

TA/TL/2022/1476

TUGAS AKHIR
POTENSI BAKTERI DARI ALIRAN SUNGAI PROGO
YOGYAKARTA SEBAGAI AGEN BIOREMEDIASI
MIKROPLASTIK

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



AFIFAH NUR YUNISHA
18513027

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2022

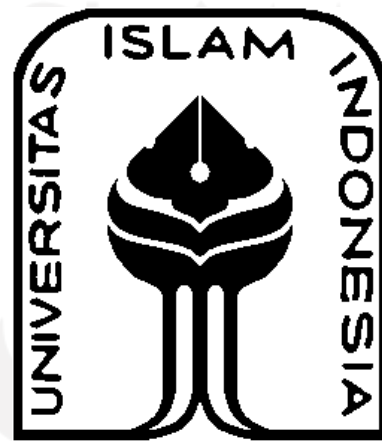


“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

TUGAS AKHIR
POTENSI BAKTERI DARI ALIRAN SUNGAI PROGO
YOGYAKARTA SEBAGAI AGEN BIOREMEDIASI
MIKROPLASTIK

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



الجامعة الإسلامية
الاندونيسية

AFIFAH NUR YUNISHA
18513027

Disetujui,
Dosen Pembimbing:

Adelia Anju Asmara S.T., M.Eng.

NIK. 195130101

Tanggal:

Annisa Nur Lathifah S.Si., M.Biotech., Ph.D.

NIK. 155130505

Tanggal:

Mengetahui,*
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII

Eko Siswoyo S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

NIK. 025100406

Tanggal: 26 Agustus 2022

HALAMAN PENGESAHAN

**POTENSI BAKTERI DARI ALIRAN SUNGAI PROGO
YOGYAKARTA SEBAGAI AGEN BIOREMEDIASI
MIKROPLASTIK**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Rabu
Tanggal : 24 Agustus 2022

Disusun Oleh:

**AFIFAH NUR YUNISHA
18513027**

Tim Penguji :

Penguji 1: Adelia Anju Asmara S.T., M.Eng.

Penguji 2 : Annisa Nur Lathifah S.Si., M.Biotech., Ph.D.

Penguji 3 : Dewi Wulandari S.Hut., M.Agr., Ph.D.





“Halaman ini sengaja dikosongkan

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 24 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Afifah Nur Yunisha

NIM: 18513027



“Halaman ini sengaja dikosongkan

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الاندونيسية

PRAKATA

Puji syukur selalu terpanjatkan kepada Allah SWT atas limpahan karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil terselesaikan. Judul yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak Februari 2022 ini ialah “Potensi Bakteri Dari Aliran Sungai Progo Yogyakarta sebagai Agen Bioremediasi Mikroplastik”. Tugas akhir ini sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi guna memperoleh gelar sarjana strata satu pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Pada pengerjaan tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak bantuan serta dukungan dari berbagai pihak, dengan itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis yang selalu memberi dukungan serta mendo'akan penulis sehingga dilancarkan dalam pengerjaan tugas akhir.
2. Ibu Annisa Nur Lathifah S.Si., M.Biotech., Ph.D. dan Bu Adelia Anju Asmara S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing tugas akhir dengan segala bantuan, waktu, ilmu, serta kesabarannya dalam membimbing penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Ibu Dewi Wulandari S.Hut., M.Agr., Ph.D. selaku dosen penguji tugas akhir atas segala arahan, ilmu serta koreksi yang diberikan kepada penulis.
4. Ibu Rina Isnikartika S.Si beserta staf Laboratorium Bioteknologi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia yang telah membantu pengujian serta pengambilan data di laboratorium.
5. Teman-teman Teknik Lingkungan 2018 yang membantu penulis dalam bentuk moriil dan materiil.
6. Teman-teman di Cikarang yang membantu penulis dalam bentuk moriil dan juga materiil.
7. Semua pihak yang bersedia membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Tugas akhir yang ditulis ini masih jauh dari kata sempurna, maka penulis berharap kritik dan saran yang membangun untuk disampaikan guna dijadikan

sebagai koreksi untuk penulis dalam memperbaiki tugas akhir. Semoga tugas akhir ini bermanfaat.

Yogyakarta, 24 Agustus 2022



Afifah Nur Yunisha





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

AFIFAH NUR YUNISHA. Potensi Bakteri dari Aliran Sungai Progo Yogyakarta Sebagai Agen Bioremediasi Mikroplastik. Dibimbing oleh ADELIA ANJU ASMARA S.T., M.Eng. dan ANNISA NUR LATHIFAH S.Si., M.Biotech., Ph.D.

Keberadaan plastik di lingkungan sangat persisten dan sulit sekali terurai, dan plastik yang berada di lingkungan seiring berjalannya waktu akan menjadi bentuk bagian kecil yakni mikroplastik. Sampah plastik yang berada di daratan banyak sekali yang berakhir ke sungai, mengalir ke muara, dan berakhir ke laut. Perlu adanya teknologi alternatif seperti biodegradasi yang dilakukan oleh bakteri. Dalam penelitian ini, akan dilakukan eksplorasi bakteri yang berpotensi dalam mendegradasi mikroplastik yang berlokasi di aliran Sungai Progo, Yogyakarta. Sampel air, di uji keragaman jenis morfologi koloni bakterinya menggunakan media *Dillute Nutrient Broth* (DNB) dengan cara *Pour Plate*. Isolat bakteri dominan yang terisolasi kemudian di uji seberapa besar kemampuan membentuk *clear zone* di area sekitaran mikroplastik pada media *Nutrient Agar* (NA) untuk mengetahui potensi degradasinya terhadap mikroplastik. Isolat bakteri diuji selama 30 hari dalam keadaan suhu 30°C. Pada hari ke-14 dilakukan penambahan *reagen congo red* guna melihat lebih jelas *clear zone* yang terbentuk. Plastik yang digunakan untuk uji degradasi berjenis *Polypropylene* (PP). Dalam penelitian ini terdapat 6 isolat bakteri dominan. Berdasarkan hasil analisis morfologi koloni dan sel isolat bakteri tersebut memiliki kemiripan dengan bakteri pada genus *Staphylococcus*, *Micrococcus*, dan *Sarcina*. Dalam penelitian ini salah satu isolat bakteri dominan yakni isolat J membentuk *clear zone* terbesar dengan diameter ± 5 mm. Hasil tersebut mengindikasikan isolat J mempunyai potensi terbesar dalam biodegradasi mikroplastik.

Kata kunci: Bakteri Pendegradasi, Biodegradasi, Mikroplastik, Bioremediasi, Sungai Progo

ABSTRACT

AFIFAH NUR YUNISHA. *The Potential of Bacteria from the Yogyakarta Progo River as a Microplastic Bioremediation Agent. Supervised by ADELIA ANJU ASMARA S.T., M.Eng. and ANNISA NUR LATHIFAH S.Si., M.Biotech., Ph.D.*

*The presence of plastic in the environment is very persistent and very difficult to decompose, and plastic that is in the environment over time will form small parts, namely microplastics. A lot of plastic waste on land ends up in rivers, flows into estuaries, and ends up in the sea. There is a need for alternative technologies such as biodegradation carried out by bacteria. In this study, an exploration of bacteria that have the potential to degrade microplastics will be carried out located in the Progo River, Yogyakarta. Water samples were tested for the diversity of bacterial colony morphology using Dillute Nutrient Broth (DNB) media by Pour Plate method. The isolated dominant bacterial isolates were then tested for their ability to form a clear zone in the area around microplastics on Nutrient Agar (NA) media to determine their potential for degradation of microplastics. Bacterial isolates were tested for 30 days at 30°C. On the 14th day, Congo red reagent was added to see more clearly the clear zone formed. The plastic used for the degradation test is Polypropylene (PP). In this study, there were 6 dominant bacterial isolates. Based on the results of the morphological analysis of the colonies and cells, these bacterial isolates were similar to bacteria in the genus *Staphylococcus*, *Micrococcus*, and *Sarcina*. In this study, one of the dominant bacterial isolates, isolate J, formed the largest clear zone with a diameter of ± 5 mm. These results indicated that isolate J had the greatest potential in microplastic biodegradation.*

Keywords: *Degrading Bacteria, Biodegradation, Microplastics, Bioremediation, Progo River*



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Mikroplastik	6
2.2 Biodegradasi Mikroplastik	7
2.3 Bakteri Pendegradasi Mikroplastik	7
2.4 Mekanisme Bakteri Pendegradasi Mikroplastik	8
2.5 Sungai Progo Yogyakarta	9
2.6 Penelitian Terdahulu	10
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	13
3.2 Diagram Alir Penelitian	14
3.3 Jenis dan Variabel Penelitian	15
3.4 Alat dan Bahan Penelitian	15
3.5 Metode Pengumpulan Data	15
3.6 Tahapan Penelitian	16
3.7 Metode Analisis Data	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Hasil Identifikasi Bakteri dari Air Sungai Progo Yogyakarta	24
4.1.1 Identifikasi Koloni Bakteri	24
4.1.2 Identifikasi Morfologi Koloni	26
4.1.3 Identifikasi Morfologi Sel Bakteri	33
4.2 Uji Degradasi Bakteri	37
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	44

5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	57
RIWAYAT HIDUP	77





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Titik Koordinat Sampling di Aliran Sungai Progo Yogyakarta	13
Tabel 4. 1 Jenis-jenis Morfologi Koloni dan Morfologi Sel Bakteri Air Sungai Progo Yogyakarta.....	26
Tabel 4. 2 Morfologi Koloni Bakteri Dominan dari Sampel Air Aliran Sungai Progo Yogyakarta.....	33
Tabel 4.3 Morfologi Sel dari Sampel Air Aliran Sungai Progo Yogyakarta	34
Tabel 4. 4 Morfologi Sel Bakteri Dominan.....	37
Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran Clear Zone pada Bakteri Dominan Sampel Air Aliran Sungai progo Yogyakarta	38



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk dari Mikroplastik <i>fiber</i> , <i>fragmen</i> , dan <i>film</i>	6
Gambar 2.2 Bentuk Karakteristik Koloni Bakteri (Badriyah, 2015 dikutip dalam Harley & Prescott, 2002)	8
Gambar 2.3 Lokasi Pengambilan Sampel di Aliran Sungai Progo Yogyakarta	9
Gambar 3.1 Lokasi Titik Sampling.....	13
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	14
Gambar 3.3 Tahap Pengambilan Sampel	16
Gambar 3.4 Tahap Pembuatan Media <i>Dillute Nutrient Broth</i>	17
Gambar 3.5 Tahap Pembuatan Media <i>Nutrient Agar</i>	17
Gambar 3.6 Tahap Isolasi dan Seleksi Bakteri.....	18
Gambar 3.7 Tahap Iddentifikasi Morfologi Koloni Bakteri.....	19
Gambar 3.8 Tahap Identifikasi Morofologi Sel Bakteri.....	20
Gambar 3.9 Tahap Uji Degradasi Mikroplastik	21
Gambar 4.1 Hasil Perhitungan Koloni TPC dalam Media <i>Dillute Nutrient Broth</i> + 2% <i>bacto</i> agar.....	25
Gambar 4.2 Morfologi Koloni Bakteri di Titik Sampling 1 Sampel Air Sungai Progo Yogyakarta.....	27
Gambar 4.3 Morfologi Isolat Dominan di Nutrient Agar dalam Cawan Petri dari Titik Sampling 1 (Umur 3 hari)	28
Gambar 4.4 Morfologi Koloni Bakteri di Titik Sampling 2 Sampel Air Sungai Progo Yogyakarta.....	29
Gambar 4.5 Morfologi Isolat Dominan di Nutrient Agar dalam Cawan Petri dari Titik Sampling 2 (Umur 3 hari)	30
Gambar 4.6 Morfologi Koloni Bakteri di Titik Sampling 3 Sampel Air Sungai Progo Yogyakarta.....	31
Gambar 4.7 Morfologi Isolat Dominan di Nutrient Agar dalam Cawan Petri dari Titik Sampling 3 (Umur 3 hari)	32
Gambar 4.8 Clear Zone yang Terbentuk di Kode Isolat B2 dalam Media Nutrient Agar	40
Gambar 4.9 Clear Zone yang Terbentuk di Kode Isolat K1 dalam Media Nutrient Agar	40
Gambar 4.10 Clear Zone yang Terbentuk pada Bakteri Kode Isolat F2 Media Nutrient Agar	41
Gambar 4.11 Clear Zone yang Terbentuk pada Bakteri Kode Isolat J1 Nutrient Agar..	41
Gambar 4.12 Clear Zone yang Terbentuk pada Bakteri Kode Isolat O2 Media Nutrient Agar	42
Gambar 4.13 Clear Zone yang Terbentuk pada Bakteri Kode Isolat P1 Media Nutrient Agar	42
Gambar 4.14 Contoh Trash Trap yang Dapat Diterapkan di Sungai (Brooijmans et al., 2019).....	46

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengambilan Sampel Tanggal 7 Februari 2022 di Aliran Sungai Progo Yogyakarta.....	57
Lampiran 2. Tahap Isolasi dan Seleksi Bakteri.....	58
Lampiran 3. Morfologi Koloni Bakteri pada Media DNB di Titik Sampling 1.....	58
Lampiran 4. Morfologi Koloni Bakteri pada Media DNB di Titik Sampling 2.....	60
Lampiran 5. Morfologi Koloni Bakteri pada Media DNB di Titik Sampling 3.....	61
Lampiran 6. Tabel Keragaman Koloni Bakteri dari Titik Sampling 1.....	63
Lampiran 7. Tabel Keragaman Koloni Bakteri dari Titik Sampling 2.....	64
Lampiran 8. Tabel Keragaman Koloni Bakteri dari Titik Sampling 3.....	65
Lampiran 9. Hasil Perhitungan Densitas Bakteri.....	66
Lampiran 10. Hasil Isolasi Koloni Bakteri yang Berhasil Hidup dan Dimurnikan.....	66
Lampiran 11. Hasil Pertumbuhan Bakteri Pada NA Miring.....	68
Lampiran 12. Pewarnaan Gram Bakteri.....	69
Lampiran 13. Proses Penumbuhan Bakteri Pendegradasi ke Media NA.....	70
Lampiran 14. Degradasi Mikroplastik pada Media NA Umur 3 Hari.....	70
Lampiran 15. Clear Zone yang Terbentuk pada Bakteri Kode Isolat B1 dalam Media Nutrient Agar.....	72
Lampiran 16. Clear Zone yang Terbentuk pada Bakteri Kode Isolat K2 dalam Media Nutrient Agar.....	73
Lampiran 17. Clear Zone yang Terbentuk pada Bakteri Kode Isolat F1 Media Nutrient Agar.....	73
Lampiran 18. Clear Zone yang Terbentuk pada Bakteri Kode Isolat J2 Media Nutrient Agar.....	74
Lampiran 19. Clear Zone yang Terbentuk pada Bakteri Kode Isolat O1 Media Nutrient Agar.....	74
Lampiran 20. Clear Zone yang Terbentuk pada Bakteri Kode Isolat P2 Media Nutrient Agar.....	75



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الاندونيسية

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai manusia pada umumnya, aktivitas yang sebagian besar dilakukan pastinya meninggalkan residu, seperti sampah, polutan, maupun bahan sisa lainnya. Dimana hal-hal tersebut dapat berdampak buruk terhadap lingkungan jika jumlah yang dihasilkan sangat berlebih dan tidak adanya penanganan yang tepat. Dari sekian banyak permasalahan lingkungan yang ada saat ini, limbah plastik merupakan salah satu ancaman yang menjadi perhatian dunia (Widianarko & Hantoro, 2018). Hal ini dikarenakan plastik merupakan salah satu benda yang sering kali digunakan manusia di setiap harinya. Dimana 80% penggunaan plastik ini didominasi oleh industri makanan di Indonesia (Nasution, 2015). Di tiap tahunnya penggunaan plastik meningkat sekitar 12% per tahun dan diproduksi sekitar 0,15 miliar ton per tahun secara global di seluruh dunia (Kumari *et al.*, 2019).

Keberadaan plastik di lingkungan sangat persisten dan sulit terurai dengan sendirinya. Hal ini menjadi salah satu masalah lingkungan yang cukup menjadi perhatian besar karena plastik tidak bisa membusuk dan memiliki potensi toksisitas untuk lingkungan sekitarnya. Utamanya, partikel plastik seperti mikroplastik yang sering terlepas ke lingkungan terdiri dari beberapa jenis seperti polietilen (PE), polivinil klorida (PVC), polipropilen (PP), dan polietilen terflarat (PET) (Miri *et al.*, 2022).

Menurut Bhardwaj (2012), plastik yang merupakan bagian dari polimer kompleks dimana umur degradasi yang dimiliki plastik cukup lama. Plastik yang masuk ke perairan nantinya akan mengapung sampai akhirnya terdegradasi oleh sinar matahari (fotodegradasi), abrasi mekanik dan oksidasi hingga terbentuk menjadi fragmen-fragmen terkecil atau mikroplastik (Zhang *et al.*, 2017). Mikroplastik itu sendiri merupakan fragment atau bagian dari

plastik yang terdegradasi dimana ukuran partikel yang dimiliki kurang dari 5 mm (Kershaw, 2015).

Mikroplastik dapat berdampak buruk bagi kehidupan makhluk hidup di darat maupun di air. Widianarko & Hantoro (2018) menyatakan, ekosistem perairan di laut, pantai, maupun sungai dapat terganggu, karena perubahan plastik menjadi mikroplastik dan juga nano plastik tersebut dapat menimbulkan masuknya mikroplastik ke dalam rantai makanan dan berakhir dalam tubuh manusia, dimana manusia ini sebagai tingkatan paling atas dalam rantai makanan. Jika hal ini terus terjadi akan berdampak buruk terhadap lingkungan maupun ekosistem yang ada terutama di perairan.

Penanganan limbah plastik yang telah dilakukan untuk mengurangi timbulan sampah plastik seperti mendaur ulang sampah tersebut, dapat dikatakan masih kurang optimal, diperlukan alternatif untuk dapat mengurangi permasalahan mikroplastik di lingkungan, yakni dengan bantuan mikroorganisme seperti bakteri sebagai agen pendegradasi mikroplastik di lingkungan. Menurut Luenge *et al.*, (2003) terdapat lebih dari 90 genus jenis bakteri maupun fungi yang mampu mendegradasi mikroplastik, diantaranya *Pseudomonas sp.*, *Azotobacter*, *Bacillus megaterium*, *Halomonas sp.*, dan lain-lain. Dimana mikroorganisme yang tinggal di lingkungan, seperti di air laut memiliki caranya sendiri dalam mendegradasi plastik. Bakteri akan membentuk biofilm pada permukaan plastik atau polimer, yang kemudian dilanjutkan dengan proses deteriorasi, serta adanya kegiatan enzimatik yang akan memecahkan polimer menjadi bentukan oligomer, monomer dan juga dimer (Anjana *et al.*, 2020).

Terdapat banyak anak sungai yang berakhir di Sungai Progo karena panjangnya aliran sungai ini, selain menjadi sungai terbesar di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY), Sungai Progo juga merupakan muara pembuangan limbah yang ada di DIY. Pada pembahasannya Isti *et al.*, (2014) menyatakan, sepanjang aliran Sungai Progo terdapat buangan limbah domestik rumah sakit yang telah dikelola dari IPAL dan dilepas ke salah satu anak Sungai Progo. Selain itu terdapat limbah dari industri rumahan yang

dibuang ke sungai tanpa dikelola terlebih dahulu, dan juga adanya buangan dari limbah pertanian, limbah domestik serta limbah dari pasar hewan. Jika ditelusuri lebih jauh lagi di sepanjang aliran sungainya, Sungai Progo memiliki area dimana lahannya seringkali dijadikan sebagai industri, permukiman, maupun pertanian dimana dari kegiatan tersebut berkembang cukup pesat karena semakin bertambahnya pertumbuhan penduduk (Antoro, 2014).

Dari banyaknya kegiatan tersebut memperlihatkan potensi limbah maupun sampah yang berakhir di Sungai Progo cukup tinggi. Dimana hal tersebut dapat dibuktikan dari adanya penumpukan sampah plastik yang sering kali terjadi di Sungai Progo, Yogyakarta. Berdasarkan dari sumber berita Kompas pada tanggal 18 Januari 2021, sepanjang 200 meter bibir pantai muara ditutupi oleh sampah plastik, sandal, pecahan botol, maupun kayu yang bercampur menjadi satu. Tidak banyak sampah yang bisa dimanfaatkan, bahkan jika bisa dimanfaatkan pun hanya kurang dari 10% saja. Di lokasi tersebut sampah plastik menjadi sorotan karena paling dominan dari sampah yang lain.

Sungai Progo menghasilkan berat sampah rata – rata pertahunnya hingga 279 m³/s, dimana dari 20 sungai yang menghasilkan sampah plastik terbanyak di dunia, Sungai Progo merupakan salah satunya (Lebreton *et al.*, 2017). Di tahun 2018, situs Mongabay mengutip dari *The Ocean Cleanup* (2017), bahwasanya beberapa sungai besar yang ada di Indonesia dijuluki sebagai tempat pembuangan akhir, salah satunya yakni Kali Progo, hal tersebut karena sering kali ditemukan jutaan ton plastik dibuang ke sungai dengan menggunakan truk sampah.

Umumnya sampah plastik ini memiliki waktu yang sangat lambat dalam proses penguraiannya, ini yang menyebabkan sampah plastik bisa bertahan lama di lingkungan hingga masuk ke perairan, terutama di Sungai Progo, Yogyakarta. Berdasarkan uraian latar belakang diatas dan merujuk pada penelitian sebelumnya, informasi mengenai potensi bakteri bioremediasi mikroplastik di Perairan Sungai Progo, Yogyakarta belum

pernah dilaporkan sebelumnya. Oleh karenanya, penelitian ini dilakukan untuk mengeksplorasi potensi bakteri pendegradasi mikroplastik pada aliran Sungai Progo, Yogyakarta. Adanya penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi, maupun bahan penelitian lanjutan, dalam proses menangani limbah mikroplastik di Sungai Progo Yogyakarta agar lebih optimal kedepannya.

