

EFEKTIVITAS BAKTERI PSEUDOMONAS AERUGINOSA DENGAN PENAMBAHAN GARAM, RAGI, DAN KUNYIT UNTUK PENGURAIAN LIMBAH PLASTIK

Muhammad Syauqi Fittuqo

XI Olimpiade SMA Negeri 3 Semarang

muhamadsyauqi06@gmail.com

Faiq Azzam Nafidz

XI Olimpiade SMA Negeri 3 Semarang

faiq.azzam@gmail.com

Guru Pembimbing: Emut Sisoati, S.Pd, M.Pd

Abstrak

Permasalahan tentang sampah plastik telah menjadi pokok pembicaraan dalam berbagai media. Bahan plastik ini digunakan dalam berbagai jenis peralatan, seperti alat makan, kemasan, dan lain sebagainya, yang diproduksi dan dipakai secara terus-menerus di kehidupan sehari-hari. Hal ini dilakukan karena plastik memiliki ciri mudah dibentuk, kuat, awet, dan sulit terurai. Namun, ciri plastik yang sulit terurai ini dapat berdampak buruk bagi lingkungan sekitar. Dikatakan bahwa sampah plastik akan terurai selama puluhan hingga ratusan tahun oleh alam. Karena itu, banyak sampah plastik yang tertimbun di daerah-daerah, baik di darat maupun laut. Sampah-sampah ini tentunya dapat mengganggu kehidupan biota lingkungan yang ada. Maka dari itu, dilakukan penelitian tentang bakteri pengurai plastik yang bernama *Pseudomonas aeruginosa*. Bakteri ini dikatakan dapat mempercepat penguraian sampah plastik. Penelitian ini dilakukan dengan mengamati proses penguraian sampah plastik oleh *Pseudomonas aeruginosa* dalam kondisi-kondisi tertentu, seperti tidak ditambahkan zat tertentu, ditambahkan garam dapur, ragi, dan ekstrak rimpang kunyit. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian kualitatif, dengan mengamati kondisi plastik setiap pekan dan menjelaskannya dalam bentuk deskriptif. Hipotesis dari penelitian ini adalah bahwa bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dapat mempercepat penguraian sampah plastik, dan akan lebih cepat jika diberi zat garam dapur atau ragi, serta lebih lambat jika diberi zat ekstrak rimpang kunyit.

Kata kunci: sampah plastik, bakteri *Pseudomonas aeruginosa*, penguraian

Abstract

The issue of plastic garbage has become a subject of many media. Plastic is used in a variety of things, such as utensils, packaging material, and so on, that are produced and used constantly in daily life. This is done because plastics have the characteristics of being malleable, strong, durable, and difficult to decompose. However, such characteristic of plastic that is difficult to decompose can adversely affect the environment. It is said that plastic garbage will decompose for decades to hundreds of years by nature. Hence, much of the plastic garbage accumulated in areas, both land and sea garbage can inevitably interfere with the biota life of the environment. Thus, the study of plastic-redegradable bacteria called *Pseudomonas aeruginosa* was carried out. It is said to speed up the decomposition process of plastic garbage by observing the processing of *Pseudomonas aeruginosa* in certain conditions, such as no additive, added kitchen salt, yeast, and extract of turmeric compounds. The research method used is cumulative research, by observing the condition of plastic each week and illustrating it. The hypothesis is that *Pseudomonas aeruginosa* bacteria can speed up the decomposition of plastic garbage, and will be faster if given kitchen salt or yeast, and slower if given extract of turmeric compounds.

Keywords: plastic garbage, *Pseudomonas aeruginosa* bacteria, decomposition

PENDAHULUAN

Plastik telah menjadi bahan baku yang paling sering digunakan dalam kehidupan masyarakat, seperti botol minuman, kantong plastik, mainan plastik, dan lain sebagainya. Plastik sebagai material polimer atau bahan pengemas yang dapat dicetak menjadi bentuk yang diinginkan dan mengeras setelah didinginkan atau pelarutnya diuapkan (Apriyanto 2007 dan Aryanti 2013 dalam Agustina Putri Serly ,2014).

