiliki jumlah pertumbuhan koloni yang beragam (Gambar 1). Bakteri yang hadir pada kombinasi perlakuan tersebut memiliki koloni bakteri yang berbeda-beda jumlah dan jenis bakteri. Jumlah koloni bakteri dapat dilihat pada tabel 1. Perlakuan A2L2 memiliki jumlah koloni terbanyak yaitu sebesar 9 koloni bakteri yang diikuti dengan perlakuan A2L1 dan A1L2 dengan jumlah 8, A2L3 dengan jumlah 7 dan A1L1 dengan jumlah 6. Bakteri yang hadir lebih banyak pada kondisi fermentasi secara anaerob. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Direstiyani (2016) dan Sato et al., (2015) yang menyatakan bahwa bakteri anaerob seperti *Lactobacillus sp*, *Thiobacillus sp*, *Pseudomonas sp*, Bakteri Hidrolisis, Bakteri *Acido*, Bakteri *Aceto*, Bakteri *Methano*, Bakteri Confidential mampu mendegradasi senyawa organik kompleks (protein, karbohidrat, lemak) menjadi asam organik dan asam amino dengan hasil samping berupa biogas dengan kandungan gas metana sekitar 50%-70%, gas CO₂ sekitar 25-45% dan sejumlah kecil nitrogen, hidrogen dan hidrogen sulfida (H₂S). Selain itu berdasarkan penelitian Mazaya et al., (2013) menyatakan bahwa proses fermentasi anaerob, bakteri mampu mempercepat proses penguraian bahan organik dibanding dengan keadaan aerob.



Gambar 1. Isolasi Bakteri dari (a) A1L1, (b) A2L1, (c) A1L2, (d) A2L2, (e) A1L3 dan (f) A2L3.

Tabel 1. Jumlah Koloni Bakteri Yang Hadir Tiap Perlakuan

No	Perlakuan	Jumlah Koloni
1	A1L1	6
2	A1L2	8
3	A1L3	6
4	A2L1	8
5	A2L2	9
6	A2L3	7
Jumlah		44

Identifikasi bakteri dengan melihat karakteristik berdasarkan makroskopis dapat diketahui pada tabel 2 yaitu terdapat 44 isolat bakteri yang bisa diperoleh dari kombinasi perlakuan yang diteliti. Pemeriksaan karakteristik makroskopis dilakukan dengan sistem manual dengan menggunakan panca indera yaitu dengan penglihatan secara langsung atau dengan bantuan alat *colony counter*. Berdasarkan hasil isolat bakteri tersebut diduga genus dari bakteri yang hadir pada perlakuan tersebut termasuk ke dalam kelompok genus *Bacillus*, dan *Pseudomonas*.

Kelompok genus *Bacillus* memiliki ciri morfologi bentuk circular dan irregular dengan bentuk tepi atau margin cenderung tidak rata atau undulate dengan warna krem dan cenderung kasar. Ciri morfologi secara makroskopis tersebut sesuai dengan hasil penelitian Puspita et al., (2017) yang menyebutkan bahwa koloni *Bacillus* memiliki bentuk dan bulat dan tidak beraturan dengan tepi koloni bermacam-macam rata dan tidak rata dengan permukaan yang kasar. *Bacillus* merupakan bakteri penghasil enzim amilase

ekstraseluler terbesar. Enzim selulase dan enzim pendegradasi selulosa lainnya seperti xylanase merupakan enzim yang umum ditemukan pada kelompok *Bacillus*. Gen yang bertanggung jawab atas aktivitas endoglukanase juga telah berhasil dikloning dari spesies kelompok *Bacillus*, endo- β glukonase terutama bertanggung jawab untuk hidrolisis ikatan glikosidik internal untuk mengurangi panjang rantai selulosa. Salah satu spesies *Bacillus*, yakni *B. amyoliquefasciens* umumnya digunakan untuk produksi ethanol dan bahan kimia industri lainnya melalui proses hidrolisis selulosa (Zahidah & Shovitri, 2013). Selain itu genus *Bacillus* memiliki sifat aerob dan anaerob fakultatif yaitu bakteri yang mampu menggunakan oksigen maupun tanpa oksigen dalam proses respirasi atau fermentasi dan bersifat motil (Saputra et al., 2015).