1.2 Perumusan Masalah

Berikut rumusan masalah yang telah disusun berdasarkan latar belakang diatas:

- a. Bagaimana keragaman jenis bakteri yang ada pada aliran Sungai Progo Yogyakarta?
- b. Bagaimana kemampuan bakteri yang didapat pada sampel air Sungai Progo Yogyakarta dalam mendegradasi limbah mikroplastik?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang ada, terdapat tujuan penelitian sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi keragaman jenis bakteri dari aliran Sungai Progo.
- b. Menguji kemampuan bakteri yang didapat pada sampel air Sungai Progo Yogyakarta dalam mendegradasi limbah mikroplastik.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu, diharapkan hasil penelitian dapat dijadikan sebagai informasi serta edukasi bagi masyarakat, pemerintah, ataupun instansi lain di bidangnya, untuk mengetahui lebih jauh mengenai potensi bakteri pendegradasi yang bisa dijadikan sebagai agen bioremediasi mikroplastik. Serta bisa dijadikan sebagai solusi dalam menangani masalah mikroplastik di lingkungan. Selain itu, penelitian ini juga dapat dijadikan sebagai acuan perbandingan penelitian ataupun penelitian lanjutan mengenai mikroplastik di masa yang akan datang pada aliran Sungai Progo Yogyakarta.

1.5 Ruang Lingkup

Dalam penelitian ini terdapat beberapa ruang lingkup yang diperlukan seperti berikut:

- a. Sampel air diambil dari aliran Sungai Progo Yogyakarta.
- b. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *grab sampling* di 3 titik.
- c. Uji degradasi mikroplastik oleh bakteri dilakukan dengan menggunakan media *Nutrient Agar* (NA) di dalam cawan petri.
- d. Kemampuan degradasi bakteri dibuktikan dengan menguji besaran area *clear zone* yang dapat dilakukan oleh bakteri pendegradasi mikroplastik.
- e. Penelitian ini berskala laboratorium di Laboratorium Bioteknologi Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
- f. Jenis plastik yang digunakan dalam degradasi yakni *Polypropylene* (PP)

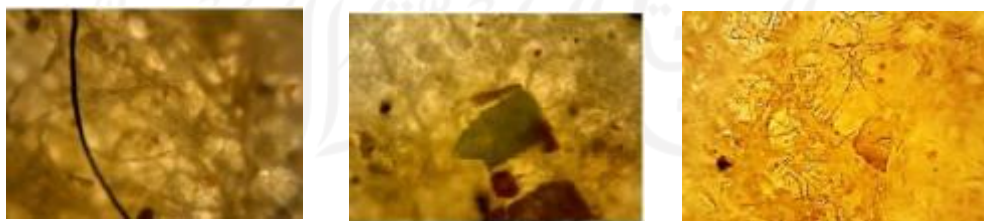
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikroplastik

Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan Hildago *et al.*, (2012) mikroplastik ini mampu terakumulasi dengan jumlah yang banyak dalam air laut dan juga sedimen. Mikroplastik itu sendiri merupakan fragmen atau bagian dari plastik yang terdegradasi dimana ukuran partikel yang dimiliki kurang dari 5 mm. Menurut Layn & Ira (2020), keberadaan mikroplastik di lingkungan terutama pada perairan, seringkali terjadi akibat adanya proses penguraian yang terjadi secara mekanis, hal ini dibantu oleh aksi gelombang serta proses lainnya yang mengakibatkan plastik terurai menjadi potongan-potongan kecil.

Mikroplastik ini memiliki dampak yang cukup berpengaruh terhadap biota air, jika mikroplastik tertelan dalam tubuh biota air tersebut dapat mengganggu serta merusak saluran pencernaan, menurunkan kadar hormon steroid, mempengaruhi reproduksi, mengurangi tingkat pertumbuhan, dan dapat merusak ekosistem perairan tersebut (Wright *et al.*, 2013).

Berdasarkan bentuknya, mikroplastik dapat dibagi menjadi beberapa kategori seperti *film*, *pellet*, *fiber*, *fragment*, dan *foam*. Dan bentuknya dapat dilihat pada Gambar 2.1.



(1) *Fiber*

(2) *Fragmen*

(3) *Film*

Gambar 2.1 Bentuk dari Mikroplastik *fiber*, *fragmen*, dan *film*

(Sumber: Cahyono, 2019)

2.2 Biodegradasi Mikroplastik

Pendegradasian plastik hingga menjadi mikroplastik secara fisik bisa melalui berbagai cara. Salah satunya, yakni karena paparan radiasi sinar UV dimana menimbulkan adanya degradasi oksidatif pada polimer. Plastik dapat mengalami perubahan seperti menjadi lebih mudah hancur atau menjadi lunak jika terpapar terus menerus, dan juga mengalami kepekatan warna yang berkurang. Faktor lainnya dapat dipengaruhi oleh gelombang laut, angin, serta aktivitas manusia dan hewan mampu memicu pendegradasian plastik menjadi mikroplastik (Kershaw, 2015).

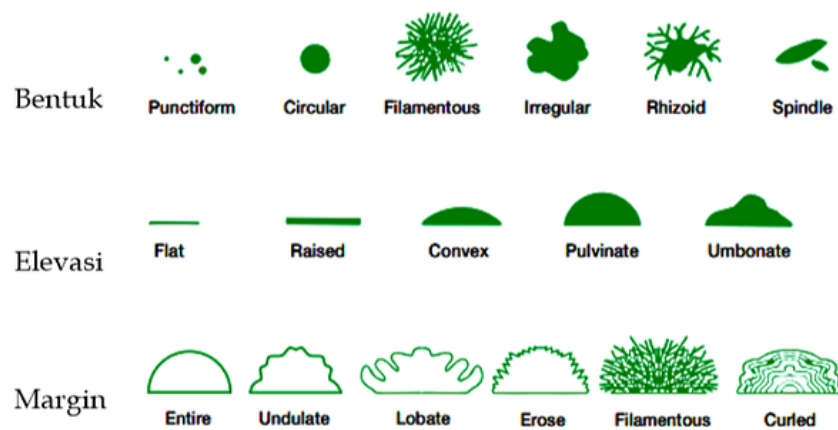
Biodegradasi mikroplastik secara biologi, mampu terjadi karena adanya organisme sebagai agen yang berperan dalam meremediasi. Seperti halnya mikroorganisme yang berperan dalam mendegradasi, yaitu dengan cara menghasilkan enzim. Namun, enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme tersebut sangat dipengaruhi oleh faktor dilingkungannya seperti suhu, pH dan juga berat serta ukuran dari molekul substratnya itu sendiri. Mikroorganisme yang mampu mendegradasi tersebut yakni bakteri dan juga fungi (Roohi *et al.*, 2017).

2.3 Bakteri Pendegradasi Mikroplastik

Menurut Dash dan Dash (2014), biodegradasi merupakan adanya senyawa kimia yang berasal dari mikroorganisme seperti bakteri. Adanya proses biodegradasi oleh bakteri ini dapat terjadi dalam keadaan aerob maupun anaerob. Terdapat beberapa bakteri pendegradasi yang berasal dari air laut seperti *Aspergillus sp.* (Devi *et al.*, 2015), *Pseudomonas sp.*, dan *Arthrobacter sp.* yang mampu mendegradasi jenis plastik HDPE (Balasubramanian, 2010), kemudian pada jenis plastik LDPE pada bakteri *Bacillus sphericus* dan *Bacillus cereus* (Sudhakar *et al.*, 2008), serta pada jenis plastik nylon terdapat bakteri *Bacillus cereus*, *Bacillus sphericus*, *Vibrio furnissii* dan juga *Brevundimonas vesicularis* (Sudhakar *et al.*, 2008).

Terdapat beberapa bentuk morfologi koloni bakteri, Harley & Prescott

(2022) menyatakan, koloni bakteri pada agar dapat dibedakan karakteristiknya berdasarkan *Form* (bentuk), *Elevation* (permukaan), *Margin* (tepi/pinggiran), serta dari warnanya. Dimana karakteristik pada bentuk koloninya ada *punctiform*, *circular*, *filamentous*, *irregular*, *rhizoid*, dan juga *spindle*. Sedangkan untuk permukaan pada koloni dibagi menjadi *flat*, *raised*, *convex*, *pulvinate*, dan *umbonate*. Untuk tepi koloni dibagi menjadi *lobate*, *undulate*, *entire*, *erose*, *curled*, dan *filament*. Karakteristik koloni pada bakteri dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Karakteristik Koloni Bakteri

Gambar 2.2 Bentuk Karakteristik Koloni Bakteri (Badriyah, 2015 dikutip dalam Harley & Prescott, 2002)

2.4 Mekanisme Bakteri Pendegradasi Mikroplastik

Biodegradasi oleh mikroorganisme memiliki langkah-langkah secara umum, yakni diawali dengan mikroorganisme yang melekat pada permukaan plastik, yang kemudian akan membentuk biofilm. Lalu dilanjutkan dengan adanya proses terdegradasinya polimer ini berguna untuk sumber makanan maupun sumber energi bagi mikroorganisme. Kemudian terjadi degradasi polimer dan juga disintegrasi di akhir polimer (Arutchelvi, 2008). Dalam prosesnya, biasanya rantai polimer yang terpotong memerlukan bantuan dari beberapa mikroorganisme, dimana suatu bakteri bisa melakukan pemisahan

polimer dan menjadi monomer, sedangkan bakteri lainnya menjadikan monomer tersebut menjadi senyawa yang bisa disederhanakan lagi (Anggiani, 2020).

2.5 Sungai Progo Yogyakarta



Gambar 2. 3 Lokasi Pengambilan Sampel di Aliran Sungai Progo Yogyakarta

(Sumber gambar : Dokumentasi Pribadi)

Dari banyaknya sungai yang ada di Daerah Istimewa Yogyakarta, Sungai Progo merupakan salah satu sungai terbesar, dimana sungai ini mengalir di Daerah Istimewa Yogyakarta dan juga Jawa Tengah. Sungai Progo memiliki panjang sungai kurang lebih hingga 140 km, yang berhulu dari Gunung Sindoro dan memiliki hilir atau bermuara di perbatasan antara Kabupaten Kulonprogo dan juga Kabupaten Bantul (Arbie *et al.*, 2015). Berdasarkan penelitian Lebreton *et al.*, (2017) menyebutkan, adanya 20 sungai dimana sungai tersebut merupakan sungai penghasil sampah terbanyak yang ada di dunia, dan Sungai Progo termasuk ke dalam salah satunya, dan disebutkan Sungai Progo menghasilkan 279 m³/s pada berat rata-rata per tahunnya.

Utami *et al.*, (2022) dalam penelitiannya membahas mengenai adanya keberadaan mikroplastik pada sedimen di hilir Sungai Progo dan Sungai Opak, dimana kelimpahan mikroplastik di sedimen hilir Sungai Progo berkisar dari 209,37 – 1.173,25 partikel/kg. Seperti yang diketahui, hilir pada Sungai Progo yakni merupakan akumulasi dari beban pencemaran yang adanya dari aktivitas manusia seperti, limbah domestik rumah tangga, pasar, hotel, tempat wisata, industri, nelayan, serta restoran. Dilain itu, adanya sumber pencemar dari persawahan yang menggunakan mulsa plastik dan seiring berjalannya waktu akan terdegradasi menjadi bagian-bagian kecil mikroplastik dan nantinya berakhir masuk ke dalam aliran sungai (Nizzetto *et al.*, 2016).

2.6 Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa sumber penelitian sebelumnya untuk membantu serta mendukung penelitian tugas akhir ini, berikut beberapa sumber yang digunakan:

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Nama Penelitian	Keterangan
1	Analysis of Indigenous Bacteria as Microplastic Degradation of Sediment in the Sea Waters of Dumai, Riau Province	Deni Pakpahan, Dessy Yoswaty, Nursyirwani (2021)	Penelitian ini guna mengetahui potensi bakteri yang ada pada Sedimen Air Laut di Dumai, Riau. Menggunakan jenis plastik PET penelitian ini mencari jenis bakteri yang dapat di gunakan untuk mendegradasi plastik tersebut, dan didapatkan hasil penelitian di kode bakteri ISL 8 merupakan bakteri <i>Bacillus sp</i> dengan morofologi sel bakteri gram positif dan berbentuk batang.

2	Potensi Isolat Bakteri <i>Pseudomonas</i> sebagai Pendegradasi Plastik	Atik Sriningsih dan Maya Shovitri (2015)	Pengendalian pencemaran mikroplastik dengan cara teknologi bioremediasi yang memanfaatkan bakteri <i>Pseudomonas</i> . Uji ini guna mengetahui kemampuan bakteri <i>Pseudomonas</i> dalam mendegradasi mikroplastik, plastik yang digunakan plastik berwarna hitam, putih dan transparan. Dan masing-masing hasilnya, bakteri ini mampu mendegradasi plastik hitam sebesar 2,7%, plastik putih 3,3%, dan plastik transparan 4,5% selama 3 bulan masa inkubasi.
3	Biodegradasi Plastik oleh Mikroorganisme	Annisa Nur Islami (2018)	Penelitian ini guna mengetahui kemampuan mikroorganisme dalam melakukan pendegradasian mikroplastik yang terpapar di lingkungan. Analisis proses biodegradasi ini dilakukan dengan menggunakan FTIR untuk mengetahui perubahan gugus fungsinya, dan juga SEM untuk mengetahui perubahan morfologi mikroplastiknya. Dalam penelitian ini didapatkan hasil bakteri <i>Pseudomonas sp.</i> Mampu mendegradasi 2-19% plastik.
4	Uji Coba Produksi Mikroorganisme Pendegradasi (Penghancur) Sampah Plastik	Elpawati (2015)	Uji kemampuan bakteri pendegradasi sampah plastik dari tempat pembuangan akhir di Ciputat, serta uji coba lapangan dan tes produksi. Penelitian ini menghasilkan 32 isolat murni, dan melakukan uji penentuan degradasi menggunakan plastik jenis polietilen dengan <i>shaker inkubator</i> selama 1 bulan dalam keadaan suhu ruang dan agitasi 130 rpm. Setelah 1 bulan kode isolat 22TSB memiliki persentase degradasi yakni 17,9245%

			dengan morfologi bentuk sel batang, tidak berspora, dan termasuk dalam gram positif.
5	Purifikasi dan Uji Degradasi Bakteri Mikroplastik dari Perairan Muara Sungai Musi, Sumatera Selatan	Rizky Okta Vianti, Melki, Rozirwan, dan Anna Ida Sunaryo Purwiyanto (2020)	Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi tipe atau jenis apa saja yang mampu mendegradasi limbah mikroplastik serta sejauh apa kemampuan isolat bakteri tersebut dalam mendegradasi limbah mikroplastik. Identifikasi bakteri ini dilakukan dengan uji biokimia otomatis (VITEK-2). Dan ditemukan 3 jenis bakteri dari 6 isolat yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi plastik, yakni <i>Vibrio fluvialis</i> , <i>Serratia rubidaea</i> , <i>Serratia marcescens</i> dan <i>Pseudomonas putida</i> .

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Waktu penelitian yang direncanakan kurang lebih selama 6 bulan, terhitung sejak Februari 2022 hingga Juli 2022. Lokasi penelitian dilakukan di Aliran Sungai Progo Yogyakarta, yang dilakukan pada 3 titik lokasi sampling sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Lokasi Titik Sampling

Sumber gambar: *Google Earth & QGIS 2.18.28*

Tabel 3. 1 Titik Koordinat Sampling di Aliran Sungai Progo Yogyakarta

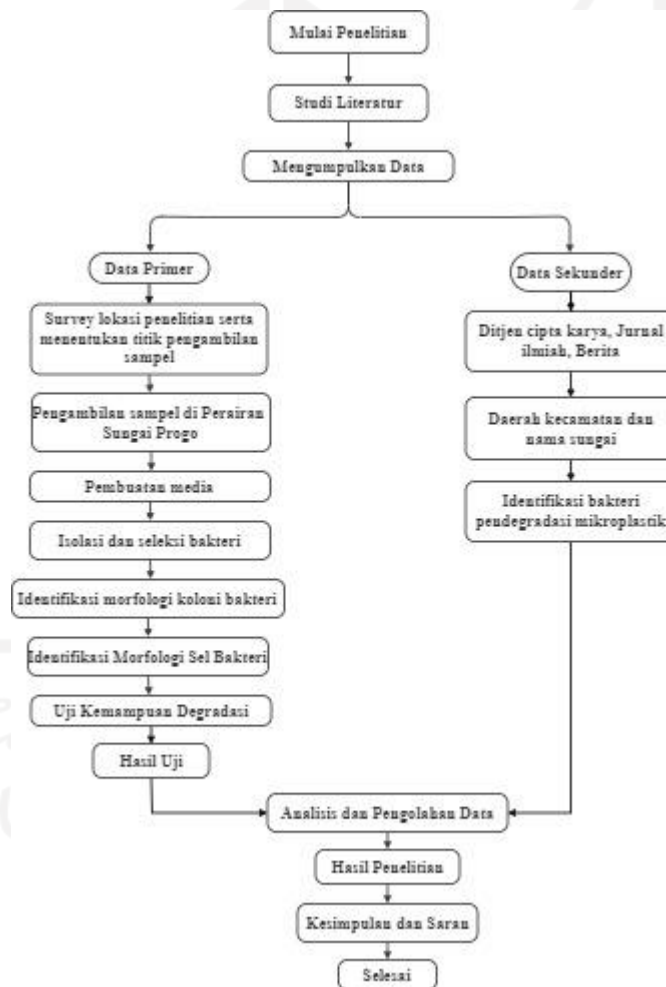
Titik Sampling	Titik Koordinat
1	7°56'18"S 110°14'35"E
2	7°56'17"S 110°14'34"E
3	7°56'17"S 110°14'32"E

Titik pengambilan sampel dilakukan di aliran Sungai Progo, dimana lokasi titik sampling berada di Jembatan Srandakan Lama, Kabupaten Kulon Progo. Pemilihan titik ini karena rencana awal penelitian dilakukan di lokasi Muara Sungai Progo, namun kondisi arus ombak di muara yang tidak

memungkinkan untuk melakukan sampling. Sehingga terpilihlah Jembatan Srandakan Lama untuk lokasi penelitian. Setelah sampling dilakukan, kemudian pengujian sampel akan dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

3.2 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini, terdapat alur yang dapat digambarkan dalam bentuk diagram alir seperti berikut:



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

3.3 Jenis dan Variabel Penelitian

Berikut merupakan variabel yang akan ditetapkan dan ditinjau dalam penelitian ini:

- a. Variabel Bebas: Sampel Air Sungai Progo Yogyakarta yang berpotensi adanya bakteri pendegradasi mikroplastik
- b. Variabel Terikat: Jenis bakteri pendegradasi mikroplastik
- c. Variabel Kontrol: Berupa suhu dan kelembaban

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini diperlukan alat dan bahan sebagai pendukung, alat yang dibutuhkan yakni, *water sampler*, botol sample, *cooler box*, cawan petri, jarum ose, bunsen, kaca preparat, mikropipet, pipet tip, sendok sungsu, kaca arloji, pipet tetes, pipet ukur, karet hisap, *magnetic stirrer*, biji *stirrer*, gelas beaker, spektrofotometer, kuvet, *water bath shaker*, erlenmeyer, tabung reaksi, rak tabung reaksi, mikroskop, neraca analitik, inkubator, lemari pendingin, botol semprot, pinset, gunting, mistar, pH meter, oven, *Laminar Air Flow (LAF)*, *Total Plate Count (TPC)*, autoklaf, dan *vortex mixer*.

Bahan – bahan yang diperlukan, sampel air dari Perairan Sungai Progo Yogyakarta, *Nutrient Agar (NA)*, *Nutrient Broth (NB)*, *Bacto Agar*, safranin, *iodine*, alkohol 70%, H_2SO_4 , alkohol 96%, aquades, parafilm, plastik klip, lugol, larutan tipol, tissue, kapas, karet, label, aluminium foil, kertas coklat, *crystal violet*, *congo red*, dan spiritus.

3.5 Metode Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilakukan dalam 2 metode, yakni:

- a. Data Primer

Untuk metode data primer, didapatkan dengan melakukan observasi secara langsung ke tempat sampling untuk mengambil bahan uji, serta melakukan pengujian di laboratorium.

- b. Data Sekunder

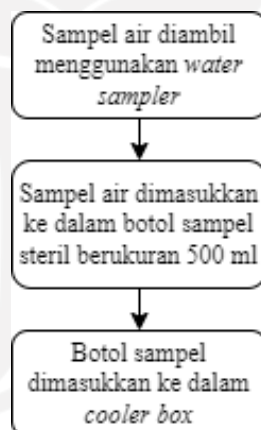
Adanya data sekunder, guna penguat data yang sudah ada pada data primer, juga sebagai pendukung argumen. Data sekunder pada penelitian ini berasal dari studi literatur, jurnal, karya ilmiah, maupun standar nasional yang diperlukan.

3.6 Tahapan Penelitian

Berikut merupakan tahapan penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini:

a. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *grab sampling* di 3 titik aliran Sungai Progo Yogyakarta yang merepresentatifkan keadaan Sungai Progo. Sampel air diambil menggunakan *water sampler*, lalu dimasukkan ke dalam botol sampel 500 ml yang telah disterilkan. Setelah itu, sampel dimasukkan dalam *cooler box* untuk diuji di laboratorium.