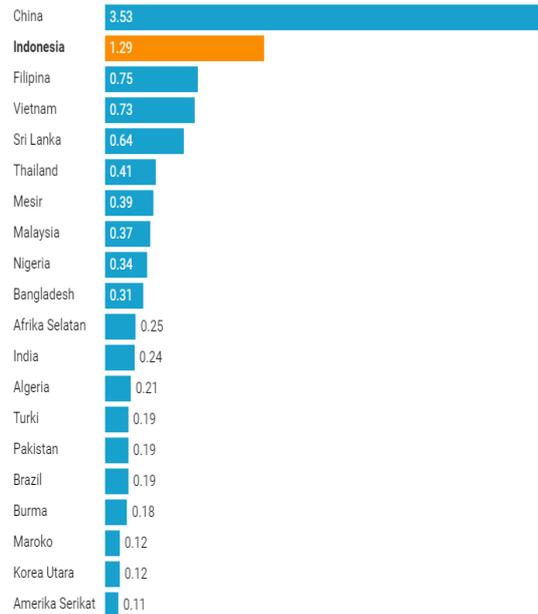
Bahan baku plastik ini merupakan bahan yang sangat sulit terurai secara alami. Dikatakan bahwa sampah plastik akan terurai selama puluhan hingga ratusan tahun oleh alam. Karena itu banyak sampah plastik yang tertimbun di beberapa daerah karena sulit terurai, baik di tanah maupun di laut. Sampah plastik ini sudah menjadi permasalahan yang mendunia. Laut-laut di dunia banyak yang tercemar oleh sampah-sampah plastik sehingga biota yang ada di laut menjadi terganggu oleh sampah-sampah yang ada.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Jenna R. Jambeck dari University of Georgia, pada tahun 2010 ada 275 juta ton sampah plastik yang dihasilkan di seluruh dunia. Sekitar 4,8-12,7 juta ton diantaranya terbuang dan mencemari laut.

Jumlah sampah plastik saat ini semakin meningkat seiring dengan penggunaannya yang semakin luas. Jumlah peningkatan timbunan sampah di Indonesia hasil studi yang dilakukan di beberapa kota tahun 2012, pola pengelolaan sampah di Indonesia sebagai berikut: diangkut dan ditimbun di TPA (69%), dikubur (10%), dikompos dan didaur ulang (7%), dibakar (5%), dan sisanya tidak terkelola (7%). Saat ini lebih dari 90% kabupaten/kota di Indonesia masih menggunakan sistem open dumping atau bahkan dibakar.

Dikutip dari CNBC Indonesia (2019), populasi pesisir yang ada di Indonesia sebesar 187,2 juta, menghasilkan 3,22 juta ton sampah plastik yang tak terkelola dengan baik. Sekitar 0,48-1,29 juta ton dari sampah plastik tersebut diduga mencemari lautan.

Jumlah Polusi Laut atas Sampah Plastik (juta ton/tahun)



Gambar 1. Grafik Jumlah Polusi Laut Atas Sampah Plastik (Jambeck, 2015)

Data ini menunjukkan bahwa Indonesia merupakan negara dengan jumlah pencemaran sampah plastik ke laut terbesar kedua di dunia. Dilihat dari data tersebut, dengan populasi besar lain yaitu India menempati urutan ke-12 dengan tingkat pencemaran plastik ke laut India sekitar 0,24 juta ton/tahun. Padahal, jumlah penduduk pesisir Indonesia hampir sama dengan India, yaitu 187 juta jiwa. Artinya memang ada sistem pengelolaan sampah yang buruk di Indonesia.



Gambar 2, Ilustrasi Timbunan Sampah Plastik (Fundrika 2021)

Hal ini tentu menimbulkan berbagai permasalahan termasuk mengganggu kehidupan organisme disekitarnya. Karena hal tersebut, dibutuhkan tindakan untuk menguraikan sampah plastik agar tidak mencemari lingkungan. Dalam hal ini, tindakan tersebut dengan menggunakan mikroba atau bakteri *Pseudomonas* untuk mempercepat penguraian sampah plastik.