Mikroorganisme genus *Bacillus* yang terkandung dalam bahan yang di uji coba memiliki kemampuan sebagai pendegradasi bahan organik lebih cepat dibandingkan tanpa ada mikroorganisme di dalam pengomposan bahan tersebut. Proses degradasi bahan organik yang terjadi yaitu mikroorganisme genus ini membantu mendegradasi bahan organik yang mengandung amilum, protein dan lipid. Hal ini sesuai dengan penelitian Zhou et al., (2020) yang menyatakan bahwa mikroorganisme genus *Bacillus* diduga mampu dan lebih efisien mendegradasi sampah organik yang terlihat dari perubahan bentuk dari bahan dan berat bahan yang cepat berkurang karena terjadi degradasi bahan yang kemudian memadat menyerupai tanah. Proses degradasi bahan menjadi kompos oleh mikroorganisme genus *Bacillus* terjadi pada fase awal proses pengomposan, dimana mikroorganisme ini mengurai komponen organik yang sulit terurai seperti selulosa dan hemiselulosa, meningkatkan lingkungan mikro dan menciptakan kondisi bagi komunitas mikroorganisme untuk berkumpul, pada fase pertengahan proses pengomposan mikroorganisme genus *Bacillus* tidak aktif dan aktif kembali pada fase akhir proses pengomposan (Zhang, et al., 2021). Penelitian Moreira et al., (2020) menyatakan bahwa tanah yang mengandung mikroorganisme genus *Bacillus* berdasarkan hasil uji fisik dan kimia tanah memiliki nilai kandungan hara seperti Phosphat, Kalsium, dan Magnesium serta bahan organik dalam tanah lebih baik dibandingkan tanpa ada mikroorganisme tersebut.

Bakteri yang termasuk ke dalam kelompok bakteri *Pseudomonas* yaitu memiliki ciri-ciri secara makroskopis terlihat adalah bentuknya adanya irregular dan circular dengan tepian undulate, lobate dan entire dan elevasi cenderung datar dan ada juga yang umbonate. Hal ini sesuai dengan penelitian Ningsih et al., (2014) yang menyatakan bahwa kelompok bakteri genus *Pseudomonas* memiliki ciri morfologi bentuknya tidak beraturan atau bulat dengan tepian rata atau bergirigi dengan elevasi datar atau cembung dengan tengahnya timbul, selain itu bakteri ini mampu menguraikan bahan organik yang mengandung selulosa.

Prinsip proses degradasi bahan organik oleh mikroorganisme genus *Pseudomonas* melalui proses aerobik, senyawa organik dioksidasi menjadi CO₂, H₂O, NH₄ dan biomassa baru. Mekanisme perombakan melalui proses mineralisasi protein yang akan terbentuk amonium yang merupakan bentuk nitrogen anorganik. Selanjutnya amonium

dapat diubah oleh *Pseudomonas* menjadi bentuk-bentuk nitrit atau nitrat dalam proses nitrifikasi. Nitrat kemudian akan segera direduksi menjadi amonia begitu berada dalam sel bakteri dan bergabung sebagai senyawa organik. Aktivitas dari mikroorganisme ini memungkinkan terjadinya peningkatan pH karena NH_4^+ yang dihasilkan akan berkaitan dengan air (H_2O) sehingga terbentuk NH_4OH yang bersifat basa. Enzim-enzim yang hadir dan bekerja akibat ada mikroorganisme ini akan mengurai karbohidrat, selulosa hemiselulosa, pati, protein, asam nukleat kutin, lignin, pektin dan kitin. (Sutanto, 2011).

Peran mikroorganisme genus *Pseudomonas* dalam tanah adalah sebagai biokontrol dan pemacu pertumbuhan tanaman. Ada beberapa mekanisme mikroorganisme *Pseudomonas spp.* yang dapat terlibat dalam pemacu pertumbuhan tanaman. Peningkatan pertumbuhan tanaman mungkin disebabkan dengan mekanisme seperti produksi fitoregulasi dan mobilisasi nutrisi. Sedangkan, mekanisme tidak langsung melibatkan penurunan efek penghambatan berbagai patogen pada tanaman melalui produksi antibiotik, enzim hidrolitik, dan menginduksi resistensi sistemik pada tanaman. Seringkali, lebih dari satu mekanisme bekerja secara kompleks untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil (Walsh et al., 2001; Frey-Klett et al., 2005; Miller et al., 2008; Browne et al., 2009).