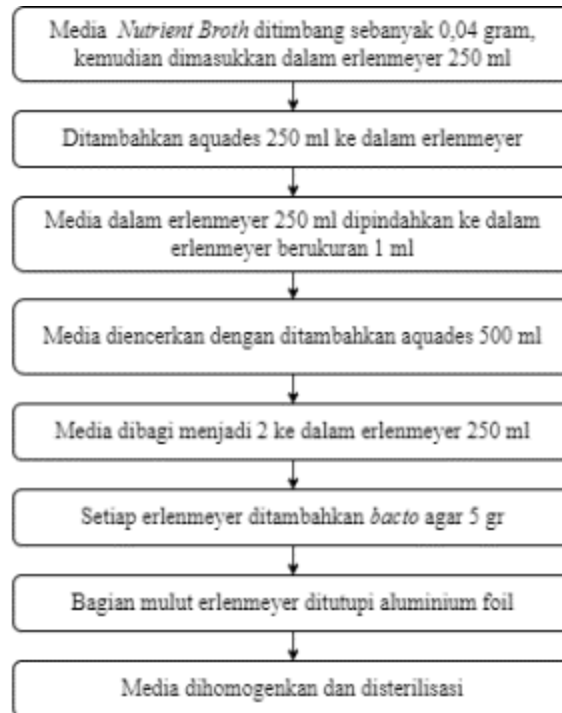


Gambar 3. 3 Tahap Pengambilan Sampel

b. Pembuatan Media

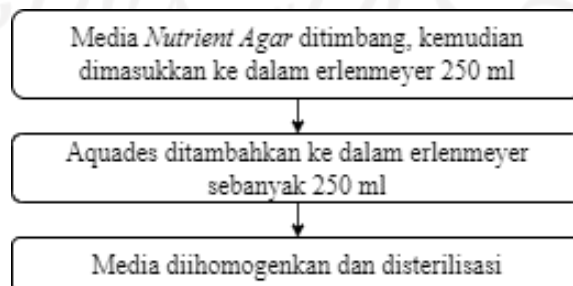
Penggunaan media dalam penelitian ini berupa media *Nutrient Agar* (NA) dan juga *Dillute Nutrient Broth* (DNB). Pembuatan media DNB diawali dengan, menimbang media *Nutrient Broth* (NB) sebanyak 0,04 gr, kemudian media dimasukkan dalam gelas beker, dan ditambahkan aquades 250 ml. Media NB kemudian dipindahkan ke dalam erlenmeyer 1 liter, lalu diencerkan dengan ditambahkannya aquades hingga mencapai 500ml. Media NB dibagi menjadi 2 dalam erlenmeyer 250 ml, dan masing-masing

erlemeyer ditambahkan 5 gr *bacto* agar. Kemudian bagian mulut erlenmeyer ditutupi dengan aluminium foil. Setelah itu dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer*, dan disterilisasi menggunakan autoklaf.



Gambar 3. 4 Tahap Pembuatan Media *Dillute Nutrient Broth*

Selanjutnya, untuk pembuatan media NA, diawali dengan memasukkan media NA ke dalam erlenmeyer 250 ml, lalu ditambahkan aquades 250 ml, kemudian dihomogenkan dengan *magnetic stirrer*, lalu setelah homogen media NA disterilisasi dalam autoklaf. Kemudian, media dapat dituangkan ke dalam tabung reaksi untuk dijadikan NA miring dan juga dituangkan ke cawan petri.

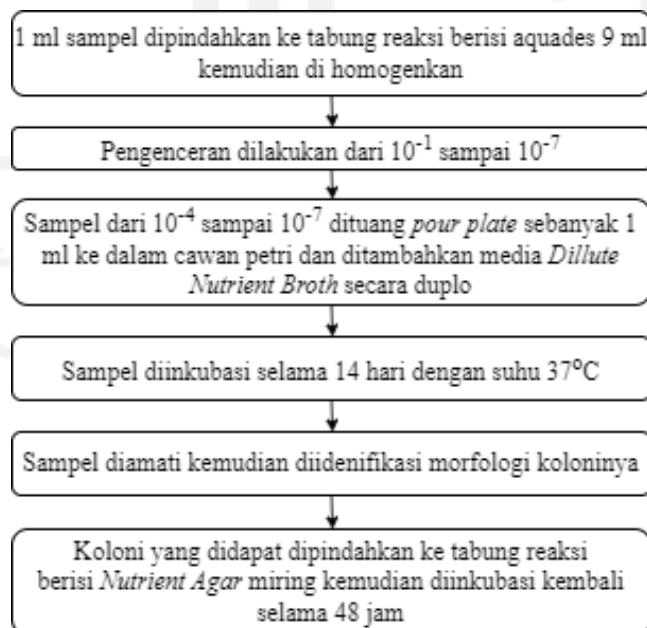


Gambar 3. 5 Tahap Pembuatan Media *Nutrient Agar*

c. Isolasi dan Seleksi Bakteri

Ditahap ini sampel bakteri dikulturisasi dengan metode *direct plating*, menggunakan media *Dillute Nutrient Broth* (DNB). Diawali dengan memberi label pada tabung reaksi dan cawan petri yang telah disterilkan. Kemudian dilakukan pengenceran bertingkat, 1 ml sampel diambil dan dipindahkan ke tabung reaksi berisi aquades sebanyak 9 ml dengan label 10^{-1} yang kemudian dihomogenkan. Dari tabung reaksi berlabel 10^{-1} , kemudian diambil lagi 1 ml dan dipindahkan ke tabung reaksi berisi 9 ml aquades berlabel 10^{-2} setelah itu dihomogenkan kembali, pengenceran ini dilakukan dari 10^{-1} - 10^{-7} , dan dilakukan dengan cara yang sama seperti di awal.

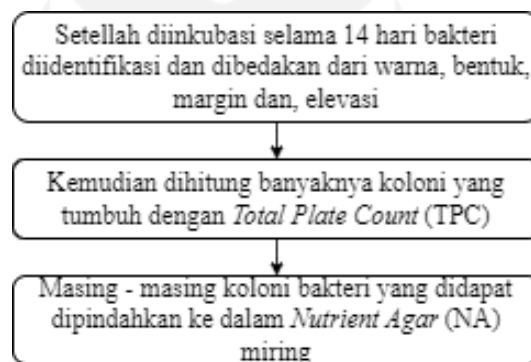
Setelah itu, secara *pour plate* sampel dari tabung reaksi berlabel 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} , 10^{-7} dituang 1 ml ke dalam cawan petri kemudian ditambahkan media DNB. Sampel dituang sesuai dengan label yan tertera di cawan petri. Hal ini dilakukan secara duplo. Setelah itu, sampel diinkubasi pada suhu 37°C selama 14 hari, kemudian pertumbuhan morfologi koloni bakterinya diamati. Jika sudah didapat koloni bakteri, masing-masing koloni tersebut diisolasi dengan cara dipindahkan ke NA miring kemudian diinkubasi selama 48 jam, lalu diidentifikasi morfologi dari bakteri yang tumbuh.



Gambar 3. 6 Tahap Isolasi dan Seleksi Bakteri

d. Identifikasi Morfologi Koloni Bakteri

Setelah didiamkan selama 14 hari sampel diamati, diidentifikasi, dan dihitung morfologi koloni bakteri yang tumbuh dalam cawan petri. Tahap ini bisa dilakukan dengan metode *Total Plate Count* (TPC), dan menggunakan bantuan alat *colony counter* dalam pengamatannya. Nantinya, bakteri akan dibedakan dari warna, bentuk, elevasi, dan marginnya. Kemudian dihitung seberapa banyak koloni tersebut tumbuh, hal ini guna mengetahui densitas koloni bakteri tersebut. Jika sudah digolongkan ke dalam beberapa koloni, koloni bakteri dipindahkan ke dalam media *Nutrient Agar* (NA) untuk dikembangkan ke tahap selanjutnya.

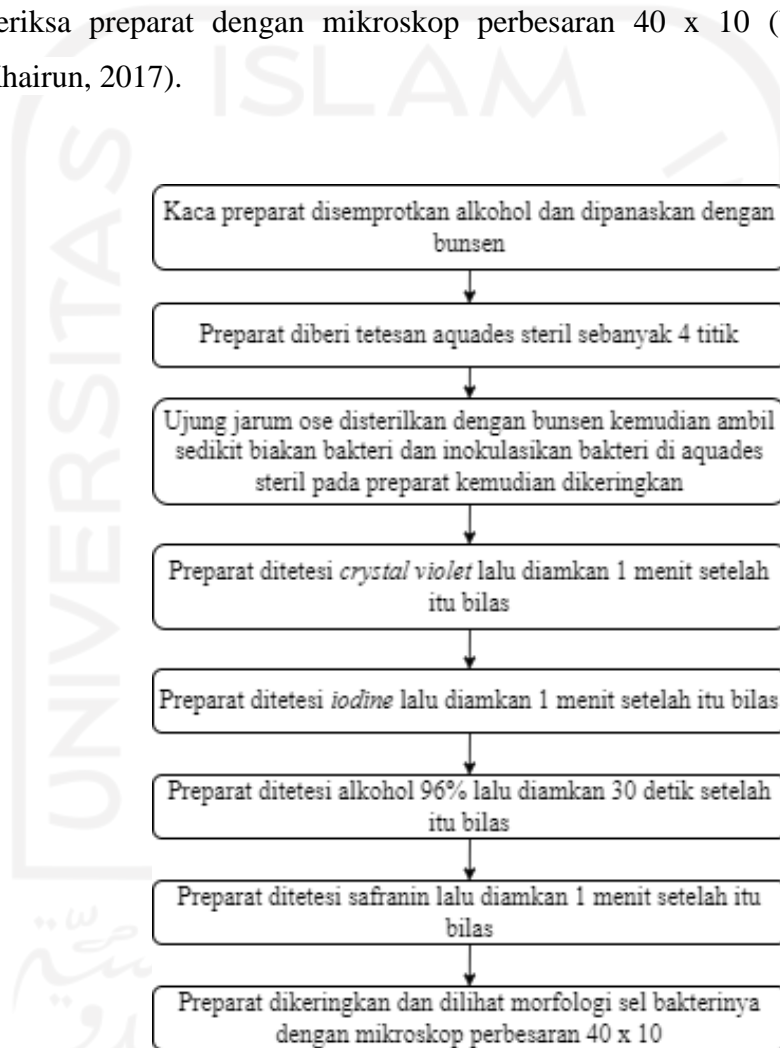


Gambar 3. 7 Tahap Iidentifikasi Morfologi Koloni Bakteri

e. Identifikasi Morfologi Sel Bakteri

Tahap ini guna mengetahui bakteri yang didapatkan merupakan bakteri gram positif atau gram negatif. Diawali dengan menyiapkan kaca preparat yang telah dibersihkan dengan alkohol, lalu dipanaskan dengan bunsen, supaya lemak hilang dari permukaan kaca preparat. Preparat diteteskan dengan aquades steril, sebanyak 4 titik. Kemudian, jarum ose disterilkan dengan cara dibakar, tunggu supaya tidak terlalu panas, lalu ambil biakkan bakteri sedikit, letakkan diatas air tadi lalu bakteri diinokulasikan pada kaca preparat, kemudian dikeringkan. Selanjutnya, *crystal violet* ditambahkan ke preparat, lalu didiamkan 1 menit. Setelah itu, kaca preparat dibilas dengan air dalam keadaan posisi preparat terbalik. Selanjutnya, *iodine*

ditambahkan pada kaca preparat dan ulangi cara yang sama. Kaca preparat diberi larutan alkohol 96% selama 30 detik, lalu preparat dibilas dengan air pada posisi preparat terbalik. Tahap selanjutnya, diwarnai dengan larutan safranin selama 1 menit, lalu preparat dibilas dengan air pada posisi preparat terbalik. Kemudian, preparat dikeringkan dengan cara di tap-tap. Kemudian periksa preparat dengan mikroskop perbesaran 40 x 10 (Yusmaniar & Khairun, 2017).

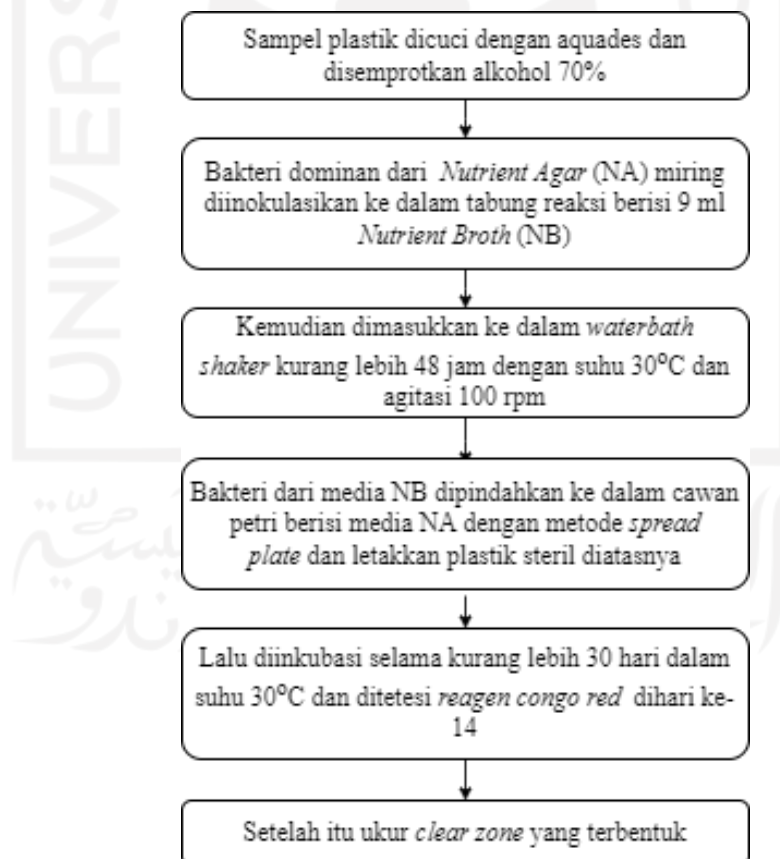


Gambar 3. 8 Tahap Identifikasi Morofologi Sel Bakteri

f. Uji Kemampuan Degradasi

Uji kemampuan degradasi ini menggunakan sampel plastik *Polypropylene* (PP). Sampel plastik yang didapat dicuci dengan aquades dan direndam alkohol 70%. Kemudian, tabung reaksi dimasukkan media cair

Nutrient Broth (NB) sebanyak 9 ml, guna persiapan kultur bakteri. Setelah itu, media NB diinokulasikan bakteri dominan yang akan digunakan, dan dimasukkan kedalam *waterbath shaker* selama kurang lebih 48 jam, dengan suhu 30°C dan agitasi 100 rpm. Jika terlihat media mengeruh dari sebelumnya, bakteri tersebut tumbuh dan bisa digunakan. Kemudian bakteri yang telah tumbuh, dimasukkan ke dalam cawan petri berisi media *Nutrient Agar* (NA), kemudian di ratakan ke seluruh permukaan media menggunakan *spreader*. Lalu, setelah bakteri tersebar merata, plastik yang telah disterilkan, diinokulasikan ke dalam cawan petri berisi bakteri secara aseptik. Inkubasi ini dilakukan kurang lebih 30 hari, dimana di hari ke-14 dilakukan penetesan *reagen congo red* dengan kadar pH 6,7 guna melihat zona jernih supaya lebih jelas lagi, dan ditunggu hingga kurang lebih 30 hari.



Gambar 3. 9 Tahap Uji Degradasi Mikroplastik

Selain melihat adanya *clear zone*, uji degradasi juga bisa diketahui dari pertumbuhan biofilm yang terjadi pada permukaan mikroplastik.

Guzman *et al.*, (2011) menyatakan, adanya proses biodeteriorasi dimana mikroorganisme mulai menempel pada permukaan polimer plastik, polimer plastik yang asalnya dari nitrogen dan juga unsur karbon dapat menjadi sumber energi untuk tumbuhnya bakteri dan melakukan produksi molekul-molekul sederhana. Beberapa mikroorganisme mampu mensekresikan biofilm, dimana biofilm ini berguna untuk membuat mikroorganisme tetap menempel di polimer dan membantu proses penembusan ke struktur pori yang ada pada polimer plastik. Meningkatnya pertumbuhan mikroorganisme dapat menimbulkan peningkatan ukuran pori dan keretakan yang terjadi pada polimer plastik dan berakibat struktur polimer tidak stabil. Hal ini yang mengakibatkan terdegradasinya mikroplastik sedikit demi sedikit.

3.7 Metode Analisis Data

Jenis penelitian yang dilakukan ini merupakan jenis penelitian deskriptif kualitatif deskriptif kuantitatif. Dimana deskriptif kualitatif ini, berisikan deskripsi hasil isolat bakteri serta identifikasi morfologi bakteri yang terdapat pada sampel air yang diambil dari aliran Sungai Progo Yogyakarta. Sedangkan, analisis deskriptif kuantitatif ini berupa perhitungan densitas bakteri dengan satuan CFU/ml, serta perhitungan *Clear Zone* yang terbentuk pada sampel.

3.7.1 Perhitungan Densitas Bakteri

Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan densitas bakteri guna mengetahui kerapatan koloni bakteri yang didapat dari suatu sampel. Perhitungan densitas bakteri ini menggunakan bantuan alat *colony counter* dengan metode *Total Plate Count* (TPC) untuk menghitung jumlah koloni yang didapat. Untuk menganalisis densitas bakteri ini menurut Cappucino dan Sherman (2011), dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{CFU/ml} = \text{Koloni Bakteri yang Tumbuh} \times \text{Jumlah yang Diambil} \times \text{Tingkat Pengenceran}$$

3.7.2 Pengukuran *Clear Zone* pada Uji Degradasi

Pengukuran *clear zone* ini dilihat berdasarkan terbentuknya zona jernih yang terdapat di sekitar area mikroplastik. *Clear zone* ini bisa menjadi salah satu parameter untuk mengetahui adanya aktivitas yang terjadi pada bakteri pendegradasi mikroplastik. Pengukuran *clear zone* yang dilakukan menggunakan bantuan alat mistar untuk mengukur jarak terjauh yang dihasilkan oleh bakteri. Satuan yang digunakan yakni milimeter (mm).



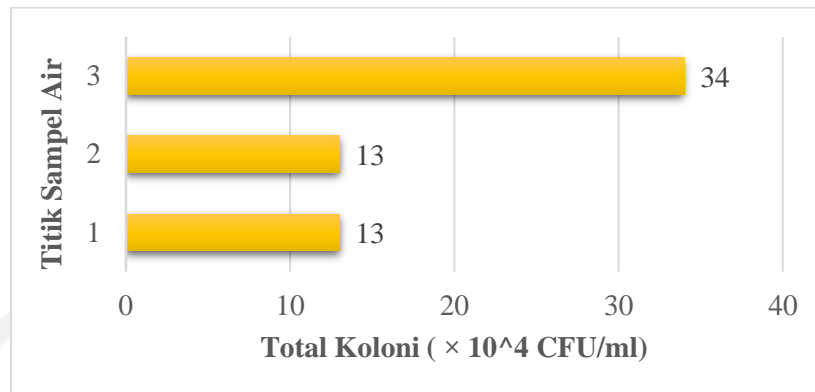
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Identifikasi Bakteri dari Air Sungai Progo Yogyakarta

Dalam sub bab hasil identifikasi bakteri memuat pengujian morfologi bakteri yang ada dalam sampel air Sungai Progo Yogyakarta beserta morfologi bakteri yang didapat dari masing-masing titik sampel. Dimana sampel yang diambil pada aliran Sungai Progo Yogyakarta dilakukan di 3 titik yang merepresentatifkan keadaan Sungai Progo Yogyakarta, dengan menggunakan teknik *grab sampling*. Hasil dan pembahasannya sebagai berikut:

4.1.1 Identifikasi Koloni Bakteri

Diawali dengan kulturisasi bakteri yang dilakukan dengan *Direct Plating* menggunakan media *Dillute Nutrient Broth* (DNB) + 2% bacto agar yang bertujuan untuk menumbuhkan bakteri yang akan diuji nantinya. Setelah dilakukan pengambilan sampel, lalu sampel diuji dengan menggunakan metode *Direct Plating*, dimana sampel yang telah dituang ke dalam cawan petri dilapisi dengan media DNB yang kemudian didiamkan selama dua minggu. Media DNB digunakan karena merupakan salah satu media yang minimal akan nutrisi, sehingga nantinya bakteri yang tidak diharapkan tidak akan ikut tumbuh dan berkembang dalam pengujian ini. Perhitungan koloni menggunakan *Total Plate Count* (TPC) bertujuan untuk melihat jumlah mikroba yang tumbuh dalam sampel tersebut dengan menghitung koloni bakteri yang tumbuh pada media. Maulida (2021) menyebutkan, perhitungan koloni yang dilakukan pada media DNB ini berguna untuk memperbanyak koloni yang telah didapat, karena dari kandungan medianya, koloni bakteri tumbuh lambat pada media DNB tersebut. Hal ini dapat mencegah adanya pertumbuhan mikroba lain dari luar media yang tidak diharapkan. Berikut ini merupakan diagram hasil perhitungan koloni dengan metode TPC dalam media DNB dengan satuan CFU/ml:



Gambar 4. 1 Hasil Perhitungan Koloni TPC dalam Media *Dillute Nutrient Broth + 2% bacto agar*

Berdasarkan hasil perhitungan koloni pada sampel air Sungai Progo Yogyakarta yang dilakukan di 3 titik, didapatkan total koloni pada titik 1 yakni 13×10^4 CFU/ml, titik 2 sebesar 13×10^4 CFU/ml, dan di titik 3 sebesar 34×10^4 CFU/ml. Total koloni terbesar berada di titik 3. Jika dibandingkan dengan penelitian Ambarsari *et al.*, (2020) yang berlokasi di Muara Sungai Citarum dimana memiliki nilai CFU/ml terkecil ada di nilai $26,3 \times 10^6$ CFU/ml dan nilai tertinggi $250,45 \times 10^6$ CFU/ml, sangat jauh antara nilai tertinggi yang didapat pada penelitian ini dengan penelitian sebelumnya.