Menurut tim dari Pusat Helmholtz untuk Penelitian Lingkungan-UFZ di Leipzig bakteri *Pseudomonas* sp. TDA1 merupakan bakteri yang memakan setengah dari plastik untuk meningkatkan biomasanya sendiri dan sisanya dilepas menjadi karbondioksida. Seperti organisme pemakanplastik lainnya, *Pseudomonas* mengurai polyurethane menggunakan enzim.

Dari sinilah munculnya ide penelitian ini, dengan tujuan penelitian yaitu mengetahui apakah bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dapat mempercepat penguraian sampah plastik, dan mengetahui dampak pemberian zat garam dapur, ragi, dan ekstrak rimpang kunyit dalam penguraian sampah plastik oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa*.

Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* ini merupakan bakteri yang dapat mengurai atau mendegradasi berbagai jenis hidrokarbon (hidrokarbonoklastik). Menurut Atik Sriningsih dan Maya Shovitri (2015) dalam artikelnya berjudul “Potensi Isolat Bakteri *Pseudomonas* sebagai Pendegradasi Plastik”, bakteri *Pseudomonas* bahwa bakteri ini dapat tumbuh dengan sumber karbon biomassa maupun sumber energinya melalui plastik.

Menurut Soedarto (2015) dalam bukunya yang berjudul *Mikrobiologi Kedokteran*, yang dikutip dari penelitian Dwi Apriani dalam Karya Tulis Ilmiahnya yang berjudul “Identifikasi *Pseudomonas* sp. pada Penderita Ulkus Diabetikum di Rumah Sakit Umum Pusat H. Adam Malik Medan” pada tahun 2018, klasifikasi *Pseudomonas* sp. adalah

kingdom : Bacteria,
phylum : Proteobacteria,
kelas : GammaProteobacteria,
ordo : Pseudomonadales,
famili : Pseudomonadaceae,
genus : *Pseudomonas*,
spesies : *Pseudomonas aeruginosa*.

Menurut Desiana Ika Listiani (2014) dalam artikelnya yang berjudul “Mikrobiologi *Pseudomonas aeruginosa*”, bakteri *Pseudomonas aeruginosa* merupakan bakteri gram negatif, yaitu bakteri yang tidak mempertahankan zat warna kristal violet sewaktu proses pewarnaan Gram, sehingga saat diamati dengan mikroskop, bakteri *Pseudomonas aeruginosa* berwarna merah. Bentuk bakteri ini berupa batang lurus atau lengkung dan berukuran sekitar 0,6x2 µm. Bakteri ini ditemukan tunggal, berpasangan, dan terkadang membentuk rantai pendek. Ciri

lain dari bakteri ini adalah tidak memiliki spora, tidak mempunyai selubung (sheath), dan mempunyai flagel untuk bergerak.

Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* bergerak aktif dengan satu flagel kutub (single polar flagellum). Pertumbuhan Bakteri ini dapat terjadi pada suhu 37-42°C. Jika dibiakkan pada medium agar darah, bakteri ini melakukan hemolisis beta kepada sel darah merah (sepenuhnya memecah hemoglobin dalam sel darah merah). Bakteri ini juga bersifat oksidase positif, yaitu memiliki enzim bernama sitokrom c oksidase (Soedarto, 2015).

Sebagai penerima elektron pernapasan (respiratory electron acceptor), *Pseudomonas aeruginosa* menggunakan Arginin dan Nitrat (NO₃), sehingga dapat dikatakan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* ini bersifat aerobik atau anaerobik fakultatif (Soedarto, 2015).

Bakteri ini tumbuh dengan cepat pada berbagai jenis media pembiakan, tidak meragikan laktosa, dan terkadang memproduksi bau manis seperti anggur. *Pseudomonas aeruginosa* tumbuh dengan baik pada suhu 42°C yang membantu membedakannya dari spesies *Pseudomonas* lain pada kelompok floerensens (Brooks dkk, 2005).



Gambar 3, Ilustrasi Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* (Imron, 2019)

Pseudomonas aeruginosa bersifat patogen bila masuk ke daerah dengan fungsi pertahanan abnormal, misalnya di selaput lendir dan kulit yang robek akibat kerusakan jaringan pada pemakaian kateter intravena atau pada neutropenia seperti kemoterapi kanker. Bakteri menempel dan mengkoloni pada selaput mukosa atau kulit, menginvasi secara lokal dan menimbulkan penyakit sistemik (Brooks dkk, 2005).