Tabel 2. Karakteristik Morfologi Isolat Bakteri Dari Limbah Kulit Udang Dan Limbah Kelapa

No	Kode Isolat	Karakteristik Morfologi						
		Bentuk	Ukuran	Margin	Elevasi	Warna	Penampakan	Permukaan
1	A1L2 (1)	Irregular	Moderate	Undulate	Crateriform	Krem	Opaque	Kasar
2	A1L2 (2)	Irregular	Small	Undulate	Flat	Krem	Translucent	Halus
3	A1L2 (3)	Irregular	Small	Lobate	Flat	Krem	Opaque	Kasar
4	A1L2 (4)	Irregular	Small	Undulate	Flat	Krem	Opaque	Kasar
5	A1L2 (5)	Circular	Small	Entire	Flat	Krem	Opaque	Halus
6	A1L2 (6)	Irregular	Large	Undulate	Flat	Krem	Opaque	Halus
7	A1L2 (7)	Irregular	Moderate	Undulate	Crateriform	Krem	Opaque	Kasar
8	A1L2 (8)	Irregular	Large	Undulate	Flat	Krem	Translucent	Halus
9	A1L3 (1)	Irregular	Moderate	Undulate	Umbonate	Krem	Opaque	Kasar
10	A1L3 (2)	Irregular	Moderate	Lobate	Crateriform	Krem	Opaque	Halus
11	A1L3 (3)	Irregular	Moderate	Undulate	Flat	Krem	Opaque	Halus
12	A1L3 (4)	Irregular	Moderate	Undulate	Flat	Krem	Opaque	Halus
13	A1L3 (5)	Irregular	Small	Undulate	Flat	Krem	Translucent	Halus
14	A1L3 (6)	Irregular	Moderate	Undulate	Flat	Krem	Opaque	Kasar
15	A2L2 (1)	Irregular	Moderate	Undulate	Umbonate	Krem	Opaque	Halus
16	A2L2 (10)	Circular	Moderate	Entire	Flat	Krem	Opaque	Halus
17	A2L2 (11)	Circular	Pin Point	Entire	Flat	Krem	Opaque	Halus
18	A2L2 (2)	Circular	Moderate	Entire	Raised	Krem	Opaque	Halus
19	A2L2 (3)	Irregular	Small	Filamentas	Flat	Krem	Opaque	Halus
20	A2L2 (4)	Circular	Small	Entire	Flat	Krem	Opaque	Halus
21	A2L2 (5)	Irregular	Small	Undulate	Flat	Krem	Opaque	Halus

No	Kode Isolat	Karakteristik Morfologi						
		Bentuk	Ukuran	Margin	Elevasi	Warna	Penampakan	Permukaan
22	A2L2 (6)	Irregular	Moderate	Undulate	Flat	Krem	Opaque	Halus
23	A2L2 (7)	Irregular	Small	Undulate	Flat	Krem	Opaque	Halus
24	A2L3 (1)	Irregular	Moderate	Undulate	Flat	Krem	Opaque	Kasar
25	A2L3 (2)	Irregular	Moderate	Undulate	Crateriform	Krem	Opaque	Kasar
26	A2L3 (3)	Irregular	Small	Serrate	Flat	Krem	Opaque	Halus
27	A2L3 (4)	Irregular	Small	Lobate	Crateriform	Krem	Opaque	Kasar
28	A2L3 (5)	Irregular	Moderate	Undulate	Crateriform	Krem	Opaque	Kasar
29	A2L3 (6)	Irregular	Large	Undulate	Flat	Krem	Opaque	Halus
30	A2L3 (7)	Irregular	Moderate	Serrate	Crateriform	Krem	Opaque	Kasar
31	A1L1 (1)	Irregular	Moderate	Undulate	Crateriform	Krem	Opaque	Kasar
32	A1L1 (2)	Circular	Moderate	Entire	Flat	Krem	Opaque	Halus
33	A1L1 (3)	Circular	Moderate	Curled	Flat	Krem	Opaque	Halus
34	A1L1 (4)	Irregular	Moderate	Undulate	Flat	Krem	Opaque	Halus
35	A1L1 (5)	Irregular	Moderate	Undulate	Flat	krem	Opaque	Kasar
36	A1L1 (6)	Irregular	Large	Undulate	Flat	Krem	Opaque	Halus
37	A2L1 (1)	Irregular	Large	Curled	Crateriform	Krem	Opaque	Kasar
38	A2L1 (2)	Irregular	Large	Undulate	Flat	Krem	Opaque	Halus
39	A2L1 (3)	Circular	Moderate	Entire	Flat	Krem	Opaque	Halus
40	A2L1 (4)	Irregular	Large	Serrate	Flat	Krem	Opaque	Halus
41	A2L1 (5)	Irregular	Large	Undulate	Flat	Krem	Opaque	Halus
42	A2L1 (6)	Irregular	Large	Serrate	Flat	Krem	Opaque	Kasar
43	A2L1 (7)	Irregular	Large	Undulate	Flat	Krem	Translucent	Halus
44	A2L1 (8)	Circular	Moderate	Entire	Flat	Krem	Opaque	Halus

