

**KARAKTERISASI BAKTERI PENDEGRADASI PLASTIK
POLIETILENA ASAL TANAH TEMPAT PEMBUANGAN
AKHIR DI GAMPONG JAWA DENGAN METODE
WINOGRADSKY**

SKRIPSI

Diajukan Oleh :

AMALIA MAYSARAH

NIM. 170703009

**Mahasiswa Program Studi Biologi
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2022 M / 1443 H**

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

**KARAKTERISASI BAKTERI PENDEGRADASI PLASTIK
POLIETILENA ASAL TANAH TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR DI
GAMPONG JAWA DENGAN METODE WINOGRADSKY**

SKRIPSI

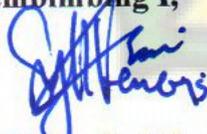
Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
dalam Ilmu Biologi

Oleh:

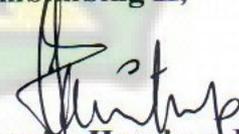
AMALIA MAYSARAH
NIM. 170703009
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Biologi

Disetujui Untuk Dimunaqasyahkan Oleh :

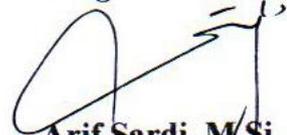
Pembimbing I,


Syafrina Sari Lubis, M. Si
NIDN. 2025048003

Pembimbing II,


Diannita Harahap, M.Si
NIDN. 2022038701

Mengetahui,
Ketua Program Studi Biologi


Arif Sardi, M.Si
NIDN. 2019068601

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**KARAKTERISASI BAKTERI PENDEGRADASI PLASTIK
POLIETILENA ASAL TANAH TEMPAT PEMBUANGAN AKHIR DI
GAMPONG JAWA DENGAN METODE WINOGRADSKY**

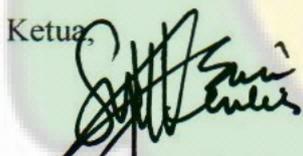
SKRIPSI

Telah diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
Dalam Ilmu Biologi

Pada Hari/ Tanggal : Sabtu, 16 Juli 2022
17 Dzulhijjah 2022
Di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi

Ketua,



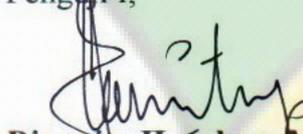
Syafrina Sari Lubis, M.Si.
NIDN. 2025048003

Sekretaris,



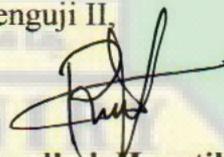
Ayu Nirmala Sari, M.Si.
NIDN. 2027028901

Penguji I,



Diannita Hafahap, M.Si.
NIDN. 2022038701

Penguji II,



Raudhah Hayatillah, M.Sc.
NIDN. 2025129302

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh




Dr. Azhar Amsal, M.Pd
NIDN. 2001066802

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH/SKRIPSI

yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Amalia Maysarah
NIM : 170703009
ProGram Studi : Biologi
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Skripsi : Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Plastik Polietilena
Asal Tanah Tempat Pembuangan Akhir di Gampong Jawa
dengan Metode Winogradsky

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penelitian skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkan
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain
3. Tidak menggunakan karya orang lain yang menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini.

Bila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 11 Agustus 2022

Yang menyatakan,


29FA2AKX514107573 (Amalia Maysarah)

ABSTRAK

Nama : Amalia Maysarah
NIM : 170703009
ProGram Studi : Biologi Fakultas Sains dan Teknologi (FST)
Judul : Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Plastik Polietilena Asal Tanah Tempat Pembuangan Akhir di Gampong Jawa Dengan Metode Winogradsky
Tanggal Sidang : 16 Juli 2022
Tebal Skripsi : 88
Pembimbing I : Syafrina Sari Lubis, M.Si
Pembimbing II : Diannita Harahap, M.Si
Kata Kunci : Polietilena, Biodegradasi, dan Kolom Winogradsky, TPA Gampong Jawa

Penggunaan plastik di Indonesia mengalami peningkatan seiring dengan meningkatkan perkembangan teknologi, industri serta peningkatan populasi penduduk yang dapat menimbulkan peningkatan limbah sampah. Sampah plastik merupakan salah satu jenis sampah yang dihasilkan dengan struktur non organik yang sangat membutuhkan waktu lama untuk terurai di tanah. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui kemampuan dan karakteristik bakteri dalam mendegradasi plastik guna dapat mengurangi limbah sampah yang dihasilkan oleh masyarakat. Metode yang digunakan adalah Winogradsky yaitu model ekosistem mikroba yang disiapkan dengan menambahkan sedimen kolam ke silinder bening dengan suplemen tambahan yang diinkubasi dengan cahaya. Sampel plastik uji adalah jenis polietilena dengan menggunakan 1000 Gram sampel tanah yang diambil dari TPA Gampong Jawa kemudian diinkubasi selama 30 hari. Hasil uji kemampuan degradasi persentase kehilangan berat plastik dapat diketahui dengan menghitung selisih berat awal plastik sebelum degradasi dengan berat akhir plastik sesudah degradasi. Didapatkan hasil pengukuran, rata-rata persentase kehilangan berat plastik hitam setelah degradasi 30 hari sebesar 86,14% sedangkan rata-rata persentase kehilangan berat plastik putih sebesar 85,71%. Hasil karakterisasi diperoleh sebanyak 16 isolat bakteri pendegradasi plastik hitam asal tanah Tempat Pembuangan Akhir Gampong Jawa dengan metode Winogradsky tergolong ke dalam genus *Bacillus* sp., *Microbacterium* sp., *Pseudomonas* sp., *Staphylococcus* sp., *Micrococcus* sp., *Paracoccus* sp., dan *Neisseria* sp. Sedangkan isolat bakteri pendegradasi plastik putih asal tanah Tempat Pembuangan Akhir Gampong Jawa ditemukan sebanyak 8 isolat bakteri genus *Bacillus* sp., dan *Pseudomonas* sp.