Dalam penelitian ini, subjek plastik yang akan diteliti adalah plastik berjenis Low Density Polyethylene (LDPE). Jenis plastik LDPE merupakan jenis plastik yang sering

digunakan sebagai kantong pembungkus suatu hal, seperti pembungkus makanan, barang belanjaan, dan barang-barang lainnya. Menurut Kusmiyati dalam artikelnya yang berjudul “Yuk, Kenali Jenis Plastik Agar Tidak Salah Pilih Kemasan Pangan” (2013), plastik LDPE memiliki ciri mudah diproses, kuat, fleksibel, kedap air, permukaan berkilin, tidak jernih namun tembus cahaya, dan melunak pada suhu sekitar 70°C. Menurut Tanuwijaya (2022) pada artikelnya yang berjudul “Mengenal Lebih Jauh Tentang Plastik LDPE”, jenis plastik LDPE memerlukan waktu hingga ratusan tahun agar dapat terurai.



Gambar 4, Kantong Plastik LDPE (Bahraini, 2023)

Penelitian ini juga membutuhkan beberapa bahan-bahan yang digunakan sebagai pemebeda kondisi lingkungan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dalam prosesnya mengurai limbah plastik. Bahan-bahan tersebut adalah garam, ragi, dan ekstrak rimpang kunyit.

Garam (NaCl) atau natrium klorida merupakan zat mineral yang sangat penting bagi kesehatan manusia dan hewan, serta industri. Bentuk mineral halit, atau garam batu, kadang-kadang disebut garam biasa untuk membedakannya dari kelas senyawa kimia yang disebut garam (Frank Osborne Wood, 2020).

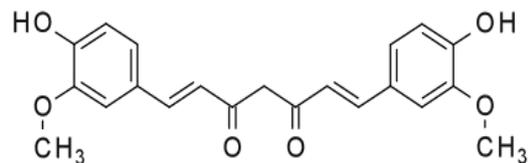
Menurut hasil penelitian yang dilakukan oleh Elabed dkk. pada artikel berjudul “Seawater Salt-Trapped *Pseudomonas aeruginosa* Survives for Years and Gets Primed for Salinity Tolerance” pada tahun 2019, menyatakan bahwa *Pseudomonas aeruginosa* dapat bertahan hidup di dalam kristal air laut yang asin selama bertahun-tahun. Setelah pemulihan, bakteri tersebut terlihat memiliki kemampuan yang lebih baik untuk tumbuh di kondisi lingkungan

bergaram.

Ragi adalah sediaan mikroorganisme hidup yang diperlukan untuk proses fermentasi/peragian produk pangan. Mikroorganisme dalam ragi dapat berkembang biak dengan membelah dirinya seperti mikroba lainnya jika berada pada makanan. Pada penelitian ini, ragi yang digunakan adalah ragi berspesies *Saccharomyces cerevisiae*, ragi yang sering digunakan dalam pembuatan makanan dan minuman berfermentasi seperti minuman anggur, bir, kue, dan sebagainya.

Beberapa jenis ragi mengeluarkan racun. Jenis ragi tersebut dinamakan ragi pembunuh. Ragi pembunuh ini memiliki kemampuan untuk menghasilkan senyawa antimikroba yang dapat menghambat pertumbuhannya pada beberapa jamur dan bakteri berbahaya (Qingtian Li, 2012).

Menurut Dwiyantri (2020:3), rimpang kunyit (nama latin: *Curcuma domestica* Val.) merupakan jenis rempah-rempah yang sering digunakan sebagai bumbu dalam berbagai jenis masakan. Kunyit termasuk ke dalam salah satu suku tanaman temu-temuan (Zingiberaceae). Selain peran kunyit yang telah disebutkan oleh Dwiyantri, rimpang kunyit juga berperan sebagai anti inflamasi, antimikrobia, antidiabetik, antikanker, antihepatotoksik dan antioksidan. Bahan aktif utama dalam kunyit adalah kurkumin, kurkumin memiliki kandungan anti-inflamasi dan sumber antioksidan.