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dari kombinasi perlakuan yang dilakukan diperoleh isolat bakteri sebanyak 44 isolat dengan isolat bakteri terbanyak berada pada perlakuan A2L2 sebanyak 9 isolat bakteri. Berdasarkan karakteristik morfologi bakteri dapat diketahui bahwa isolat bakteri yang diperoleh termasuk ke dalam kelompok genus *Bacillus* dan *Pseudomonas*.

DAFTAR PUSTAKA

- 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. <https://doi.org/10.1002/ep.11726>
- Bakti, D & Nuriadi, I., (2018). Penerapan teknologi pengolahan limbah kelapa sebagai pupuk organik dan nata de coco. *Abdimas Talent* 3 (1), 90-97.
- Browne, P., Rice, O., Miller, S.H., Burke, J., Dowling, D.N., (2009). Superior inorganic phosphate solubilization is linked to phylogeny within the *Pseudomonas fluorescens* complex. *Appl. Soil Ecol.* 43, 131-138.

- Direstiyani, L. C., (2016). Kajian Kombinasi Anaerobic Baffled Reactor (ABR) - Anaerobik/Aerobic Biofiter (AF) Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Tempe. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Dhanarajan, (2017). Sustainable agriculture towards food security. Springer. doi:10.1007/978-981-10-6647-4
- Dulbari, D., Yuriasnyah, Y., Sutrisno, H., (2021). Bimbingan teknis pertanian organik sebagai penerapan teknologi budidaya ramah lingkungan kepada perkumpulan kelompok tani gapsera sejahtera mandiri. *PengabdianMu Journal*, 6 (3), 258-265. doi:10.33084/pengabdianmu.v6i3.1784
- Faesal, Nurasiah Dj & Soenartiningih., (2017). Seleksi efektivitas bakteri dekomposer terhadap limbah tanaman jagung. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 1(2), 105-114.
- Frey-Klett, P., Chavatte, M., Clause, M.L., Courier, S., Le Roux, C., Raaijmakers, J., Martinotti, M.G., Pierrat, J.C., Garbaye, J., (2005). Ectomycorrhizal symbiosis affects functional diversity of rhizosphere fluorescent pseudomonads. *New Phytol.* 165, 317-328.
- 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. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.336.01.97124>
- Junaidi, L., Warsidah & Prayitno, D. I., (2019). Identifikasi bakteri serasah daun *Avicennia lanata* yang terdekomposisi pada hutan mangrove Desa Sungai Bakau Kecil. *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 2(2), 49-53.
- Krishna, M. P., & Mohan, M., (2017). Litter decomposition in forest ecosystems: a review. *Energy, Ecology and Environment*, 2(4), 236-249. <https://doi.org/10.1007/s40974-017-0064-9>
- Mazaya, M., Susatyo, E. B., & Prasetya, T., (2013). Pemanfaatan tulang ikan kakap untuk meningkatkan kadar fosfor pupuk cair limbah tempe. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2 (1), 7-11.
- 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. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612013005000038>
- Miller, S.H., Mark, G.L., Franks, A., O'Gara, F., (2008). *Pseudomonas-plant interactions*. In: Rehm, B.H.A. (Ed.), *Pseudomonas: Model Organism, Pathogen, Cell Factory*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, pp. 353-376.
- Moreira, F.M., Cairo, P.A.R., Borges, A.L., (2020). Investigating the ideal mixture of soil and organic compound with *Bacillus* sp. and *Trichoderma asperellum* inoculations for optimal growth and nutrient content of banana seedlings. *South African Journal Of Botany*, 137, 249-256.
- Ningsih, R. L., Khotimah, S. & Lovadi, I., (2014) Bakteri pendegradasi selulosa dari serasah daun *Avicennia alba* Blume di Kawasan Hutan Mangrove Peniti Kabupaten Pontianak. *Jurnal Prtobiont*, 3 (1), 34-40.
- Nugraha, R. Ardyati, T., & Suharjono. Eksplorasi bakteri selulolitik yang berpotensi sebagai agen biofertilizer dari tanah perkebunan apel Kota Batu, Jawa Timur. *Jurnal Biotropika*, (2 (3), 159-163.
- Nurhikmawati, F., Manurung, M., & Laksmiwati, A. A. I. A. M., (2014). Penggunaan kitosan dari limbah udang seabgai inhibitor keasaman tuak. *Jurnal Kimia*, 8 (2), 191-197.