Hal ini dapat dikarenakan beberapa faktor yang dialami pada bakteri, perbedaan pertumbuhan jumlah bakteri di suatu lingkungan bisa dipicu oleh beberapa faktor seperti adanya perbedaan suhu, pH, kedalaman, salinitas, ataupun keberadaan bahan organik yang ada di daerah tersebut (Tyas *et al.*, 2018). Temperatur yang diperlukan bakteri untuk hidup hanya pada rentang tertentu saja, begitu juga dengan derajat keasaman atau pH sangat berpengaruh pada cara kerja serta kemampuan bakteri untuk mengadakan transpor membran sel dan kesetimbangan dari reaksi katalisnya, selain itu nutrisi serta kondisi lingkungan juga sangat berpengaruh, karena ketersediaan nutrisi dimana hal tersebut menjadi sumber energi bagi bakteri (Rahayu & Mangkoedihardjo, 2022).

4.1.2 Identifikasi Morfologi Koloni

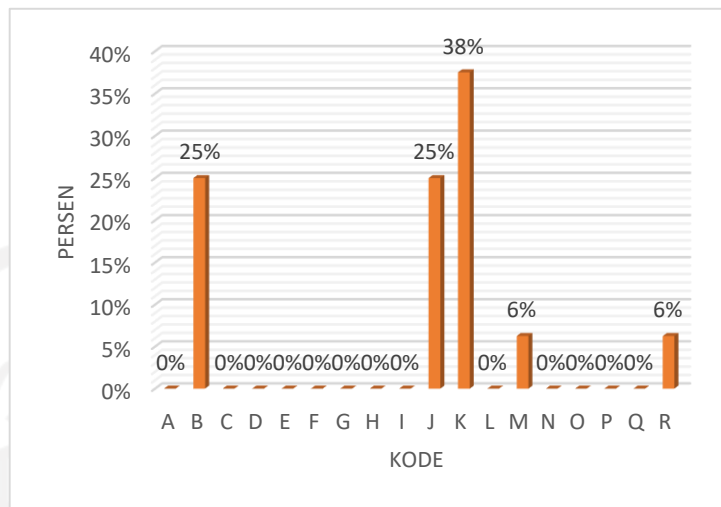
Koloni yang tumbuh dalam media *Dillute Nutrient Broth* (DNB) juga perlu dilakukan identifikasi terhadap morfologi dari masing-masing koloni yang tumbuh. Hal ini berguna untuk mengetahui koloni bakteri dengan morfologi seperti apa yang tumbuh dominan di aliran Sungai Progo Yogyakarta. Selain itu, identifikasi morfologi ini juga membantu dalam tahap pewarnaan gram, dimana nantinya diperlukan pengelompokan morfologi pada koloni sebelum ditumbuhkan dalam media *Nutrient Agar* (NA) miring. Dalam mengelompokkannya, identifikasi morfologi koloni bakteri ditentukan dengan beberapa spesifikasi seperti bentuknya, elevasi koloni, margin, dan juga warnanya. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan jenis-jenis morfologi koloni bakteri sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Jenis-jenis Morfologi Koloni dan Morfologi Sel Bakteri Air Sungai Progo Yogyakarta

No	Kode	Persen	Total Koloni	Warna	Bentuk	Elevasi	Margin	Gram	Dinding Sel
1	A	7%	8	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>	Positif	Kokus
2	B	20%	25	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>	Positif	Kokus
3	C	1%	1	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>	Positif	Kokus
4	D	8%	10	Kuning	<i>Spindel</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>	Positif	Kokus
5	E	3%	4	Kuning	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>	Positif	Kokus
6	F	7%	8	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Lobate</i>	Positif	Kokus
7	G	2%	3	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>	Positif	Kokus
8	H	1%	1	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Convex</i>	<i>Undulate</i>	Positif	Kokus
9	I	2%	2	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Erose</i>	Positif	Kokus
10	J	7%	8	Putih	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>	Positif	Kokus
11	K	5%	6	Putih	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Undulate</i>	Positif	Kokus
12	L	5%	6	Putih	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>	Positif	Kokus
13	M	3%	4	Putih Susu	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>	Positif	Kokus
14	N	1%	1	Putih Susu	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Undulate</i>	Negatif	Kokobasil
15	O	10%	12	Putih Susu	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>	Positif	Kokus
16	P	15%	19	Putih Susu	<i>Spindel</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>	Positif	Kokus
17	Q	2%	3	Merah	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>	Positif	Kokus
18	R	2%	2	Merah	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>	Positif	Kokus

a. Identifikasi Morfologi di Titik Sampling 1

Dibawah ini merupakan identifikasi morfologi koloni bakteri yang didapatkan berdasarkan hasil kuantitatif pada titik sampling 1 sampel air Sungai Progo Yogyakarta:

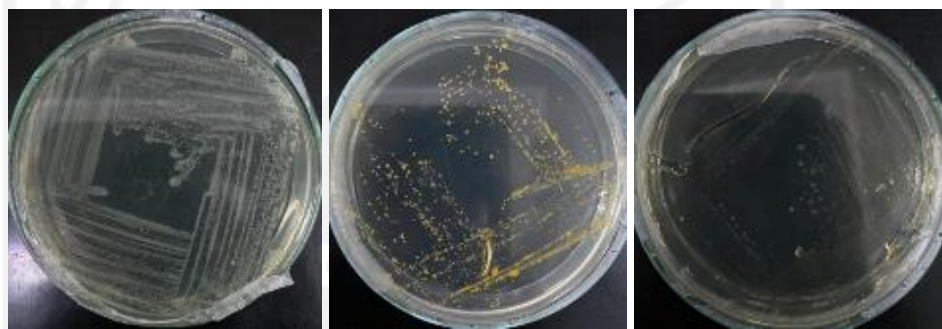


Gambar 4. 2 Morfologi Koloni Bakteri di Titik Sampling 1 Sampel Air Sungai Progo Yogyakarta

Jika dilihat dari Gambar 4.2 maka morfologi koloni bakteri yang paling dominan berada pada kode K dengan besaran persen 38%, kode B sebesar 25% dan kode J sebesar 25%. Bentuk morfologi yang didapat pada kode K berupa bentuk *circular*, elevasi *raised*, margin *undulate*, berwarna putih, dengan bentuk sel kokus dan memiliki gram positif, dan diasumsikan memiliki kemiripan dengan bakteri *Staphylococcus*. Morfologi bakteri pada kode K ini, memiliki kemiripan dengan isolat bakteri dalam penelitian Savitri (2006), dimana bakteri tersebut memiliki warna putih, elevasi timbul, berbentuk bulat, termasuk ke dalam bakteri gram positif dan bentuk sel kokus, yang merupakan jenis bakteri *Staphylococcus*.

Kode B yakni memiliki morfologi koloni berwarna kuning, dengan bentuk *circular*, elevasi *flat*, dan memiliki margin *entire*, dengan bentuk sel kokus serta gram positif. Bakteri yang didapat pada kode B, memiliki kemiripan dengan jenis bakteri *Staphylococcus* dalam penelitian Savitri (2006). Dalam penelitiannya, isolat bakteri yang didapat memiliki bentuk morfologi bulat, dengan pinggiran rata, berwarna kuning, dan memiliki sel kokus, serta termasuk ke dalam bakteri gram positif.

Sedangkan kode J didapatkan morfologi koloni dengan bentuk *circular*, elevasi *flat*, margin *undulate*, berwarna putih, dengan jenis gram positif dan bentuk sel kokus. Isolat bakteri kode J, diindikasikan memiliki kemiripan dengan jenis bakteri *Micrococcus*. Berdasarkan Pratiwi *et al.*, (2014), didapat isolat bakteri dengan bentuk bakteri bulat, dengan elevasi rata, berwarna putih dan termasuk bakteri gram positif-kokus, dalam penelitian tersebut didapatkan berupa jenis bakteri *Micrococcus*.



Isolat K

Isolat B

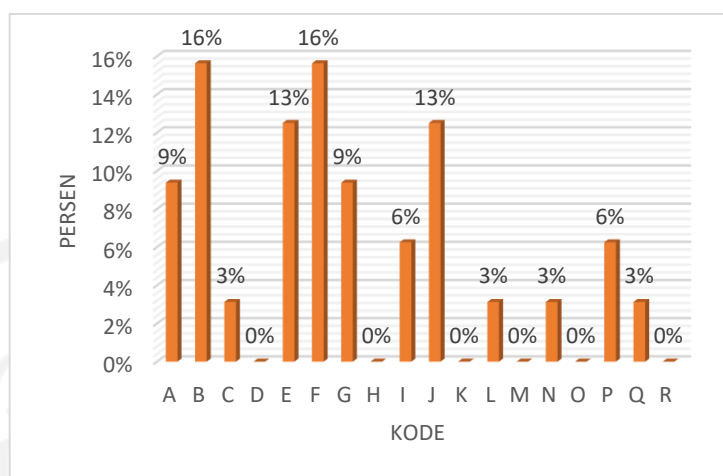
Isolat J

Gambar 4. 3 Morfologi Isolat Dominan di *Nutrient Agar* dalam Cawan Petri dari Titik Sampling 1 (Umur 3 hari)

(Sumber Gambar: Dokumentasi Pribadi)

b. Identifikasi Morfologi di Titik Sampling 2

Berikut merupakan identifikasi morfologi koloni bakteri yang didapatkan pada hasil kuantitatif di titik sampling 2 sampel air Sungai Progo Yogyakarta:



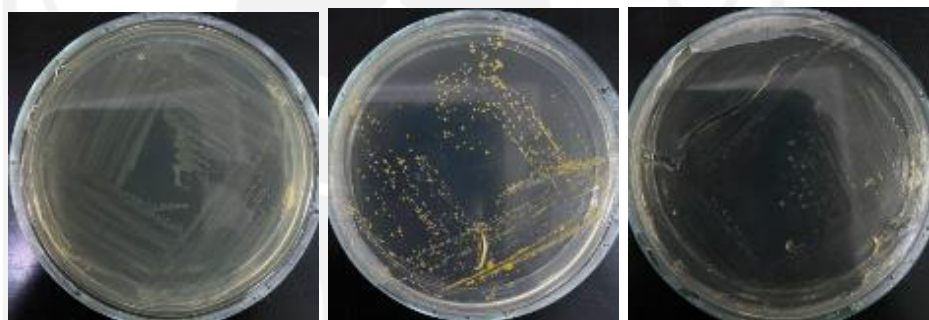
Gambar 4. 4 Morfologi Koloni Bakteri di Titik Sampling 2 Sampel Air Sungai Progo Yogyakarta

Dari Gambar 4.4 dapat dilihat hasil morfologi koloni bakteri yang paling sering muncul ada pada kode F, kode B dan kode J. Dimana kode F memiliki persen sebesar 16%, kode B sebesar 16%, dan kode J yakni 13%. Dari masing-masing isolat tersebut, kode B memiliki karakteristik bakteri berwarna kuning, dengan elevasi *flat*, bentuk *circular*, memiliki margin *entire*, serta bentuk sel kokus dan gram positif. Dalam Savitri (2006), didapatkan jenis bakteri dengan bentuk morfologi bulat, pinggiran rata, berwarna kuning, memiliki sel kokus, serta termasuk ke dalam bakteri gram positif, dan bakteri tersebut merupakan jenis bakteri *Staphylococcus*. Sehingga dapat diindikasikan bakteri pada kode B memiliki kemiripan dengan jenis bakteri *Staphylococcus*.

Untuk bakteri pada kode F, memiliki morfologi koloni bakteri dengan bentuk *irregular*, elevasi *flat*, margin *lobate*, dengan jenis sel bakteri kokus dan termasuk kedalam bakteri gram positif, dan memiliki warna putih. Bakteri pada isolat kode F memiliki kemiripan dengan bakteri yang didapat dalam penelitian Silalahi *et al.*, (2013). Dalam penelitian tersebut didapatkan bakteri dengan morfologi koloni bentuk *irregular*, berwarna putih, margin *lobate*, dan termasuk dalam bakteri gram positif, dengan bentuk sel kokus, berdasarkan hasil pengamatannya bakteri tersebut merupakan bakteri

Micrococcus, dan dapat diasumsikan bakteri pada kode F memiliki kemiripan dengan bakteri *Micrococcus*.

Sedangkan kode J, didapatkan morfologi koloni dengan bentuk *circular*, elevasi *flat*, margin *undulate*, berwarna putih, dengan jenis gram positif dan bentuk sel kokus. Berdasarkan penemuan Pratiwi *et al.*, (2022), bakteri dengan morfologi koloni bakteri berbentuk bulat, dengan elevasi rata, berwarna putih bening, dan termasuk dalam bakteri gram positif dengan sel kokus, merupakan jenis bakteri *Micrococcus*. Sehingga dapat diindikasikan bakteri pada isolat kode J memiliki kemiripan dengan jenis bakteri *Micrococcus*.



Isolat F

Isolat B

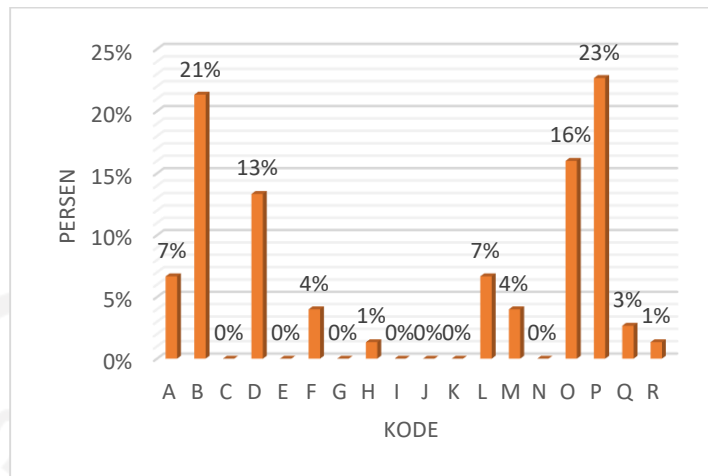
Isolat J

Gambar 4. 5 Morfologi Isolat Dominan di *Nutrient Agar* dalam Cawan Petri dari Titik Sampling 2 (Umur 3 hari)

(Sumber Gambar: Dokumentasi Pribadi)

c. Identifikasi Morfologi di Titik Sampling 3

Berikut pada Gambar 4.6 merupakan identifikasi morfologi koloni bakteri yang didapatkan pada hasil kuantitatif di titik sampling 3 sampel air Sungai Progo Yogyakarta:



Gambar 4. 6 Morfologi Koloni Bakteri di Titik Sampling 3 Sampel Air Sungai Progo Yogyakarta

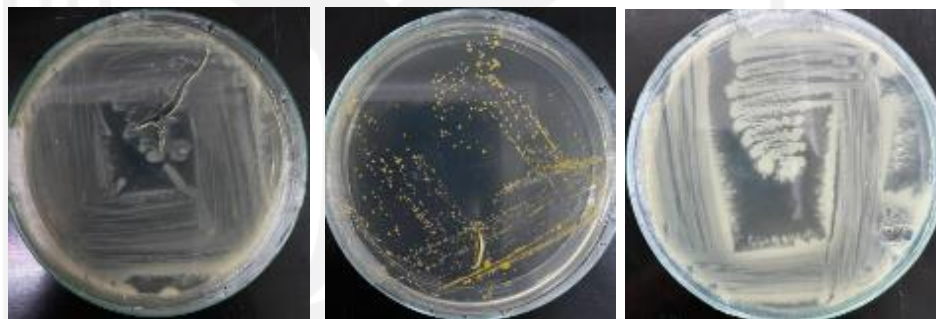
Dari hasil pengujian, didapatkan morfologi koloni bakteri seperti yang ada pada Gambar 4.4. Dari gambar tersebut terlihat bakteri yang cukup dominan berada pada morfologi koloni bakteri dengan kode P sebesar 23%, kemudian kode B yakni sebesar 21%, dan kode O yakni 16%. Dari ketiga bakteri dominan tersebut, masing-masing memiliki morfologi bakteri yang berbeda-beda.

Seperti morfologi bakteri pada kode P, didapatkan bakteri berwarna putih susu, bentuk *spindle*, elevasi *flat*, margin *entire*, dan masuk kedalam bakteri dengan bentuk sel kokus serta memiliki gram positif. Morfologi bakteri pada kode B memiliki kemiripan dengan morfologi bakteri *Micrococcus* dalam penelitian Kurniasih *et al.*, (2014). Dimana dari hasil pengamatannya, didapatkan morfologi koloni bakteri dengan bentuk oval, berukuran kecil, berwarna putih susu, dengan bentuk sel kokus dan gram positif. Sehingga dapat diasumsikan bakteri kode P memiliki kemiripan dengan karakteristik bakteri *Micrococcus*.

Sedangkan kode B, memiliki karakteristik morfologi elevasi *flat*, bentuk *circular*, margin *entire*, berwarna kuning, serta termasuk kedalam bakteri gram positif dengan bentuk sel kokus. Morfologi koloni bakteri pada kode B, memiliki kemiripan dengan bakteri yang didapat dalam hasil

penelitian Savitri (2006). Dalam hasil pengamatannya, jenis bakteri dengan bentuk morfologi bulat, pinggiran rata, berwarna kuning, memiliki sel kokus, serta termasuk ke dalam bakteri gram positif, dan bakteri tersebut merupakan jenis bakteri *Staphylococcus*. Sehingga dapat diindikasikan bakteri pada kode B memiliki kemiripan dengan jenis bakteri *Staphylococcus*.

Selain itu, kode O juga termasuk ke dalam bakteri dominan, dimana kode O berupa bakteri berwarna putih susu, dengan bentuk *irregular*, elevasi *flat*, dan memiliki margin *undulate*. Berdasarkan Vianti *et al.*, (2020), ditemukan isolat bakteri yang berpotensi dalam mendegradasi mikroplastik di Sungai Musi, dimana salah satu morfologinya yakni memiliki warna putih, berbentuk *irregular* dan memiliki tepian tidak beraturan, dengan bentuk sel kokus, setelah diidentifikasi morfologi tersebut merupakan morfologi bakteri dari jenis *Sarcina*, dimana morfologi koloni bakteri tersebut memiliki kemiripan dengan bakteri pada isolat kode O.



Isolat P

Isolat B

Isolat O

Gambar 4. 7 Morfologi Isolat Dominan di *Nutrient Agar* dalam Cawan Petri dari Titik Sampling 3 (Umur 3 hari)

(Sumber Gambar: Dokumentasi Pribadi)

Dari ketiga titik sampling, dapat ditentukan 3 bakteri paling dominan dari masing-masing titik sampling, berikut merupakan tabel bakteri yang paling dominan dari ketiga titik:

Tabel 4. 2 Morfologi Koloni Bakteri Dominan dari Sampel Air Aliran Sungai Progo Yogyakarta

Titik Sampling 1						
Kode	Persen	Jumlah Koloni	Warna	Bentuk	Elevasi	Margin
K	38%	6	Putih	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Undulate</i>
B	25%	4	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
J	25%	4	Putih	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>
Titik Sampling 2						
Kode	Persen	Jumlah Koloni	Warna	Bentuk	Elevasi	Margin
F	16%	5	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Lobate</i>
B	16%	5	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
J	13%	4	Putih	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>
Titik Sampling 3						
Kode	Persen	Jumlah Koloni	Warna	Bentuk	Elevasi	Margin
P	23%	17	Putih Susu	<i>Spindle</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
B	21%	16	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
O	16%	12	Putih Susu	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>

Dari hasil pengamatan diatas, dapat disimpulkan bahwa, bakteri dominan yang didapat dari sampel air aliran Sungai Yogyakarta memiliki kemiripan dengan morfologi pada bakteri *Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Sarcina*.

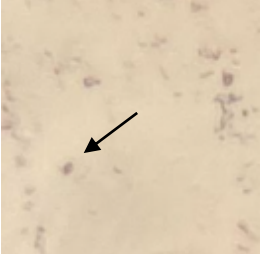



4.1.3 Identifikasi Morfologi Sel Bakteri

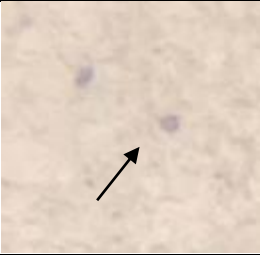
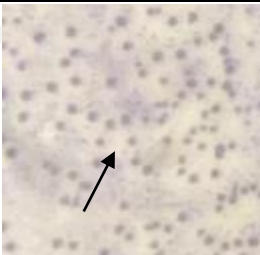
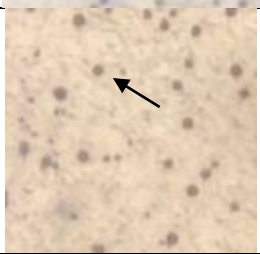


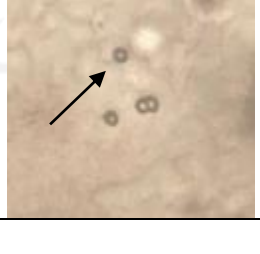
Setelah bakteri diidentifikasi morfologi koloninya, lalu dilanjutkan dengan tahap pewarnaan gram, hal ini guna mengetahui morfologi sel bakteri masing-masing koloni yang sebelumnya sudah dilakukan pengelompokkan. Selanjutnya, koloni bakteri dari media DNB dibiakkan dalam NA miring agar didapatkan isolat murni, selain itu menurut Cahyono (2019), pemilihan media NA lebih disarankan, hal ini dikarenakan pertumbuhan bakteri yang dilakukan di dalam media NA bisa lebih optimal dibandingkan dengan media lainnya dengan nutrisi yang lebih kompleks. Karena kandungan nutrisi pada media yang kompleks, dapat membuat mikroorganisme yang akan tumbuh membutuhkan lebih banyak waktu untuk melakukan penguraian komponen –

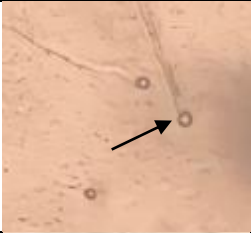


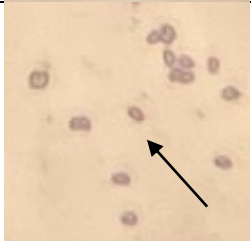



komponen sederhana yang seharusnya bisa diserap oleh sel dan nantinya digunakan sebagai energi dan sintesis sel (Rahayu, 2015).