Gambar 5, Struktur Kimia Kurkumin (1,7-bis-(4'-hidroksi-3'-metoksifenil)hepta-1,6-diena-3,5-dion)

Tanaman kunyit tumbuh bercabang dengan tinggi 40-100 cm. Batang kunyit merupakan batang semu, tegak, bulat, membentuk rimpang dengan warna kekuningan dan tersusun dari pelapah daun (agak lunak). Daun tunggal, bentuk bulat telur (lanset) memanjang hingga 10-40 cm, lebar 8-1,25 cm dan bertulangan menyirip dengan warna hijau pucat.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Andrew Pangeman, Fatimawali, dan Fona Budiarto (2016), didapat bahwa ekstrak rimpang kunyit (*Curcuma longa*) memiliki kemampuan

antimikroba terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas sp.* Hal ini disebabkan adanya zat aktif yang terkandung dalam rimpang kunyit. Zat aktif yang terkandung dalam ekstrak rimpang kunyit (*Curcuma longa*) yang kemungkinan dapat menghambat pertumbuhan bakteri yaitu kurkuminoid (meliputi kurkumin, desmetoksikurkumin dan bisdesmetoksikurkumin) dimana dari ketiga senyawa tersebut, kurkumin merupakan komponen terbesar.

METODE

Metode penelitian ini dilakukan dengan metode penelitian kualitatif. Percobaan dilakukan di laboratorium SMA Negeri 3 Semarang dengan sampel kantong plastik berjenis plastik Low Density Polyethylene (LDPE). Ada tiga variabel yang digunakan, yaitu yaitu variabel bebas, terikat, dan kontrol. Variabel bebas berisikan kondisi lingkungan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dalam prosesnya mengurai limbah plastik, yaitu kondisi bergaram, tercampur ragi, dan tercampur ekstrak rimpang kunyit; variabel terikat terdiri dari proses penguraian limbah plastik yang diuji; sedangkan variabel kontrol terdiri dari bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan plastik LDPE.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- gelas kaca 100 ml,
- kantong plastik jenis LDPE dengan berat 100 gram,
- air,
- bakteri *Pseudomonas aeruginosa*,
- garam dapur,
- ragi,
- ekstrak rimpang kunyit,
- plastik wrap,
- *dropper*.

Penelitian dimulai dengan menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan. Lalu beri label A sampai D pada tiap gelas kaca. Setelah itu, air dimasukkan secukupnya ke dalam setiap gelas kaca. Selanjutnya, dimasukkan garam dapur ke dalam gelas B, ragi ke dalam gelas C, dan ekstrak rimpang kunyit pada gelas D, masing-masing secukupnya. Masukkan plastik jenis LDPE dengan berat 100 gram ke dalam masing-masing gelas kaca. Setelah itu, dimasukkan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dengan

dropper ke dalam tiap gelas kaca. Setelah itu, tutup tiap gelas kaca menggunakan plastik wrap. Lalu, amati dan catat perubahan plastik di dalam gelas kaca pada tiap pekan selama 2 bulan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Tabel 1. Hasil Pengamatan Penguraian Sampah Plastik oleh Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*

Pekan ke-	Kondisi plastik			
	Gelas A	Gelas B	Gelas C	Gelas D
1.	Baik	Baik	Baik	Baik
2.	Baik	Baik	Baik	Baik
3.	Baik	Baik	Baik	Baik
4.	Baik	Baik	Baik	Baik
5.	Baik	Baik	Baik	Baik
6.	Baik	Baik	Baik	Baik
7.	Baik	Mulai rusak	Mulai rusak	Baik
8.	Mulai rusak	Mulai rusak	Mulai rusak	Baik

Pembahasan

Penelitian ini bertujuan mengetahui apakah bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dapat mempercepat penguraian sampah plastik dan mengetahui lama penguraian sampah plastik kresek oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dengan tanpa

penambahan apapun, penambahan garam, penambahan ragi, dan penambahan kunyit. Penelitian ini dilakukan dengan menguji penguraian kantong plastik berjenis LDPE dengan berat 50 gram oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa* di dalam gelas kaca berukuran 100 ml berisi air dengan 4 kondisi, yaitu tidak diberi zat apapun (gelas A), diberi zat garam dapur (gelas B), ragi (gelas C), dan ekstrak rimpang kunyit (gelas D). Gelas-gelas tersebut lalu ditutup dengan plastik wrap dan ditingkatkan dan diamati selama 8 pekan atau dua bulan.