- Pratiwi, I., Kurniasari, D. & Azalياهو, S., (2022). Efektivitas kulit udang (*metapenaeus monoceros*) sebagai biokoagulan pada air sungai kelekar menjadi air bersih (studi kasus: air sungai kelekar sebagai air bersih di intake water plant PLTGU Indralaya. *Kinetika*, 13 (1), 1-11.
- Puspita, F., Ali, M., & Pratama, R., (2017). Isolasi dan karakterisasi morfologi dan fisiologi bakteri *Bacillus* sp. Dari tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 6 (2), 44-49.
- Rostini, T. & Biyatmoko, D., (2020). Pemanfaatan limbah udang pada peternakan itik layer Guntung Manggis Kota Banjarbaru. *Jurnal Pengabdian Al-Ikhlas*, 5 (2), 166-175.
- Saputra, R., Arwiyanto, T., & Wibowo A., (2015). Uji aktivitas antagonistic beberapa isolat *Bacillus* spp. Terhadap penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) pada beberapa varietas tomat dan identifikasinya. *Pros SEM NAS MASY BIODIV INDON*, 1 (5), 1116-1122.
- Sato, A., Utomo, P., Abineri, H. S. B., (2015). Pengolahan limbah tahu secara anaerobic-aerobik kontinyu. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III*, 185-192.
- 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
- Sinaga, A., Sutrisno, E., & Budisulistiorini, S. H., (2010). Perencanaan pengomposan sebagai alternatif pengolahan sampah organik (studi kasus: TPA Putri Cempo – Mojosongo). *Jurnal Presipitasi*, 7(1), 13-22. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v7i1.13-22>.
- Sutanto, A., (2011). Degradasi bahan organik limbah cair nanas oleh bakteri indigen. *El-Hayah*, 1(4), 151-156.
- Utami, B. N., Astuti, A., & Supangkat, G., (2016). Pengaruh bioaktivator berbagai mikroorganisme lokal terhadap aktivitas dekomposer dan kualitas kompos kulit kakao. From https://www.academia.edu/34909571/PENGARUH_BIOAKTIVATOR_BERBAGAI_MIKROORGANISME_LOKAL_TERHADAP_AKTIVITAS_DEKOMPOSER_DAN_KUALITAS_KOMPOS_KULIT_KAKAO The Role Of Various Local Microbial Bioactivator On Decomposition Activity And Quality Of Cacao Skin Compost. Diakses 26 September 2022. (12 September 2022)
- Verawati, N., Aida, N., & Muttaqin, K., (2020). Pemanfaatan chitosan dari limbah udang galah sebagai edible coating buah tomat dengan variasi waktu penuimpanan. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 8 (3), 134-144. doi: 10.21776/ub.jpa.2020.008.03.3.
- Walsh, U.F., Morrissey, J.P., O’Gara, F., (2001). *Pseudomonas* for biocontrol of phytopathogens: from functional genomics to commercial exploitation. *Curr. Opin. Biotechnol.* 12, 289-295
- Zahidah, D. & Shovitri, M., (2013). Isolasi, karakterisasi dan potensi bakteri aerob sebagai pendegradasi limbah organik. *Jurnal Sains dan Seni POMITS*, 2 (1), 12-15.
- Zhou, S-P., Zhou, H-Y., Xia, S-N., Ying, J-M., Ke, X., Zou, S-P., Xue, Y-P., Zheng, Y-G., (2020). Efficient bio-degradation of food waste through improving the microbial community compositions by newly isolated *Bacillus* strains, *Bioresource Technology*, doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124451>.