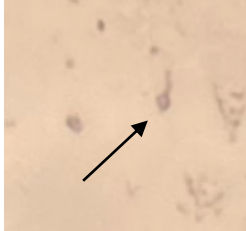
Setelah bakteri tumbuh, kemudian dilanjutkan dengan pewarnaan gram untuk mengetahui morfologi selnya dibantu dengan mikroskop perbesaran 40 x 10. Berikut merupakan hasil pewarnaan gram dari setiap morfologi koloni bakteri yang didapat dari sampel air aliran Sungai Progo Yogyakarta:

Tabel 4.3 Morfologi Sel dari Sampel Air Aliran Sungai Progo Yogyakarta

No	Kode	Gram	Bentuk Sel	Gambar
1	A	Positif	Kokus	
2	B	Positif	Kokus	
3	C	Positif	Kokus	
4	D	Positif	Kokus	

5	E	Positif	Kokus	
6	F	Positif	Kokus	
7	G	Positif	Kokus	
8	H	Positif	Kokus	
9	I	Positif	Kokus	
10	J	Positif	Kokus	

11	K	Positif	Kokus	
12	L	Positif	Kokus	
13	M	Positif	Kokus	
14	N	Negative	Kokobasil	
15	O	Positif	Kokus	
16	P	Positif	Kokus	
17	Q	Positif	Kokus	

18	R	Positif	Kokus	
----	---	---------	-------	---

(Sumber Gambar: Dokumentasi Pribadi)

Setelah dilakukan pengecatan gram, dan didapatkan data seperti pada Tabel 4.3 diatas, sebagian besar bakteri yang didapat merupakan bakteri dengan bentuk sel kokus dan termasuk ke dalam bakteri gram positif. Namun, terdapat salah satu bakteri yang memiliki bentuk sel kokobasil dengan gram negatif, yakni pada bakteri kode N.

Tabel 4. 4 Morfologi Sel Bakteri Dominan

Kode Isolat	Gram	Dinding Sel
B	Positif	Kokus
F	Positif	Kokus
J	Positif	Kokus
K	Positif	Kokus
P	Positif	Kokus
O	Positif	Kokus

4.2 Uji Degradasi Bakteri

Pengujian bakteri pendegradasi ini dilakukan dengan mencari tahu seberapa besar *clear zone* yang dapat dilakukan oleh bakteri terhadap mikroplastik. Sebelum dilakukan uji degradasi, bakteri dominan yang terpilih sebelumnya dalam Tabel 4.2 perlu dilakukan persiapan kultur, dimana bakteri tersebut di kembangkan dalam media cair *Nutrient Broth* (NB) selama kurang lebih 48 jam, dalam *waterbath shaker* dengan keadaan suhu 30°C dan agitasi 100 rpm terlebih dahulu. Setelah 48 jam, media NB dalam tabung reaksi akan terlihat mengeruh, hal ini menandakan adanya bakteri yang tumbuh dalam media tersebut.

Kemudian, bakteri dikembangkan dalam media *Nutrient Agar* (NA) dalam cawan petri dengan memindahkan 1 ml kultur bakteri dalam media NB ke dalam cawan petri berisi NA, yang kemudian dilanjutkan dengan metode

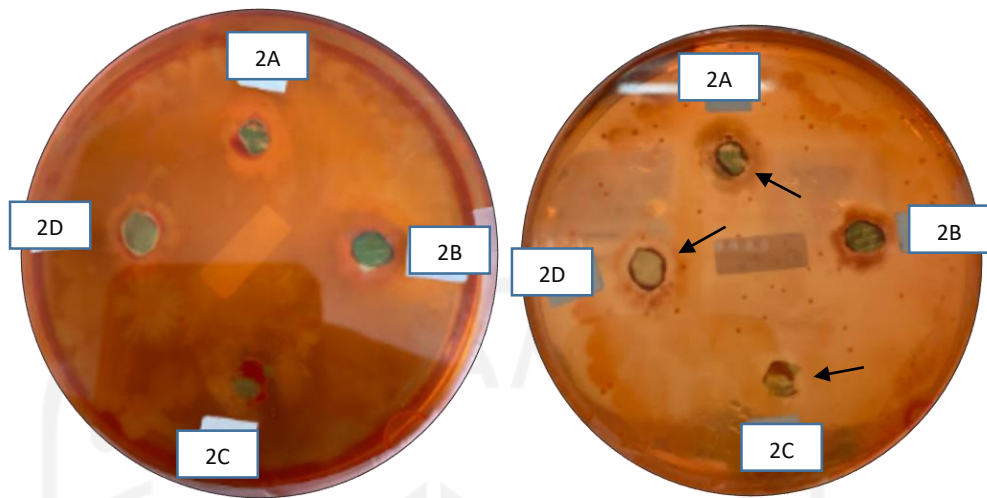
spreader. Setelah itu mikroplastik diletakkan diatas media yang sudah ditambahkan bakteri yang telah di *spreader*, dimana proses pendegradasian mikroplastik oleh bakteri akan dilakukan dalam cawan petri tersebut. Jenis plastik yang digunakan yakni *Polypropylene* (PP). Rentang waktu yang digunakan untuk melihat ada terbentuknya *clear zone* ini kurang lebih 30 hari, dimana di hari ke-14 dilakukan penambahan cairan *congo red* guna melihat lebih jelas *clear zone* yang terbentuk oleh bakteri. *Congo red* yang digunakan memiliki pH 6,8.

Cawan petri berisi media NA, bakteri pendegradasi, serta mikroplastik ini disimpan dalam inkubator dalam keadaan suhu 30°C. Uji degradasi ini dilakukan secara duplo dalam 1 jenis bakteri dominan. Berikut merupakan hasil terbentuknya *clear zone* pada bakteri dominan dari sampel air aliran Sungai Progo Yogyakarta di ketiga titik adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran *Clear Zone* pada Bakteri Dominan Sampel Air Aliran Sungai progo Yogyakarta

No	Kode Isolat	Kode Plastik	<i>Clear Zone</i> ± (mm)	Minimal <i>Clear Zone</i> ± (mm)	Maksimal <i>Clear Zone</i> ± (mm)	Rata-rata <i>Clear Zone</i> ± (mm)
1	Isolat B1	1A	0,8	0,7	1	0,94
		1B	0,7			
		1C	0,8			
		1D	1			
2	Isolat B2	2A	0,2	0	2	0,94
		2B	0			
		2C	2			
		2D	2			
3	Isolat K1	3A	3	0,8	3	1,10
		3B	0,8			
		3C	1,5			
		3D	1			
4	Isolat K2	4A	0,8	0,1	0,8	0,94
		4B	0,1			
		4C	0,8			
		4D	0,8			
5	Isolat F1	5A	0	0	0	0
		5B	0			

		5C	0			
		5D	0			
6	Isolat F2	6A	0	0	0	
		6B	0			
		6C	0			
		6D	0			
7	Isolat J1	7A	5	1	5	2,23
		7B	3			
		7C	3			
		7D	1			
8	Isolat J2	8A	2	0,8	2	
		8B	1			
		8C	0,8			
		8D	2			
9	Isolat O1	9A	0,5	0,5	1	0,98
		9B	1			
		9C	0,5			
		9D	0,8			
10	Isolat O2	10A	2,5	0	2,5	
		10B	0			
		10C	1,5			
		10D	0,5			
11	Isolat P1	11A	0	0	0,5	0,06
		11B	0			
		11C	0			
		11D	0,5			
12	Isolat P2	12A	0	0	0	
		12B	0			
		12C	0			
		12D	0			

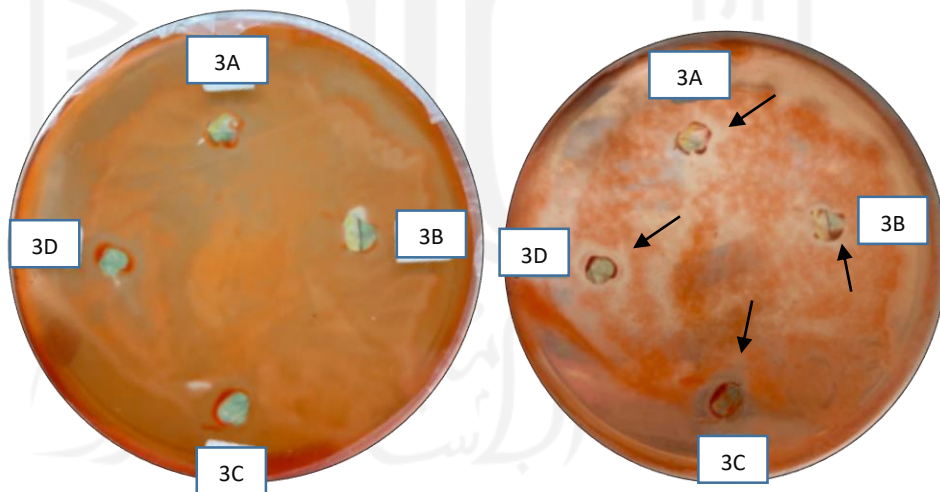


Hari ke – 14

Hari ke – 30

Gambar 4. 8 *Clear Zone* yang Terbentuk di Kode Isolat B2 dalam Media *Nutrient Agar*

(Sumber gambar: Dokumentasi Pribadi)

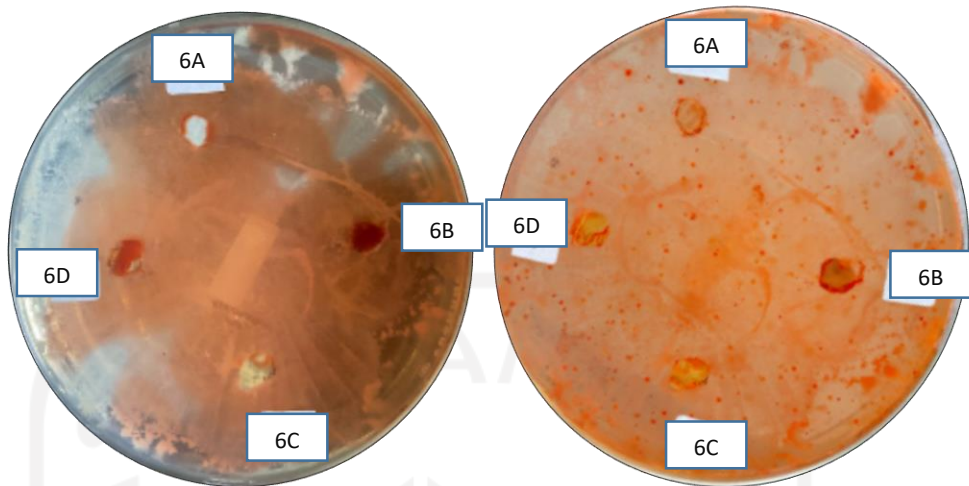


Hari ke – 14

Hari ke – 30

Gambar 4. 9 *Clear Zone* yang Terbentuk di Kode Isolat K1 dalam Media *Nutrient Agar*

(Sumber gambar: Dokumentasi Pribadi)

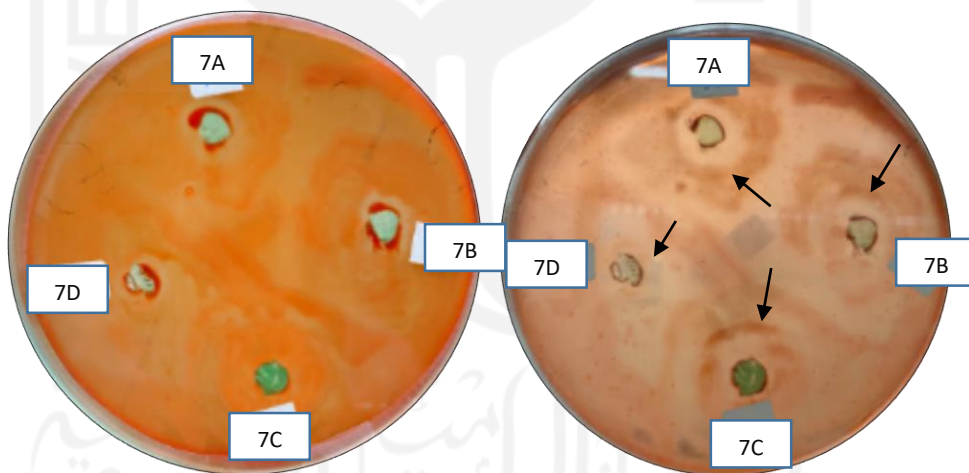


Hari ke – 14

Hari ke – 30

Gambar 4. 10 *Clear Zone* yang Terbentuk pada Bakteri Kode Isolat F2
Media *Nutrient Agar*

(Sumber gambar: Dokumentasi Pribadi)

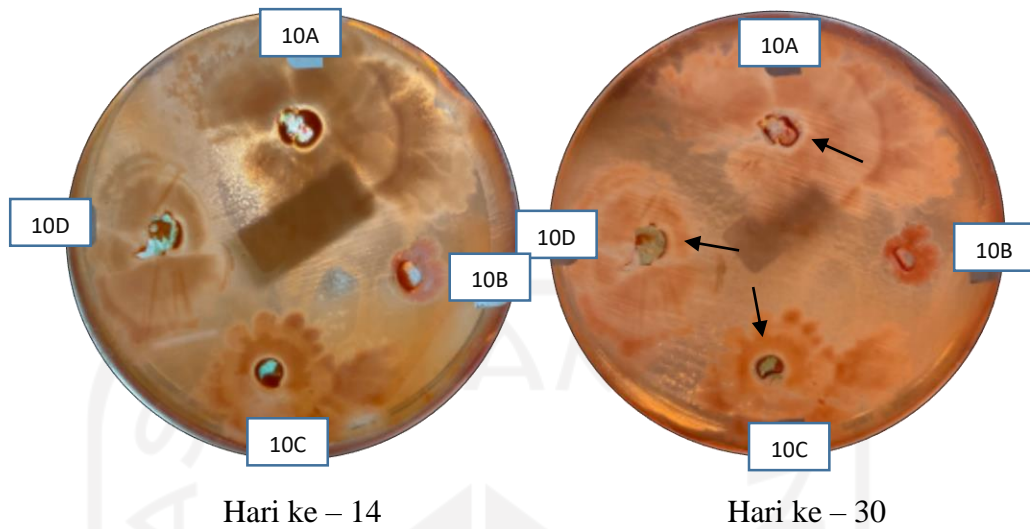


Hari ke – 14

Hari ke – 30

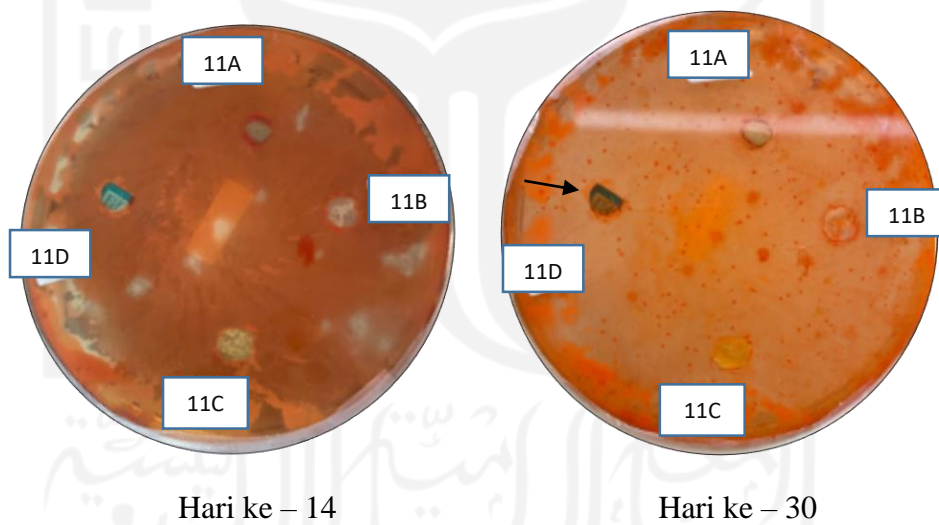
Gambar 4. 11 *Clear Zone* yang Terbentuk pada Bakteri Kode Isolat J1
Nutrient Agar

(Sumber gambar: Dokumentasi Pribadi)



Gambar 4. 12 *Clear Zone* yang Terbentuk pada Bakteri Kode Isolat O2 Media Nutrient Agar

(Sumber gambar: Dokumentasi Pribadi)



Gambar 4. 13 *Clear Zone* yang Terbentuk pada Bakteri Kode Isolat P1 Media Nutrient Agar

(Sumber gambar: Dokumentasi Pribadi)

Berdasarkan data diatas bisa kita lihat pertumbuhan *clear zone* yang terjadi dari masing-masing bakteri memiliki perbedaan ukuran sesuai potensi bakteri tersebut. Pada penelitian ini juga digunakan jenis plastik

Polypropylene (PP). Dalam Tabel 4.5 dapat dilihat bakteri dengan isolat F1, isolat F2 dan isolat P2 yang tidak terbentuk *clear zone* di sekitar mikroplastik, hal ini bisa dikarenakan jenis bakteri yang digunakan kurang berpotensi dalam mendegradasi plastik jenis PP atau media yang digunakan kurang tepat. Menurut Rahayu & Mangkoedihardjo (2022), kelembapan, pH, serta temperatur lingkungan yang tidak sesuai dapat menghambat pertumbuhan serta degradasi polutan, seperti suhu yang terlalu tinggi akan menyebabkan bakteri yang rentan akan suhu ekstrim dapat mati, dan suhu yang terlalu rendah akan menyebabkan bakteri berhenti bertumbuh. Berbeda dengan bakteri di isolat B1, isolat B2, isolat K1, isolat K2, isolat J1, isolat J2, isolat O1, isolat O2, dan isolat P1 yang menghasilkan *clear zone* di sekitar mikroplastik tersebut.

Isolat F1, isolat F2 dan isolat P2 yang tidak terlihat adanya *clear zone* ini merupakan isolat bakteri yang morfologinya memiliki kemiripan dengan morfologi bakteri *Micrococcus*. Bakteri *Micrococcus* sendiri memiliki karakteristik dimana termasuk dalam bakteri gram positif, berbentuk kokus, dan termasuk bakteri aerob (Bets, 2007). Sedangkan isolat B1, isolat B2, isolat K1, dan isolat K2 mempunyai kemiripan morfologi dengan bakteri *Staphylococcus* yang memiliki potensi dalam mendegradasi mikroplastik karena adanya *clear zone* di sekitaran area plastik. Bakteri *Staphylococcus* merupakan jenis bakteri gram positif dengan bentuk kokus, dimana bakteri ini tidak membentuk spora, dan termasuk ke dalam bakteri anaerobik (Gokmen & Morales, 2014). Bakteri *Staphylococcus* ini sendiri, mampu mendegradasi *Polythene* dalam jangka waktu selama 6 bulan sebanyak 16,12% (Usha *et al.*, 2011).

Untuk isolat O1 dan O2, dimana morfologi yang dimiliki mirip dengan bakteri *Sarcina*, menghasilkan *clear zone* di area plastik. Bakteri genus *Sarcina* merupakan bakteri dengan karakteristik gram positif dengan bentuk coccus, bakteri ini masuk ke dalam bakteri anaerob (Lam-Himlin *et al.*, 2011). Bakteri ini belum ditemukan adanya penelitian dalam mendegradasi mikroplastik, namun dalam penelitiannya Xue *et al.*, (2015),

ditemukan adanya kemampuan bakteri dalam mendegradasi tumpahan minyak yang berada di lautan.

Lalu, pada isolat P2 dengan kemiripan morfologi dengan *Micrococcus* juga terlihat adanya pertumbuhan *clear zone* di salah satu mikroplastiknya. Sedangkan isolat J1 dan J2, mempunyai kemiripan morfologi dengan bakteri *Micrococcus*, dimana pertumbuhan *clear zone* pada isolat ini cukup besar. Dari hasil penelitian ini, bakteri pada kode isolat J1 memiliki nilai *clear zone* terbesar yakni berukuran ± 5 mm yang berada pada kode plastik 7A. Hal ini menandakan adanya aktivitas yang terjadi pada bakteri dalam media tersebut. Bakteri pada isolat J ini memiliki kemiripan bentuk morfologi seperti genus bakteri *Micrococcus*.

Dari adanya *clear zone* ini bisa kita ketahui adanya potensi yang dapat dilakukan oleh bakteri dalam mendegradasi mikroplastik. Dimana dengan bantuan bakteri ini umumnya akan terjadi perubahan sifat polimer, seperti menghasilkan pecahan ikatan polimer atau terbentuknya ikatan struktur kimia baru dari bentuk polimer menjadi oligomer, monomer, ataupun dimer (Anjana *et al.*, 2020). Karena bakteri memerlukan karbon, fosfor, ataupun nitrogen, bakteri yang awalnya memanfaatkan nutrisi dari media NA yang berisi *peptone* sebagai sumber nitrogen dan ekstrak daging sebagai sumber karbon pada pertumbuhan bakteri dalam media berisi mikroplastik. Seiring berjalannya waktu nutrisi tersebut habis dan bakteri melakukan pemecahan senyawa karbon pada *polymer* yang merupakan salah satu bahan dalam pembentukan plastik (Fachrul & Rinanti, 2018). Dari hal tersebut dapat diindikasikan adanya aktivitas yang dilakukan oleh bakteri.