Percobaan yang telah dilakukan pada plastik yang berada di gelas A belum terlihat terurai pada pekan ke-1 sampai ke-7, dan mulai terurai saat pekan ke-8. Dari hal ini, dapat dikatakan bahwa bakteri *Pseudomonas aeruginosa* ini walaupun tidak diberi zat apapun dapat mempercepat penguraian sampah plastik yang diujikan, karena penguraian plastik pada umumnya terurai sepenuhnya selama hingga ratusan tahun (Tanuwijaya, 2022).

Pada plastik yang ada di gelas B belum terlihat terurai pada pekan ke-1 sampai ke-6, dan mulai terurai saat pekan ke-7. Hal ini menunjukkan bahwa bakteri *Pseudomonas aeruginosa* lebih cepat mengurai plastik dalam kondisi lingkungan bergaram daripada dalam kondisi lingkungan normal (gelas A).

dan C belum terlihat terurai pada pekan ke-1 sampai ke-6, dan mulai terurai saat pekan ke-7, sedangkan plastik yang ada di dalam gelas D belum terlihat terurai dari pekan ke-1 hingga pekan ke-8.

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa plastik dalam gelas B dan C mulai terlihat terurai lebih dahulu dari plastik yang ada di gelas A, sementara itu plastik dalam gelas D tidak terlihat terurai semenjak percobaan dimulai (pekan ke-1) hingga percobaan berakhir (pekan ke-8). Jika gelas A sampai D diurutkan berdasarkan cepat mulainya penguraian plastik, maka urutan yang didapat adalah B-C-A-D dengan gelas B dan C seri.

Dari data yang telah didapat, ekstrak rimpang kunyit ketika ditambahkan bersama bakteri *Pseudomonas aeruginosa* memperlambat proses penguraian plastik. Hal ini terjadi karena ekstrak rimpang kunyit mengandung zat aktif berupa kurkuminoid (meliputi kurkumin, desmetoksikurkumin, dan bisdesmetoksikurkumin) dapat menghambat pertumbuhan bakteri terutama

bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas sp.* (Fitri, 2017).

SIMPULANDANSARAN

Simpulan

1. Percobaan ini menghasilkan kesimpulan bahwa bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dapat mempercepat penguraian sampah plastik.
2. Dampak yang ditimbulkan oleh pemberian zat garam dapur dan ragi dalam penguraian sampah plastik oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dapat mempercepat penguraian plastik dibandingkan dengan tanpa pemberian zat. Sementara pemberian zat ekstrak rimpang kunyit memperlambat proses penguraian sampah plastik oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa*.

Saran

Penelitian yang telah dilakukan ini jauh dari sempurna. Masih banyak hal yang perlu dikaji dan ditingkatkan guna menganalisis efektivitas bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dalam mengurai plastik dalam kondisi-kondisi tertentu. Penelitian yang dilakukan ini dianjurkan kepada para pembaca untuk mengembangkan lagi dari hasil penelitian yang telah dibuat yaitu dengan menambah durasi percobaan hingga selama minimal 1 tahun untuk melihat perbedaan yang lebih signifikan antara kondisi-kondisi yang ada.

Jika para pembaca ingin mengembangkan/mereplikasi penelitian yang telah dibuat ini, disarankan untuk dilakukan menggunakan alat pengaman, seperti sarung tangan, jas laboratorium, kacamata laboratorium dalam pelaksanaan penelitian. Disarankan juga untuk melaksanakan penelitian ini di laboratorium dengan alat-alat yang diperlukan dalam keadaan baik sehingga penelitian yang dijalankan akan berjalan dengan lancar dan maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adharsyah, Taufan. 2019. "Sebegitu Parah Ternyata Masalah Sampah Plastik di Indonesia". Diakses pada tanggal 23 November 2023 dari <https://www.cnbcindonesia.com/lifest>

- Apriani, Dwi. 2018. "Identifikasi *Pseudomonas sp.* pada Penderita Ulkus Diabetikum di Rumah Sakit Umum Pusat H. Adam Malik Medan". Diakses pada tanggal 23 November 2023 dari <http://repo.poltekkes-medan.ac.id/jspui/bitstream/123456789/4026/1/DWI%20APRIANI.pdf>
- Bahraini, Amanda. 2018. "Jenis-Jenis Plastik & Contohnya: HDPE, PC, LDPE, PP, PET/PETE, PVC". Waste4change. Diakses pada 12 Januari 2024 dari <https://waste4change.com/blog/tipe-dan-jenis-plastik/>
- Dwiputri, Nanda. 2013. "Pemanfaatan Biji Durian Sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik Biodegradable dengan Asticizer (Sorbitol) dan Tepung Tapioka". Diakses pada tanggal 23 November 2023 dari <http://eprints.polsri.ac.id/1925/3/BAB%20II%20Nanda.pdf>
- Elabed, Hamouda dkk. 2019. "Seawater Salt-Trapped *Pseudomonas aeruginosa* Survives for Years and Gets Primed for Salinity Tolerance. PubMed Central. Diakses pada tanggal 12 Januari 2024 dari <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6591848/>
- Fitri, Syam. 2017. "Upaya Biodegradasi Limbah Plastik Berwarna (Gelombang Pendek) dengan Penambahan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus thuringiensis*". Makassar: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar. Diakses pada tanggal 25 November 2023 dari <https://docplayer.info/124640339-Upaya-biodegradasi-limbah-plastik-berwarna-gelombang-pendek-dengan-penambahan-bakteri-pseudomonas-aeruginosa-dan-bacillus-thuringiensis.html>
- Fundrika, Bimo Aria. 2021. "Kepulauan Seribu Darurat Sampah, Butuh Penguatan Wisata Ramah Lingkungan". Suara.Com. Diakses pada tanggal 23 November 2023 dari <https://www.suara.com/lifestyle/2021/12/06/111500/kepulauan-seribu-darurat-sampah-butuh-penguatan-wisata-ramah-lingkungan>
- Jannah Rauzatul. 2016. "Pengaruh Aplikasi Bakteri *Bacillus cereus* dan *Pseudomonas aeruginosa* terhadap Produktivitas Tanaman Padi yang Terinfeksi Penyakit Blas sebagai Referensi Mata Kuliah Mikrobiologi". Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Darussalam Banda Aceh. Diakses pada 14 Januari 2024 dari <https://repository.ar-raniry.ac.id/id/eprint/216/1/Rauzatul%20Jannah.pdf>
- Jiwanjaya, Yoga. 2015. "Mikrobiologi *Pseudomonas aeruginosa*". Diakses pada tanggal 25 November 2023 dari www.biologiedukasi.com/2014/11/mikrobiologi-pseudomonas-aeruginosa.html
- Imron, Muhammad Fauzul. 2019. "Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* untuk Pengolahan Limbah Cair dengan Kandungan Aluminium". Universitas Airlangga. Diakses pada tanggal 11 Januari 2024 dari <https://fst.unair.ac.id/bakteri-pseudomonas-aeruginosa-untuk-pengolahan-limbah-cair-dengan-kandungan-aluminium/>
- Kusmiyati. 2013. "Yuk, Kenali Jenis Plastik Agar Tidak Salah Pilih Kemasan Pangan". Diakses pada tanggal 23 November pada tanggal 25 November 2023 dari <https://www.liputan6.com/health/read/723512/yuk-kenali-jenis-plastik-agar-tidak-salah-pilih-kemasan-pangan>
- Listiani, Desiana Ika. 2014. "Mikrobiologi *Pseudomonas aeruginosa*". biologiedukasi.com. Diakses pada tanggal 12 Januari 2024 dari <https://www.biologiedukasi.com/2014/11/mikrobiologi-pseudomonas-aeruginosa.html>
- Madhu. 2021. "Difference Between Positive and Negative Oxidase Test". Difference Between.com. Diakses pada tanggal 14 November 2024 dari <https://www.differencebetween.com/difference-between-positive-and-negative-oxidase-test/>
- Pangestu, N. S., A. Budiharjo, and M. I. Rukmi. 2016. "Isolasi, Identifikasi 16S rRNA dan Karakterisasi