4.3 Usulan Metode Bioremediasi

Bioremediasi yang merupakan teknik remediasi biologi yang digunakan untuk mendegradasi atau mendetoksifikasi sebuah polutan organik maupun anorganik dengan agen biologi seperti bakteri, cendawan, alga dan tanaman (Melati, 2020). Teknik ini mampu menjadi salah satu cara alternatif dalam meremediasi lingkungan. Salah satunya dalam meremediasi sungai

menggunakan metode bioventing, yakni metode bioremediasi in situ dengan menggunakan mikroba indigenous dalam mendegradasi kontaminan organik dengan menambahkan nutrisi dan atau tingkat udara untuk menyediakan oksigen agar proses biodegradasi meningkat (Nugroho, 2006). Dimana metode ini mampu meningkatkan kemampuan serta aktivitas bakteri dalam mendegradasi, yakni melalui injeksi udara dengan atau tanpa nutrisi (Melati, 2020).

Nantinya, metode bioventing ini dapat dilakukan pada lokasi dimana sumber pencemar masuk ke dalam sungai. Kelebihan pada metode ini adalah, alat yang dibutuhkan mudah dipasang serta murah, waktu perawatan yang diperlukan cukup singkat: biasanya 6 bulan hingga 2 tahun dalam kondisi optimal, mudah dikombinasikan dengan teknologi lain (misalnya air sparging, groundwater extraction) dan tidak memerlukan perawatan gas yang mahal. Dilain sisi, terdapat kekurangan pada metode ini yakni, konsentrasi konstituen yang tinggi pada proses awal dapat menjadi racun bagi mikroorganisme, hasil yang didapat tidak selalu mencapai standar pembersihan terendah, dan hanya bisa diterapkan untuk mengolah zona area tak jenuh sehingga metode lain mungkin juga diperlukan untuk mengolah pada area zona jenuh dan juga air tanah (EPA 2019).

Selain itu, dapat dilakukan bioremediasi menggunakan bioreaktor yang diletakkan di lokasi dimana banyaknya aktivitas manusia seperti pemukiman maupun industri. Namun, terdapat kekurangan dari metode ini dimana, kapasitas yang cukup kecil, serta alat yang digunakan juga mahal, dan juga memerlukan waktu yang lama. Penelitian ini masih perlu dikaji lebih lanjut mengenai penggunaan teknik bioremediasi pada bioreaktor yang dapat diterapkan dalam sebuah IPAL. Dilain sisi, dapat juga dilakukan pencegahan masuknya plastik ke sungai lebih jauh dan mampu mengakibatkan terurainya plastik hingga menjadi mikroplastik, yakni menggunakan *trash trap*. Dengan adanya *trash trap* seperti pada Gambar 4.14, bisa menjadi salah satu

pengecehan masuknya sampah ke sungai lebih jauh lagi. Dimana sampah yang telah tertangkap ini bisa langsung diangkut keluar dari sungai.



Gambar 4. 14 Contoh Trash Trap yang Dapat Diterapkan di Sungai (Brooijmans *et al.*, 2019)



BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Adanya keragaman jenis bakteri pada sampel air aliran Sungai Progo Yogyakarta yang diambil dari tiga titik sampling. Terdapat enam isolat bakteri dominan yang berpotensi dalam mendegradasi jenis plastik *Polypropylene* (PP), yakni isolat B, K, F, J, P, dan O yang memiliki kemiripan dengan bakteri pada genus *Staphylococcus*, *Micrococcus*, dan *Sarcina*.
2. Isolat bakteri J memiliki potensi terbesar dalam mendegradasi mikroplastik yang ditandai dengan adanya pembentukan *clear zone* dengan ukuran ± 5 mm.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang dapat diberikan, seperti:

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai spesies bakteri yang didapat dalam mendegradasi mikroplastik.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penurunan berat pada plastik serta keberadaan biofilm pada bakteri pendegradasi.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A., Purwiyanto, A. I. S., & Cordova, M. R. (2018). Identifikasi dan Distribusi Mikroplastik pada Sedimen di Aliran dan Muara Sungai Musi Provinsi Sumatera Selatan (*Doctoral dissertation, Sriwijaya University*).
- Ambarsari, H., Asriyani, L., & Ridlo, A. (2020). Isolasi dan produktivitas bakteri ureolitik dari sedimen Muara Sungai Citarum (Isolation and Productivity of Ureolytic Bacteria from Citarum River Estuary Sediments). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(2), 147-156.
- Anggiani, M. (2020). Potensi Mikroorganisme Sebagai Agen Bioremediasi Mikroplastik di Laut. *OSEANA*, 45(2), 40-49.
- Anjana, K., Hinduja, M., Sujitha, K., & Dharani, G. (2020). Review on Plastic Wastes in Marine Environment–Biodegradation and Biotechnological Solutions. *Marine Pollution Bulletin*, 150, 110733.
- Antoro, M. D. (2014). Studi Perubahan Kualitas Air di Sungai Progo Bagian Hilir Daerah Istimewa Yogyakarta 2009-2013 (*Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada*).
- Arbie, R. R., Nugraha, W. D., & Sudarno, S. (2015). Studi Kemampuan Self Purification Pada Sungai Progo Ditinjau Dari Parameter Organik DO Dan BOD (Point Source: Limbah Sentra Tahu Desa Tuksono, Kecamatan Sentolo, Kabupaten Kulon Progo, Provinsi DI Yogyakarta) (*Doctoral dissertation, Diponegoro University*).
- Badriyah, L. (2015). Biodegradasi Plastik Oleh Mikroorganisme Air Sampah Dalam Kolom Winogradsky (*Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*).
- Balasubramanian, V., Natarajan, K., Hemambika, B., Ramesh, N., Sumathi, C. S., Kottaimuthu, R., & Rajesh Kannan, V. (2010). High-Density Polyethylene (HDPE)-Degrading Potential Bacteria From Marine Ecosystem of Gulf of Mannar, India. *Letters in applied microbiology*, 51(2), 205-211.

- Betts, G. (2007). Other Spoilage Bacteria. *Food spoilage microorganisms*, 668-693.
- Brooijmans, S., Franken, M., de Iongh, Z., de Jong, W., & van Marsbergen, A. (2019). Plastic Discharge in Bali's Rivers.
- Cahyono, A. D., (2019). Pengaruh Beberapa Media Kultur Terhadap Pertumbuhan Bakteri Symbion Larva *Oryctes Rhinoceros L* (*Tugas Akhir, Universitas Sumatera Utara*).
- Cordova, M. R., Wahyudi, J. A. (2016). Microplastic In The Deep-Sea Sediment of Southwestern Sumatera Waters. *Marine Research in Indonesia*, 41(1), 27-35.
- Das, S and Dash, H.R. (2014). Microbial Bioremediation: A Potential Tool for Restoration of Contaminated Areas. *In Microbial Biodegradation and Bioremediation*. (pp. 1-21).
- Devi, R. S., Kannan, V. R., Nivas, D., Kannan, K., Chandru, S., & Antony, A. R. (2015). Biodegradation of HDPE by *Aspergillus* sp. From Marine Ecosystem of Gulf of Mannar, India. *Marine Pollution Bulletin*, 96(1-2), 32-40.
- Elpawati. (2015). Uji Coba Produksi Mikroorganisme Pendegradasi (Penghancur) Sampah Plastik. 9(1), 11-22.
- Fachrul, M. F., & Rinanti, A. (2018). Bioremediasi Pencemar Mikroplastik di Ekosistem Perairan Menggunakan Bakteri Indigenous (Bioremediation of Microplastic Pollutant in Aquatic Ecosystem by Indigenous Bacteria). *In Seminar Nasional Kota Berkelanjutan*, (Vol. 1, No.1, pp. 302-312).
- Fachrul, M. F., Rinanti, A., Tazkiaturrizki, T., Agustria, A., & Naswadi, D. A. (2021). Degradasi Mikroplastik pada Ekosistem Perairan oleh Bakteri Kultur Campuran *Clostridium* sp. dan *Thiobacillus* sp. *Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti*, 6(2), 304-316.
- Guzman, A., Gnutek, N., & Janik, H. (2011). Biodegradable Polymers for Food Packaging—Factors Influencing Their Degradation and Certification Types—a Comprehensive Review. *Chemistry & chemical technology*, 5(1), 115-122.

- Gokmen, V., & Morales, F. (2014). Encyclopedia of Food Safety.
- Hanif, K. H., Suprijanto, J., & Pratikto, I. (2021). Identifikasi Mikroplastik di Muara Sungai Kendal, Kabupaten Kendal. *Journal of Marine Research*, 10(1), 1-6.
- Harley, J. P., & Prescott, L. M. (2002). Bacterial Morphology and Staining. *Laboratory Exercises in Microbiology, 5th Edition, The McGraw-Hill Companies, New York*, 31-36.
- Hildago, V., Gutow, L., Thompson, R. C., & Thiel, M. (2012). Microplastics In the Marine Environment: A Review of the Methods Used for Identification and Quantification. *Environmental science & technology*, 46(6), 3060-3075.
- Hiwari, H., Purba, N. P., Ihsan, Y. N., Yuliadi, L. P. S., & Mulyani, P. G. (2019). Condition of Microplastic Garbage in Sea Surface Water at Around Kupang and Rote, East Nusa Tenggara Province. *In Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia* (Vol. 5, No. 2, pp. 165-171).
- Kershaw, P. (2015). Sources Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: a Global Assessment. *International Maritime Organization*.
- Kurniasih, T., Lusiastuti, A. M., Azwar, Z. I., & Melati, I. (2014). Isolasi dan Seleksi Bakteri Saluran Pencernaan Ikan Lele sebagai Upaya Mendapatkan Kandidat Probiotik untuk Efisiensi Pakan Ikan. *Jurnal Riset Akuakultur*, 9(1), 99-109.
- Layn, A. A., & Ira, E. (2020). Distribution Microplastic at Sediment in the Kendari Bay. *Sapa Laut*, 5(2), 115-122.
- Lebreton, L. C., van der Zwet, J., Damsteeg, J.-W., Slat, B., Andrady, A., & Reisser, J. (2017). River Plastic Emissions ToThe World's Oceans. *Nature communications*, 8(1), 1-10.
- Luenge, J. M., Garcia, B., Sandoval, A., Naharro, G., Olivera, R. (2003). Bioplastics from Microorganisms. *Current opinion in microbiology*, 6(3), 251-260.

- Lusher, A. L., Welden, N. A., Sobral, P. & Cole, M. (2017). Sampling, Isolation and Identifying Microplastics Ingested by Fish and Invertebrates. *In Analysis of nanoplastics and microplastics in food* (pp. 119-148).
- “Menelisik Jejak Plastik di Samudera Kini”. Mongabay. <https://www.mongabay.co.id/2018/06/09/menelisik-jejak-plastik-di-samudera-kini/>. Diakses pada tanggal 20 Januari 2022.
- Melati, I. (2022). Teknik Bioremediasi: Keuntungan, Keterbatasan dan Prospek Riset. In *Prosiding Seminar Nasional Biotik* (Vol. 8, No. 2).
- “Muara Sungai Progo yang Selalu Penuh Sampah pada Musim Hujan”. Kompas.com. [Muara Sungai Progo yang Selalu Penuh Sampah pada Musim Hujan Halaman all - Kompas.com](#). Diakses pada tanggal 3 Desember 2021.
- Miri, S., Saini, R., Davoodi, S. M., Pulicharla, R., Brar, S. K., & Magdouli, S. (2022). Biodegradation of Microplastics: Better Late Than Never. *Chemosphere*, 286, 131670.
- Nasution, R. S. (2015). Berbagai Cara Penanggulangan Limbah Plastik. *Elkawnie: Journal of Islamic Science and Technology*, 1(1), 97 -104.
- Nizzetto, L., Futter, M., & Langaas, S. (2016). Are Agricultural Soils Dumps for Microplastics of Urban Origin?. *Environmental Science and Technology*, 50,10777-10779.
- Pawar, P. R., Shirgaonkar, S. S., & Patil, R. B. (2016). Plastic Marine Debris: Sources, Distribution and Impacts on Coastal and Ocean Biodiversity. *PENCIL Publication of Biological Sciences*, 3(1), 40-54.
- Rahayu, A. T. (2015). Media Alternatif Untuk Pertumbuhan Bakteri Menggunakan Sumber Karbohidrat Yang Berbeda. *Seminar Nasional XII Pendidikan Biology FKIP UNS 2015*.
- Rahayu, D. R., & Mangkoedihardjo, S. (2022). Kajian Bioaugmentasi untuk Menurunkan Konsentrasi Logam Berat di Wilayah Perairan

- Menggunakan Bakteri (Studi Kasus: Pencemaran Merkuri di Sungai Krueng Sabee, Aceh Jaya). *Jurnal Teknik ITS*, 11(1), F15-F22.
- Ramadhani, P. J., Tanjung, N., Oryza, K., Purbojo, S., Yamahoki, N., Fuadi, M. K., & Trisakti, S. W. (2019). Analisis Struktur Komunitas Mikroorganisme Ekosistem Hutan Bakau Kadilangu, Kulon Progo, Yogyakarta.
- Riandi, M. I., Kawuri, R. Sudirga, S. K. (2017). Potential of *Pseudomonas* sp. and *Ochrobactrum* sp. Isolated from Various Soil Sample as Degrading Bacteria of High Density Polyethylene (HDPE) and Low Density Polyethylene (LDPE) Plastic. *SIMBIOSIS Journal of Biological Science*, 5(2): 58– 63.
- Roohi, Bano, K., Kuddus, M., Zaheer, M. R., Zia, Q., Khan., Aliev, G. (2017). Microbial Enzymatic Degradation of Biodegradable Plastics. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 18(5): 429–440
- Savitri, S. D. N. (2006). Isolasi dan Karakteristik Bakteri Halotoleran pada Peda Ikan Kembung (*Rastrelliger* sp.).
- Shimao, M. (2001). Biodegradation of Plastics. *Current opinion in biotechnology*, 12, 242-247.
- Silalahi, L. F., Mukarlina, M., & Rahmawati, R. (2013). Karakterisasi dan Identifikasi Genus Bakteri Endofit dari Daun dan Batang Jeruk Siam (*Citrus nobilis* var. *microcarpa*) Sehat di Desa Anjungan Kalimantan Barat. *Jurnal Protobiont*, 9(1).
- Sudhakar, M., Doble, M., Murthy, P. S., & Venkatesan, R. (2008). Marine Microbe-Mediated Biodegradation of Low-and High-Density Polyethylenes. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 61(3), 203-213.
- Sudhakar, M., Priyadarshini, C., Doble, M., Murthy, P. S., & Venkatesan, R. (2007). Marine Bacteria Mediated Degradation of Nylon 66 and 6. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 6(3), 144-151.

- Suhenda, E. (2008). Teknik Pengambilan, Identifikasi, dan Penghitungan Kelimpahan Plankton di Perairan Teluk Jakarta. *Buletin Teknik Litkayasa Sumber Daya Dan Penangkapan*, 7(2), 51-55.
- Syakti, A. D. (2017). Microplastics Monitoring in Marine Environment. *Omni-Akuatik*, 11(2), 1-6.
- Tareen, A., Saeed, S., Iqbal, A., Batool, R., & Jamil, N. (2022). Biodeterioration of Microplastics: A Promising Step towards Plastics Waste Management. *Polymers*, 14(11), 2275.
- Tyas, D. E., Widyorini, N., & Solichin, A. (2018). Perbedaan Jumlah Bakteri dalam Sedimen pada Kawasan Bermangrove dan Tidak Bermangrove di Perairan Bernodo, Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 7(2): 189-196.
- Utami, I. (2022). Temuan Mikroplastik pada Sedimen Sungai Progo dan Sungai Opak Kabupaten Bantul. *Jurnal Riset Daerah Kabupaten Bantul*, 22(1), 4175-4184.
- Vianti, R. O., & Purwiyanto, A. I. (2020). Purifikasi dan Uji Degradasi Bakteri Mikroplastik dari Perairan Muara Sungai Musi, Sumatera Selatan Purification And Degradation Of Microplastic Bacteria From Musi River Estuary , South Sumatra. *Maspari Journal: Marine Science Research*, 12(2), 29-36.
- Widianarko, Y. B., & Hantoro, I. (2018). Mikroplastik dalam Seafood dari Pantai Utara Jawa.
- Wright, S. L., Thompson, R. C., & Galloway, T. S. (2013). The Physical Impacts of Microplastics on Marine Organisms: a Review. *Environmental Pollution*, 178, 483-492.
- Yoon, M. G., Jeon, H. J., & Kim, M. N. (2012). Biodegradation of Polyethylene by a Soil Bacterium and AlkB Cloned Recombinant Cell. *J Bioremed Biodegrad*, 3(4), 1-8.
- Yusmaniar, W., & Khairun, N. (2017). Bahan Ajar Farmasi Mikrobiologi Dan Parasitologi. *Kementrian Kesehatan Republik Indonesia Pusdik SDM Kesehatan*.

Zhang W, Zhang S, Wang J, Wang Y, Mu J, Wang P, Lin X, Ma D. 2017. Microplastic Pollution in the Surface Waters of the Bohai Sea, China. *Environmental Pollution*, 231, 541-548.





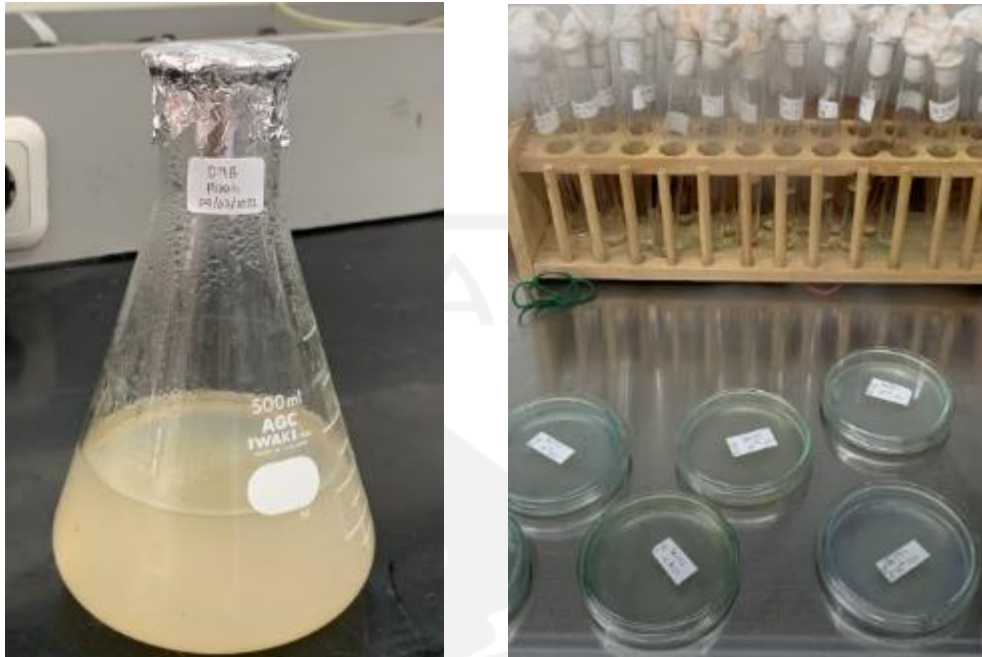
LAMPIRAN

Lampiran 1. Pengambilan Sampel Tanggal 7 Februari 2022 di Aliran Sungai Progo Yogyakarta