- Morfologi Bakteri Pendegradasi Plastik Polietilen (PE)". *Jurnal Akademi Biologi*, vol. 5, no. 1, pp. 24-29. Diakses pada tanggal 25 November 2023 dari <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/biologi/article/view/19478/0>
- Saputri, Arsita Dewi. 2019. "Kajian Formulasi Sari Kunyit (*Curcuma domestica* VAL.) dan Sari Buah Lemon (*Citrus limon* (L.) Burm.f.) Terhadap Sifat Fisikokimia dan Organoleptik Permen Jelly". Diakses pada tanggal 25 November 2023 dari <https://repository.usm.ac.id/files/skripsi/D11A/2014/D.111.14.0067/D.111.14.0067-15-File-Komplit-20190308010210.pdf>
- Soedarto. 2015. *Mikrobiologi Kedokteran*. Jakarta: CV. Sagung Seto.
- Sriningsih, Atik dan Maya Shovitri. 2015. "Potensi Isolat Bakteri *Pseudomonas* sebagai Pendegradasi Plastik". Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Diakses pada tanggal 12 Januari 2024 dari <https://media.neliti.com/media/publications/15619-ID-potensi-isolat-bakteri-pseudomonas-sebagai-pendegradasi-plastik.pdf>
- Syam, Fitri. 2017. "Upaya Biodegradasi Limbah Plastik Berwarna (Gelombang Pendek) dengan Penambahan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Bacillus thuringiensis*". Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar. Diakses pada tanggal 23 November 2023 dari <https://repositori.uin-alauddin.ac.id/11879/1/FITRI%20SYAM.PDF>
- Tanuwijaya, Chandra. 2022. "Mengenal Lebih Jauh Tentang Plastik LDPE". LinkedIn. Diakses pada tanggal 12 Januari 2024 dari <https://www.linkedin.com/pulse/mengenal-lebih-jauh-tentang-plastik-ldpe-chandra-tanuwijaya/?originalSubdomain=id>
- Wayoi, Grafellia P. Fette. 2018. "Bioremediasi Air Laut Terkontaminasi Limbah Minyak Menggunakan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*". Makassar: Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar. Diakses dari http://digilib.unhas.ac.id/uploaded_files/temporary/DigitalCollection/NTNmZTU4ZDc5YTVmNGM2YjJiMjI2NzQwOWFkMGY1OWZjYjNiM2U1OA==.pdf#
- Wibowo, Ari. 2020. "Potensi Pengembangan Standar Nasional Indonesia (SNI) Produk Garam Konsumsi Beryodium dalam Rangka Meningkatkan Daya Saing". Diakses pada tanggal 25 November 2023 dari [https://ppis.bsn.go.id/downloads/2020/POTENSI%20PENGEMBANGAN%20STANDAR%20NASIONAL%20INDONESIA%20\(SNI\)%20PRODUK%20GARAM%20KONSUMSI%20BERYODIUM%20DALAM%20RANGKA%20MENINGKATKAN%20DAYA%20SAING.pdf](https://ppis.bsn.go.id/downloads/2020/POTENSI%20PENGEMBANGAN%20STANDAR%20NASIONAL%20INDONESIA%20(SNI)%20PRODUK%20GARAM%20KONSUMSI%20BERYODIUM%20DALAM%20RANGKA%20MENINGKATKAN%20DAYA%20SAING.pdf)
- Woollacott, Emma. 2021. "Jamur 'pemakan plastik' dan bakteri E-coli: Apa bisa jadi solusi krisis sampah global?". BBC News Indonesia. Diakses dari <https://www.bbc.com/indonesia/majalah-58022078>
- Qingtian Li dkk. 2012. "Bactericidal Activity Against Meticillin-Resistant *Staphylococcus aureus* of a Novel Eukaryotic Therapeutic Recombinant Antimicrobial Peptide". Diakses pada tanggal 14 Januari 2024 dari <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924857912001203>
- Wuryanti, W., & Murnah, M. (2012). Uji Ekstrak Bawang Bombay Terhadap Anti Bakteri Gram Negatif *Pseudomonas aeruginosa* dengan Metode Difusi Cakram. *Jurnal Sains dan Matematika*, 17(3), 151-158. Diakses dari <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/sm/article/view/3280>