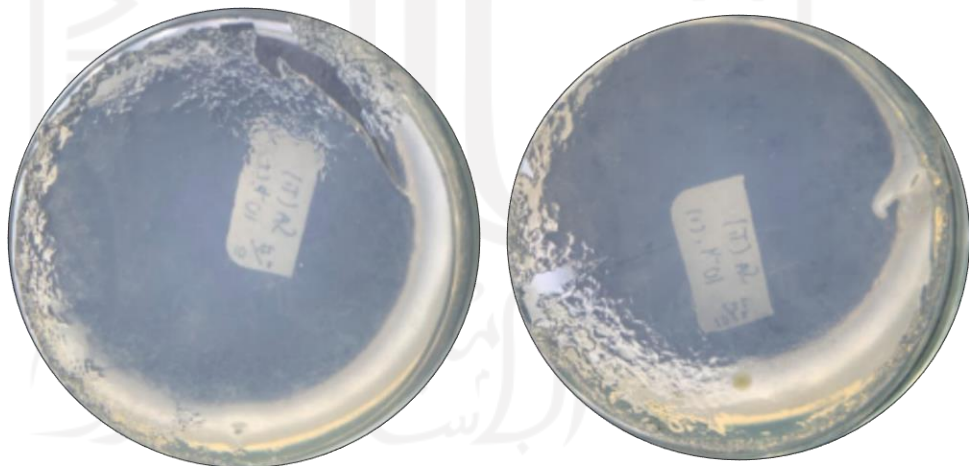


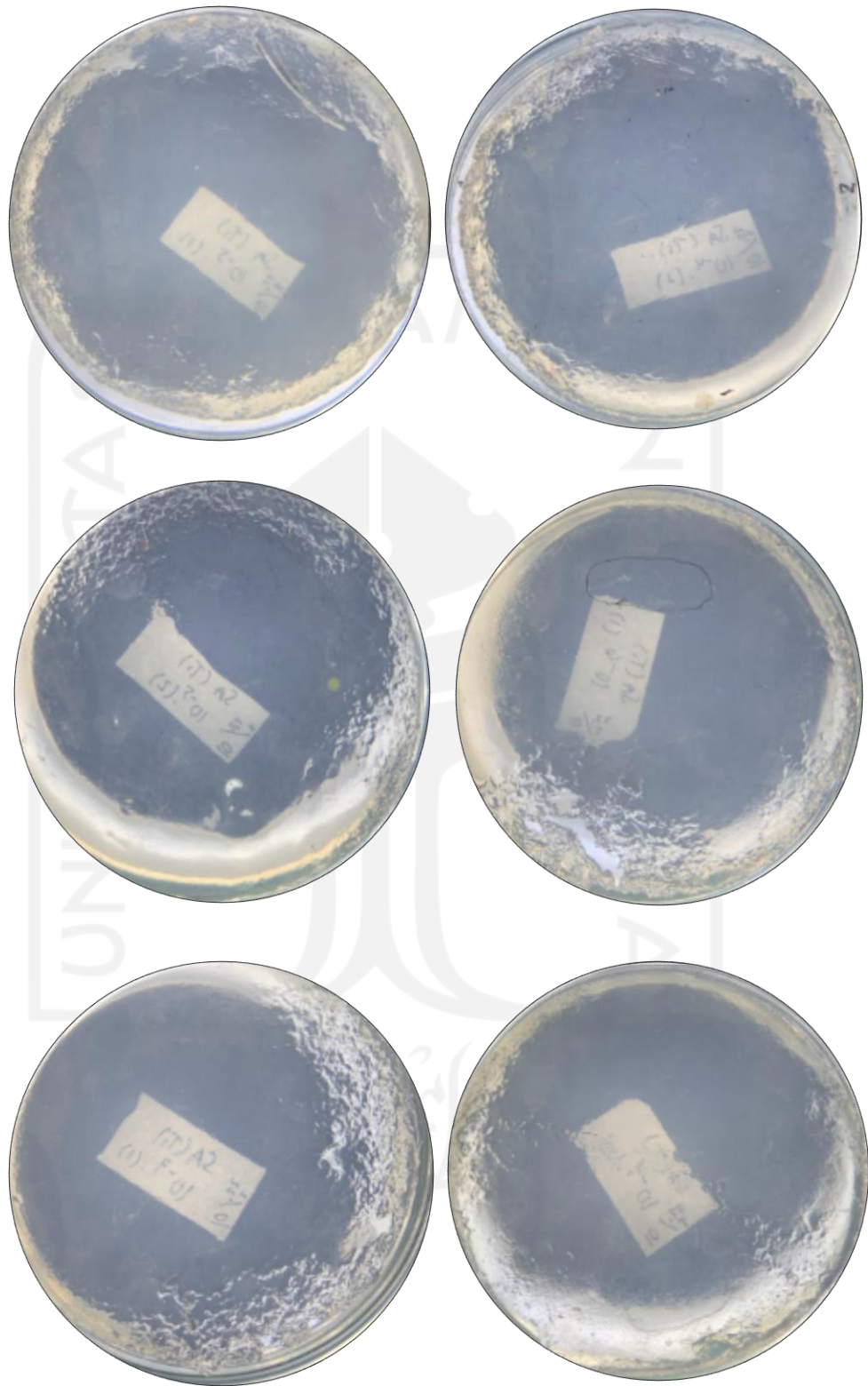
الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

Lampiran 2. Tahap Isolasi dan Seleksi Bakteri



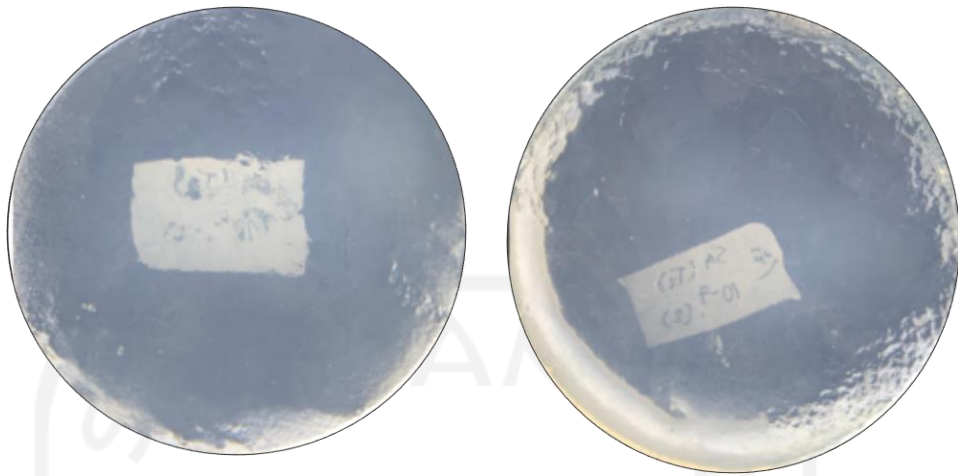
Lampiran 3. Morfologi Koloni Bakteri pada Media DNB di Titik Sampling 1



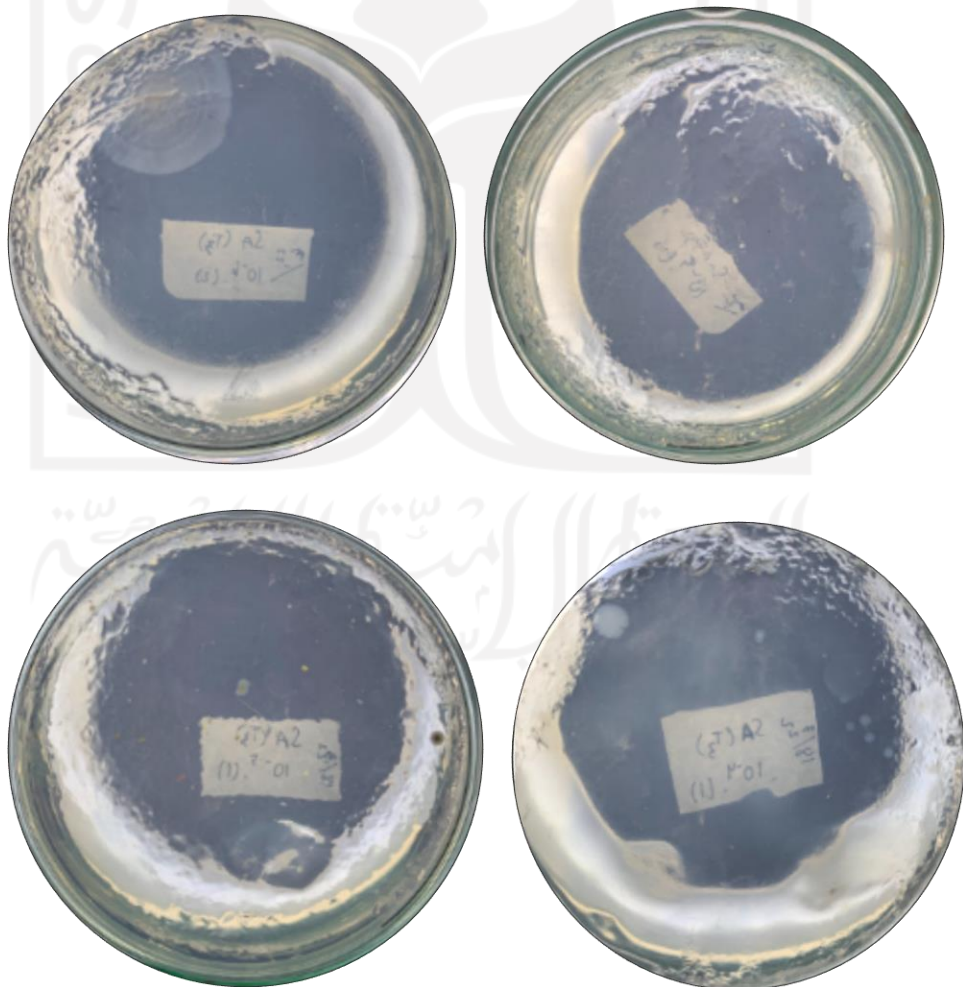


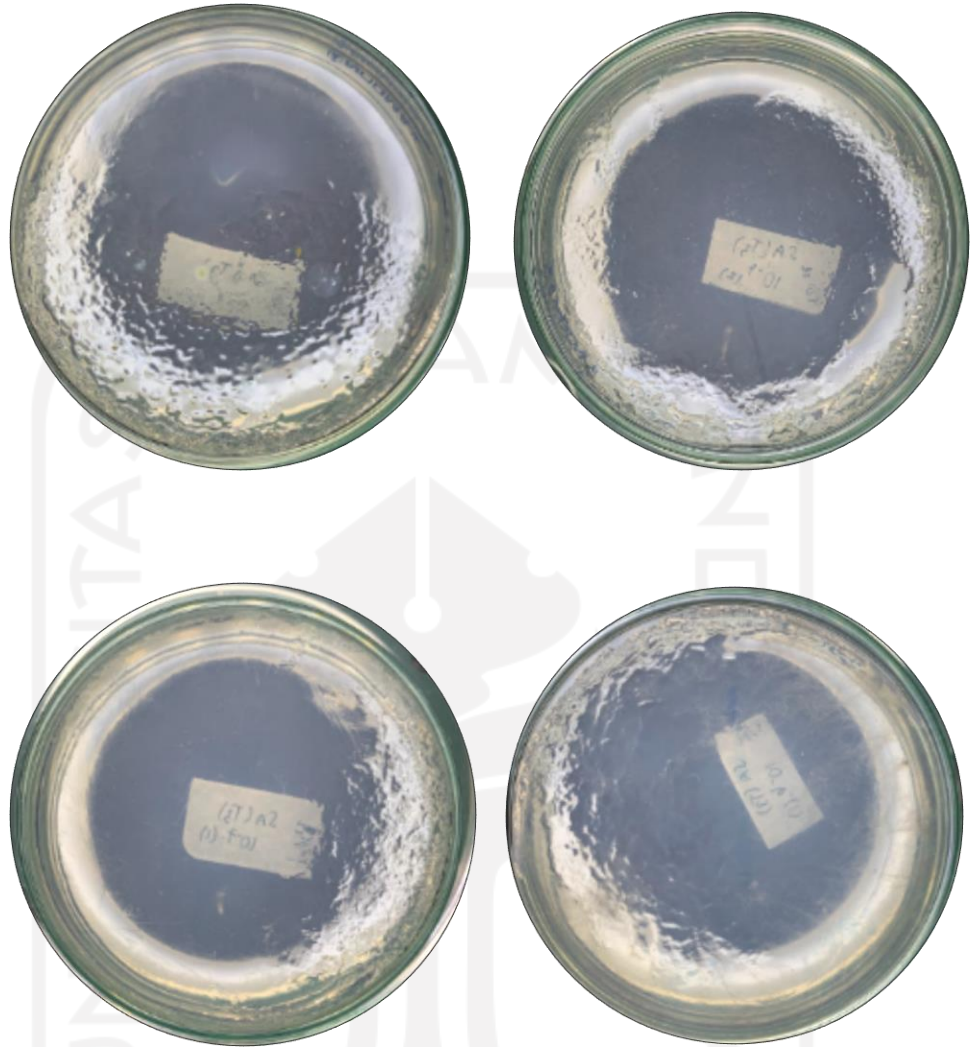
Lampiran 4. Morfologi Koloni Bakteri pada Media DNB di Titik Sampling 2





Lampiran 5. Morfologi Koloni Bakteri pada Media DNB di Titik Sampling
3





الجمهورية العربية السورية
الجامعة اللبنانية

Lampiran 6. Tabel Keragaman Koloni Bakteri dari Titik Sampling 1

Kode Sampel	Jumlah Koloni	Kode	Warna	Bentuk	Elevasi	Margin
10^{-4} . (1)	1	a	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
10^{-4} . (2)	6	a	Putih	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Undulate</i>
	1	b	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Lobate</i>
	4	c	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
	1	d	Merah	<i>Irregular</i>	<i>Raised</i>	<i>Lobate</i>
	1	e	Putih Susu	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>
10^{-5} . (1)	1	a	Putih Susu	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
10^{-5} . (2)	2	a	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>
	4	b	Putih	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>
	1	c	Merah	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>
10^{-6} . (1)	-	Tidak Ada Bakteri				
10^{-6} . (2)	-	Tidak Ada Bakteri				
10^{-7} . (1)	-	Tidak Ada Bakteri				
10^{-7} . (2)	-	Tidak Ada Bakteri				

Lampiran 7. Tabel Keragaman Koloni Bakteri dari Titik Sampling 2

Kode Sampel	Jumlah Koloni	Kode	Warna	Bentuk	Elevasi	Margin
10 ⁻⁴ . (1)	4	a	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Lobate</i>
	2	b	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>
	1	c	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>
	1	d	Putih Susu	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Undulate</i>
	2	e	Putih	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>
	1	f	Putih	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
10 ⁻⁴ .(2)	2	a	Putih	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>
	2	b	Putih Susu	<i>Spindel</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
	3	c	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
	1	d	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>
	1	e	Merah	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
	4	f	Kuning	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>
	5	g	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
10 ⁻⁵ . (1)	1	a	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>
	1	b	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Lobate</i>
10 ⁻⁵ . (2)	1	a	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>
	2	b	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Erose</i>
10 ⁻⁶ .(1)	-	Tidak Ada Bakteri				
10 ⁻⁶ .(2)	-	Tidak Ada Bakteri				
10 ⁻⁷ .(1)	-	Tidak Ada Bakteri				
10 ⁻⁷ .(2)	-	Tidak Ada Bakteri				

Lampiran 8. Tabel Keragaman Koloni Bakteri dari Titik Sampling 3

Kode Sampel	Jumlah Koloni	Kode	Warna	Bentuk	Elevasi	Margin
10 ⁻⁴ . (1)	3	a	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Lobate</i>
	2	b	Merah	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
	1	c	Putih Susu	<i>Spindel</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
	4	d	Putih	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
10 ⁻⁴ .(2)	7	a	Kuning	<i>Spindel</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
	1	b	Merah	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>
	11	c	Putih Susu	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>
	1	d	Putih Susu	<i>filamentous</i>	<i>Raised</i>	<i>Filamentous</i>
	1	e	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Lobate</i>
	13	f	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
10 ⁻⁵ . (1)	2	a	Merah	<i>Spindel</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
	2	b	Kuning	<i>Spindel</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
	14	c	Putih Susu	<i>Spindel</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
	3	d	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>
	3	e	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
10 ⁻⁵ . (2)	2	a	Putih Susu	<i>Spindel</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
	1	b	Kuning	<i>Spindel</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
	2	c	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>
	3	d	Putih Susu	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>
10 ⁻⁶ .(1)	-		Terkontaminasi Jamur			
10 ⁻⁶ .(2)	1	a	Putih	<i>irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Lobate</i>
	1	b	Putih	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Curled</i>
	1	c	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Convex</i>	<i>Undulate</i>
10 ⁻⁷ .(1)	-	Tidak ada bakteri yang tumbuh				
10 ⁻⁷ .(2)	1	a	Putih	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
	1	b	Putih Susu	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>

Lampiran 9. Hasil Perhitungan Densitas Bakteri

Titik Sampling	Pengenceran	Jumlah Koloni		Kerapatan Sel (CFU/ml)
		1	2	
1	10^{-4}	1	13	130.000
	10^{-5}	1	7	-
	10^{-6}	-	-	-
	10^{-7}	-	-	-
2	10^{-4}	11	13	130.000
	10^{-5}	2	3	-
	10^{-6}	-	-	-
	10^{-7}	-	-	-
3	10^{-4}	10	34	340.000
	10^{-5}	24	8	-
	10^{-6}	-	3	-
	10^{-7}	-	2	-

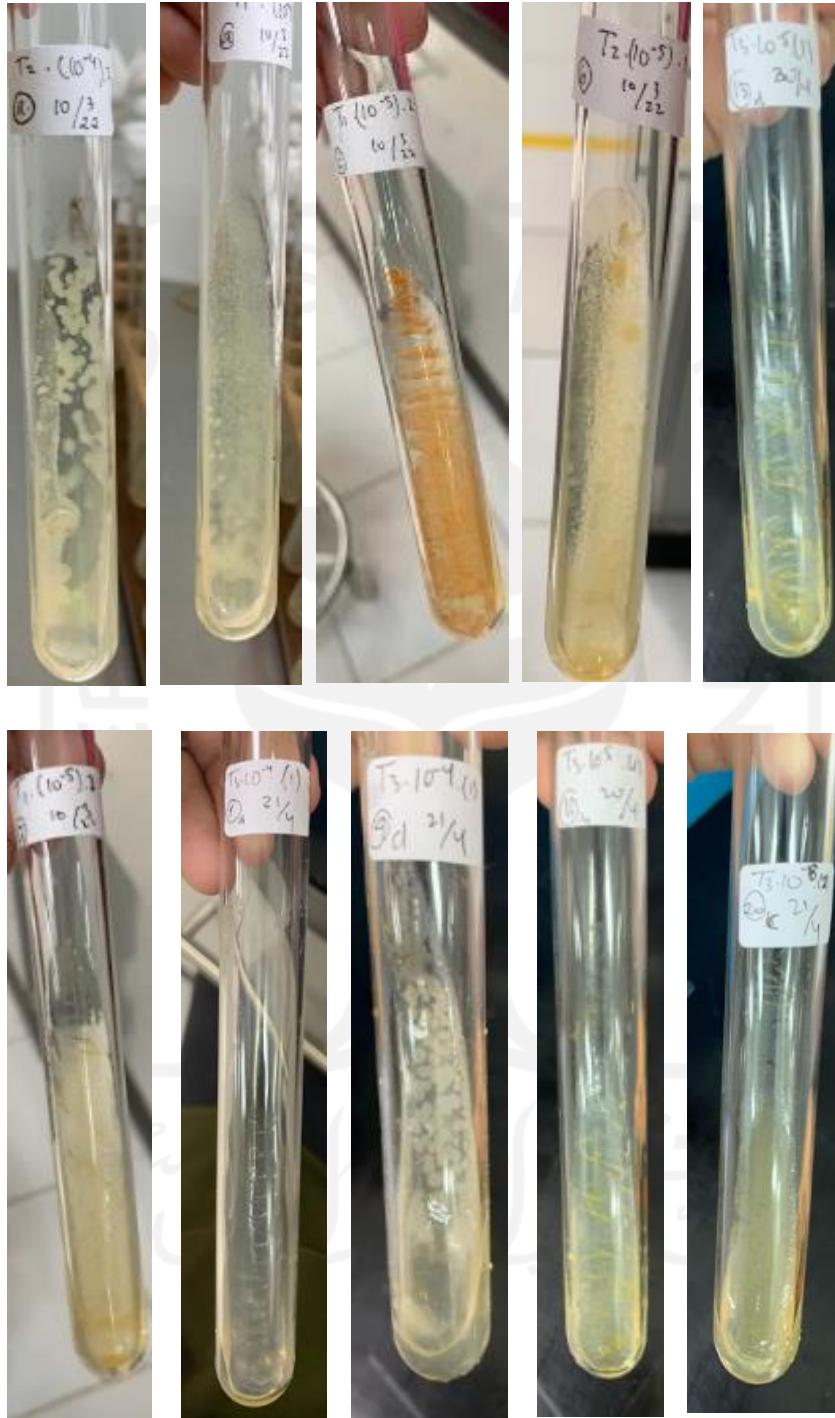
Lampiran 10. Hasil Isolasi Koloni Bakteri yang Berhasil Hidup dan Dimurnikan

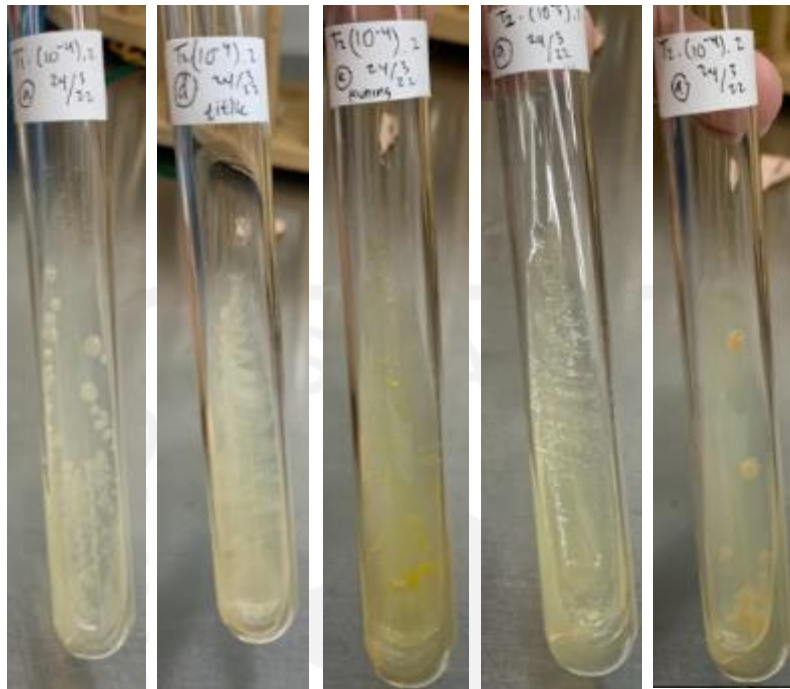
Koloni Bakteri Titik Sampling 1						
Kode	Persen	Jumlah Koloni	Warna	Bentuk	Elevasi	Margin
A	0%		Kuning	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>
B	25%	4	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
C	0%		Kuning	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>
D	0%		Kuning	<i>Spindel</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
E	0%		Kuning	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>
F	0%		Putih	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Lobate</i>
G	0%		Putih	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
H	0%		Putih	<i>Irregular</i>	<i>Convex</i>	<i>Undulate</i>
I	0%		Putih	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Erose</i>
J	25%	4	Putih	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>
K	38%	6	Putih	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Undulate</i>
L	0%		Putih	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
M	6%	1	Putih Susu	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>
N	0%		Putih Susu	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Undulate</i>
O	0%		Putih Susu	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>
P	0%		Putih Susu	<i>Spindel</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
Q	0%		Merah	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
R	6%	1	Merah	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>

Koloni Bakteri Titik Sampling 2						
Kode	Persen	Jumlah Koloni	Warna	Bentuk	Elevasi	Margin
A	9%	3	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>
B	16%	5	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
C	3%	1	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>
D	0%		Kuning	<i>Spindel</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
E	13%	4	Kuning	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>
F	16%	5	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Lobate</i>
G	9%	3	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
H	0%		Putih	<i>Irregular</i>	<i>Convex</i>	<i>Undulate</i>
I	6%	2	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Erose</i>
J	13%	4	Putih	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>
K	0%		Putih	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Undulate</i>
L	3%	1	Putih	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
M	0%		Putih Susu	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>
N	3%	1	Putih Susu	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Undulate</i>
O	0%		Putih Susu	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>
P	6%	2	Putih Susu	<i>Spindel</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
Q	3%	1	Merah	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
R	0%		Merah	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>

Koloni Bakteri Titik Sampling 3						
Kode	Persen	Jumlah Koloni	Warna	Bentuk	Elevasi	Margin
A	7%	5	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>
B	21%	16	Kuning	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
C	0%		Kuning	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>
D	13%	10	Kuning	<i>Spindel</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
E	0%		Kuning	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>
F	4%	3	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Lobate</i>
G	0%		Putih	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
H	1%	1	Putih	<i>Irregular</i>	<i>Convex</i>	<i>Undulate</i>
I	0%		Putih	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Erose</i>
J	0%		Putih	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>
K	0%		Putih	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Undulate</i>
L	7%	5	Putih	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
M	4%	3	Putih Susu	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>
N	0%		Putih Susu	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Undulate</i>
O	16%	12	Putih Susu	<i>Irregular</i>	<i>Flat</i>	<i>Undulate</i>
P	23%	17	Putih Susu	<i>Spindel</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
Q	3%	2	Merah	<i>Circular</i>	<i>Flat</i>	<i>Entire</i>
R	1%	1	Merah	<i>Circular</i>	<i>Raised</i>	<i>Entire</i>

Lampiran 11. Hasil Pertumbuhan Bakteri Pada NA Miring





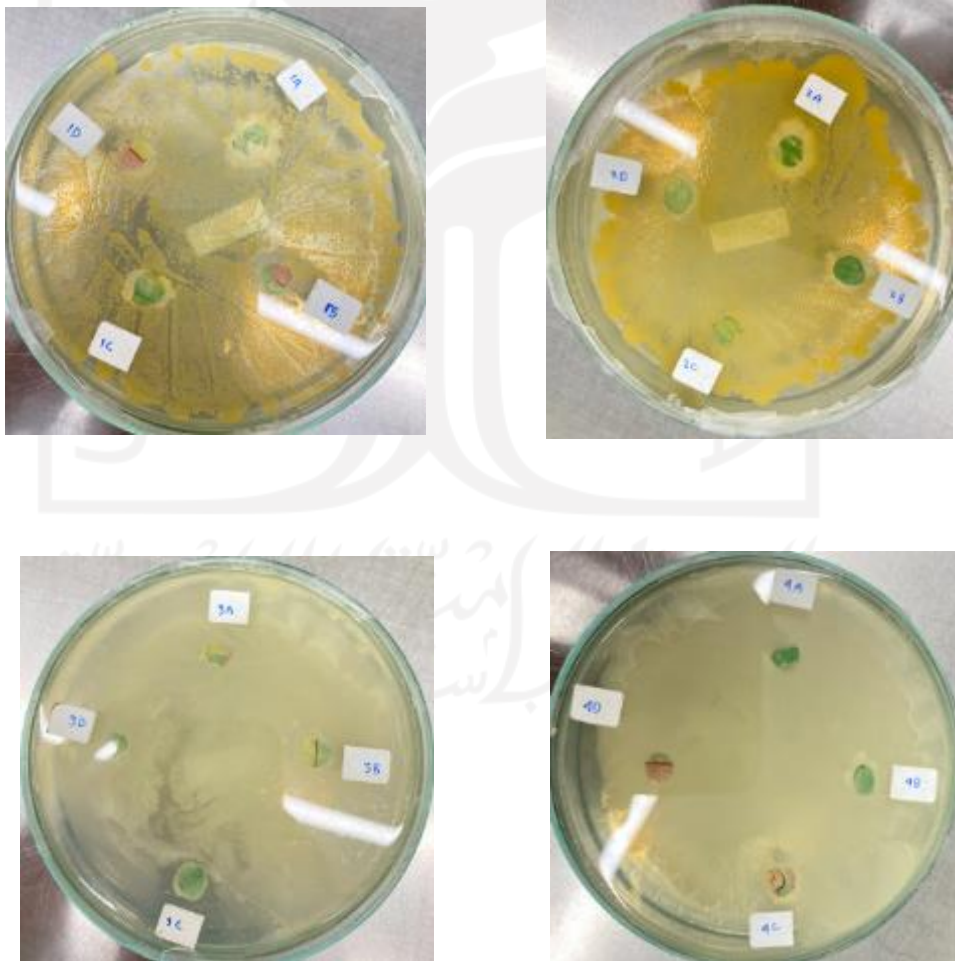
Lampiran 12. Pewarnaan Gram Bakteri

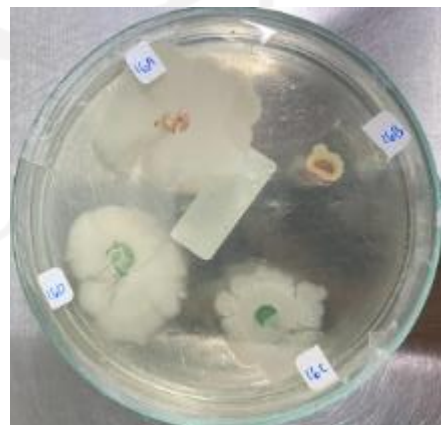
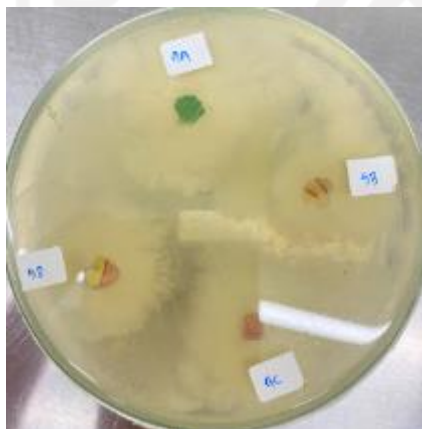
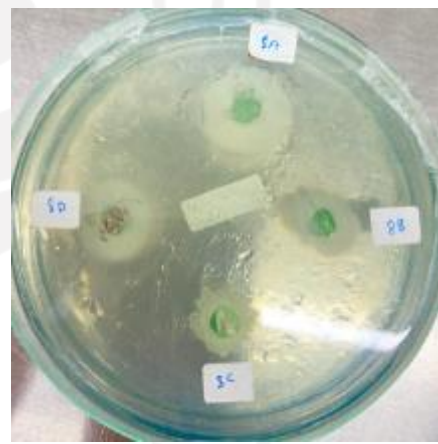
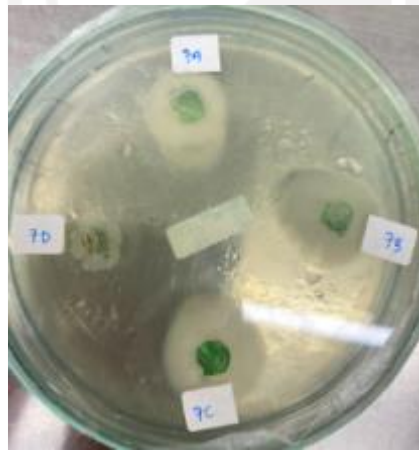
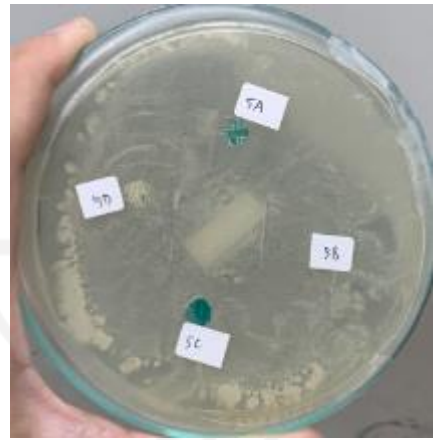
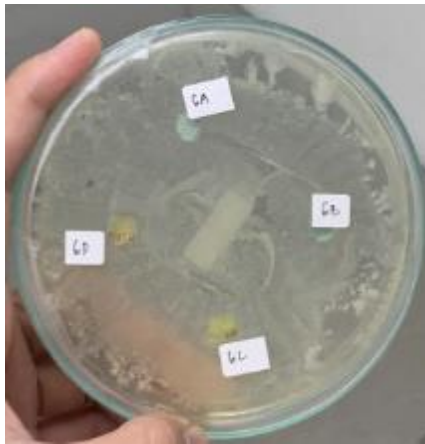


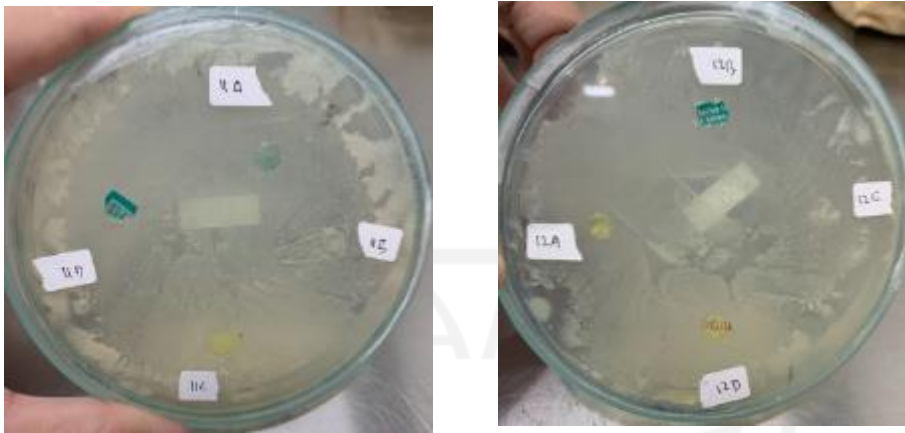
Lampiran 13. Proses Penumbuhan Bakteri Pendegradasi ke Media NA



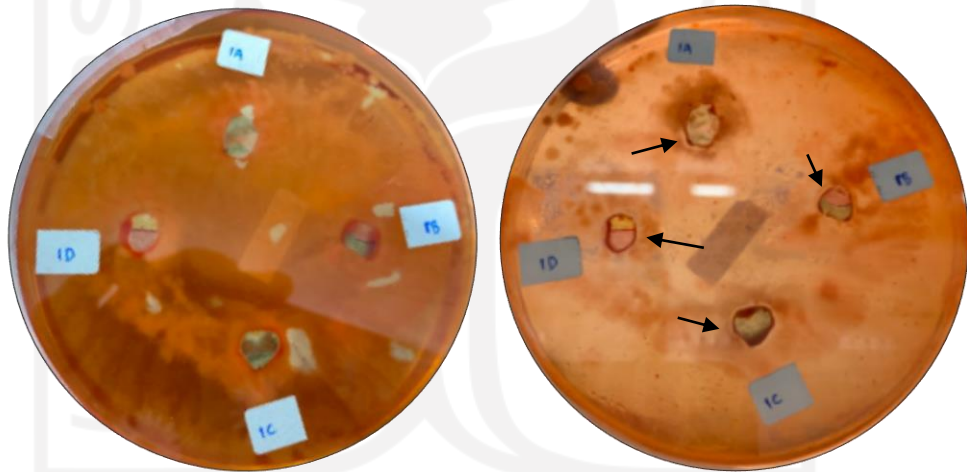
Lampiran 14. Degradasi Mikroplastik pada Media NA Umur 3 Hari







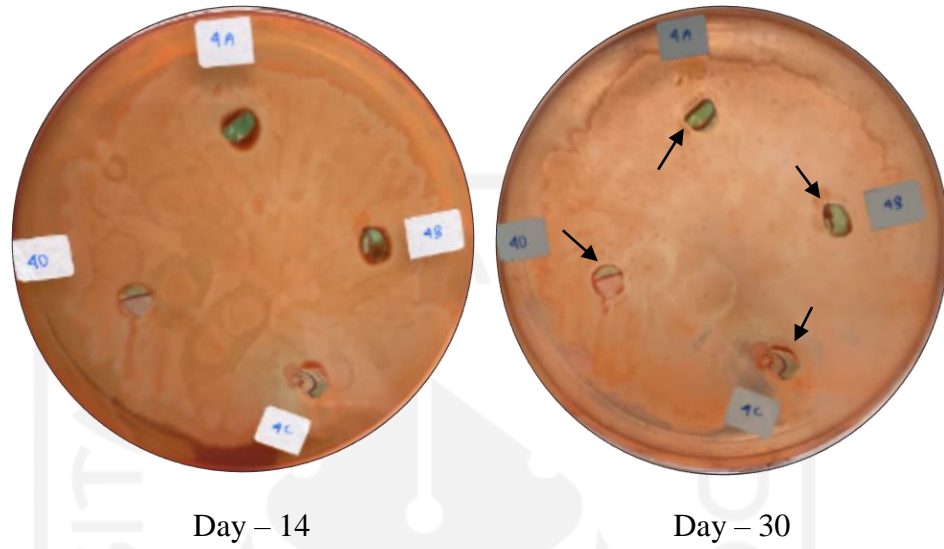
Lampiran 15. *Clear Zone* yang Terbentuk pada Bakteri Kode Isolat B1 dalam Media *Nutrient Agar*



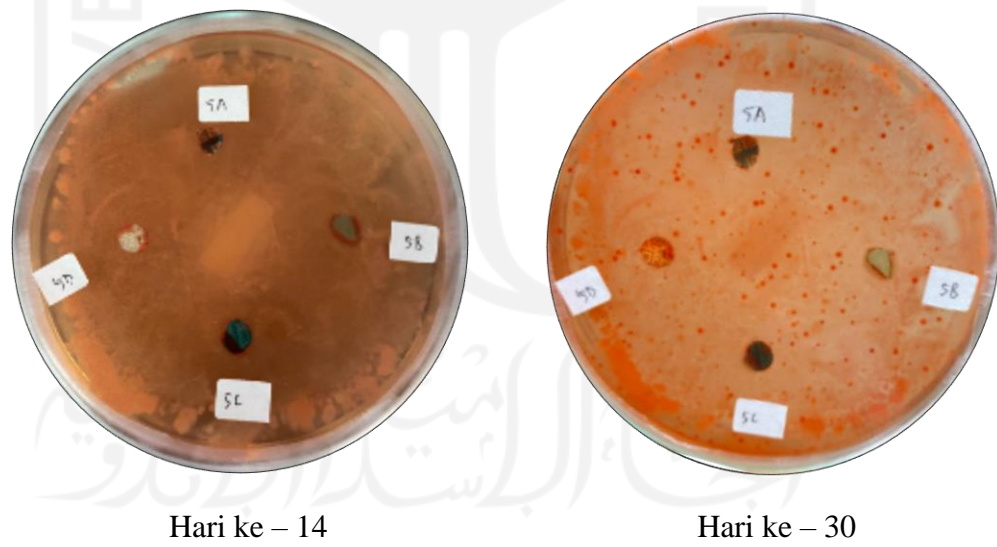
Hari ke - 14

Hari ke - 30

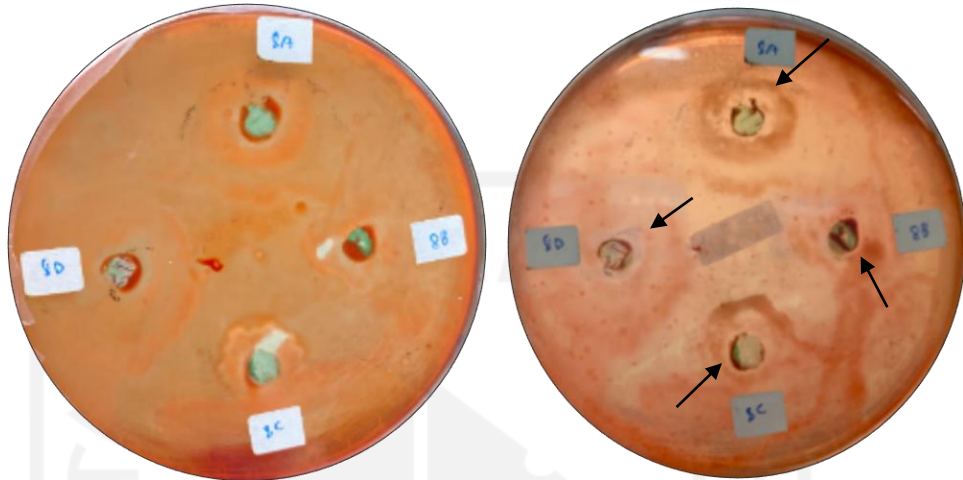
Lampiran 16. *Clear Zone* yang Terbentuk pada Bakteri Kode Isolat K2 dalam Media *Nutrient Agar*



Lampiran 17. *Clear Zone* yang Terbentuk pada Bakteri Kode Isolat F1 Media *Nutrient Agar*



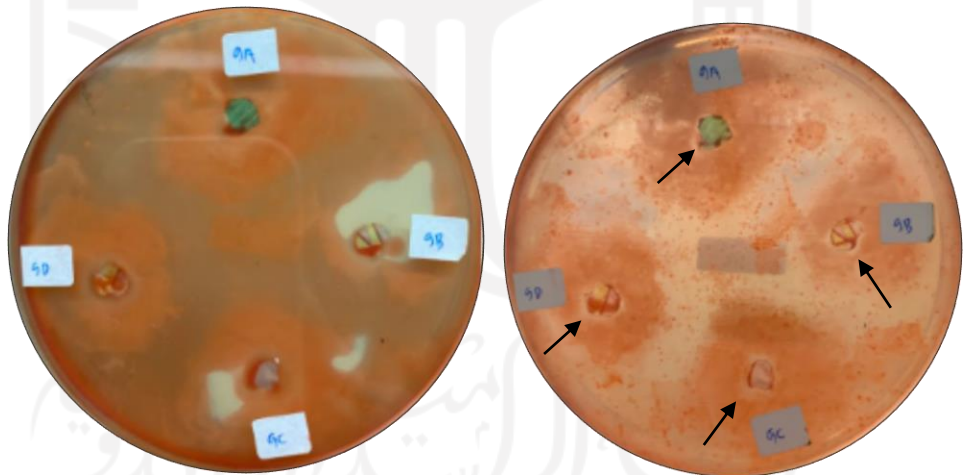
Lampiran 18. *Clear Zone* yang Terbentuk pada Bakteri Kode Isolat J2
Media *Nutrient Agar*



Hari ke - 14

Hari ke - 30

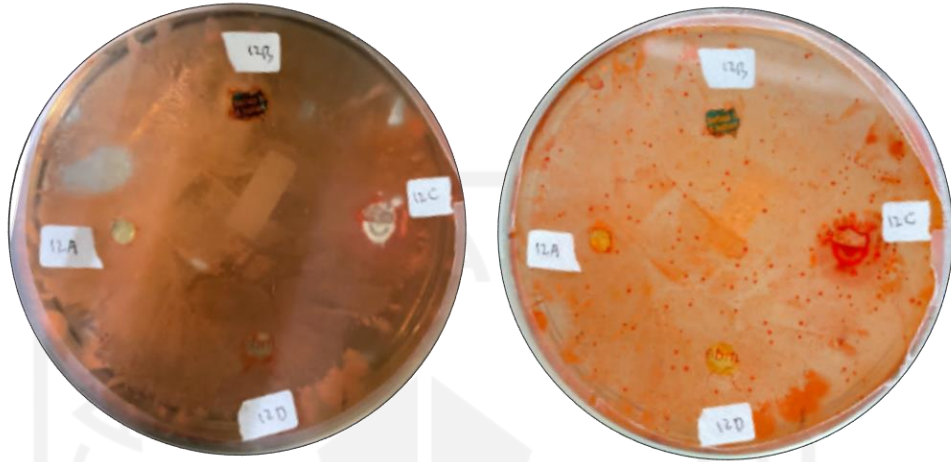
Lampiran 19. *Clear Zone* yang Terbentuk pada Bakteri Kode Isolat O1
Media *Nutrient Agar*



Hari ke - 14

Hari ke - 30

Lampiran 20. *Clear Zone* yang Terbentuk pada Bakteri Kode Isolat P2
Media *Nutrient Agar*



Hari ke - 14

Hari ke - 30

UNIVERSITY
INDONESIA
الجامعة الإسلامية
الاندونيسية



RIWAYAT HIDUP

Penulis tugas akhir ini bernama Afifah Nur Yunisha, lahir di Bekasi pada tanggal 1 Juni 2000. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Ayah penulis bernama Budi Sunarto dan Ibunya bernama Endah Tri lestari. Penulis memiliki riwayat pendidikan dimulai dari taman kanak-kanak di TKIT ANNUR Cikarang dari tahun 2004-2006, kemudian di tahun 2006-2012 melanjutkan ke jenjang sekolah dasar di SDIT ANNUR Cikarang, melanjutkan jenjang ke sekolah menengah pertama pada tahun 2012-2015 di SMPIT ANNUR, kemudian sekolah menengah atas pada tahun 2015-2018 di SMAN 1 Cikarang Pusat, hingga di jenjang perkuliahan pada tahun 2018-sekarang berada di Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Di masa perkuliahannya, penulis juga aktif dalam bidang akademik maupun non akademik seperti organisasi dan juga kepanitiaan. Penulis pernah bergabung dalam organisasi eksternal Ikatan Mahasiswa Teknik Lingkungan Indonesia (IMTLI) Regional 3 sebagai Staff Hubungan Luar di tahun 2020, dan pernah menjadi staff acara dalam kegiatan kampus seperti Pasca Pekan Ta'aruf (2018), Enviro Youth Project (2018), Pekan Ta'aruf Fakultas (2019), Lintas Lingkungan (2019), Enviro Champion (2019). Dalam ranah akademik, penulis pernah menjadi asisten laboratorium dalam praktikum kimia dasar di tahun 2021, dan menjadi asisten penelitian dosen pada tahun 2021.