ABSTRACT

Name : Amalia Maysarah
NIM : 170703009
Study ProGram : Biology Faculty Science and Technology (FST)
Title : Characterization of Polyethylene Plastic Degrading Bacteria Origin of Land for Final Disposal in Gampong Jawa's by Winogradsky Method
Trial Date : July, 16 2022
Tebal Skripsi : 88
Pembimbing I : Syafrina Sari Lubis, M.Si
Pembimbing II : Diannita Harahap, M.Si
Keywords : Polyethylene, Biodegradation, Winogradsky Column dan Gampong Jawa's

The use of plastics in Indonesian has increased along with the increasing development of technology, industry and an increase in population which can lead to an increase in waste waste. Plastic waste is a type of waste that is produced with non-organic structures that really take a long time to decompose in the soil. This research was conducted aiming to determine the ability and characteristics of bacteria in degrading plastics in order to reduce waste generated by the community. The characterization of plastic degrading bacteria from Gampong Jawa's soil has been carried out using the Winogradsky method. Degradation of polyethylene test plastic samples was using 1000 Grams of soil samples with the Winogradsky method incubated for 30 days. The results of the degradation ability test, the percentage of plastic weight loss can be known by calculating the difference between the initial weight of the plastic before degradation and the final weight of the plastic after degradation. The measurement results show that the average weight loss percentage of black plastic after 30 days of degradation is 86.14%, while the average weight loss percentage of white plastic is 85.71%. The characterization results obtained as many as 16 isolates of black plastic degrading bacteria from Gampong Jawa's final disposal site using the Winogradsky method categorized in the to genus Bacillus sp., Microbacterium sp., Pseudomonas sp., Staphylococcus sp., Micrococcus sp., Paracoccus sp., and Neisseria sp. Meanwhile, isolates of white plastic-degrading bacteria from the soil of Gampong Jawa's final disposal site were found as many as 8 isolates of bacteria of the genus Bacillus sp. and Pseudomonas sp.

KATA PENGANTAR



Segala puji bagi Allah SWT, Tuhan semesta alam yang telah memberikan segala kenikmatan yang begitu luar biasa tiadaandingannya baik nikmat kesehatan, iman dan Islam sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Plastik Polietilena Asal Tanah Tempat Pembuangan Akhir di Gampong Jawa Dengan Metode Winogradsky”. Tidak lupa pula shalawat beriring salam kepada Nabi Besar Muhammad Saw, sebagai junjungan besar umat Islam yang telah memperjuangkan Islam dari kejahiliahannya menuju Islam yang penuh dengan ilmu pengetahuan dan peradaban yang menyejukkan jiwa seluruh umat.

Skripsi merupakan salah satu persyaratan untuk menyelesaikan mata kuliah wajib skripsi di prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Penulis dapat menyelesaikan skripsi tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan ucapan terima kasih banyak kepada :

1. Dr. Azhar, M.Pd sebagai Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
2. Arif Sardi, M.Si, selaku ketua Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar – Raniry Banda Aceh.
3. Kamaliah, M.Si, selaku sekretariat Prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi yang telah membantu dalam segala keperluan.
4. Diannita Harahap, M.Si, selaku penasehat akademik yang telah memberikan arahan.
5. Syafrina Sari Lubis, M.Si, selaku pembimbing yang telah memberikan arahan, motivasi dan bimbingan dalam menulis
6. Muslich Hidayat, M.Si, Bapak Ilham Zulfahmi, M.Si, Ibu Ayu Nirmala Sari, M.Si, Ibu Feizia Huslina, M.Sc, Ibu Lina Rahmawati, M.Si, dan Ibu Raudhah Hayatillah, M.Sc selaku Dosen Prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi.
7. Staf prodi yang telah membantu segala keperluan mahasiswa.

8. Orang tua saya Ayahanda Mudkisantoro dan Ibunda Ernawati yang telah menyemangati, memberi dukungan penuh, dan selalu mendoakan, dan takada kata yang bisa diucapkan kecuali rasa sayang yang begitu dalam terhadap keduanya.
9. Saudara kandung Kakak Aisyah Sukma, S.Pd dan Adik Agung Ramadhan yang telah mendoakan, membantu dan memberikan dukungan hingga saat ini dan seterusnya akan tetap seperti ini.
10. Seluruh keluarga besar Mustamir dan Hamdan yang telah menyemangati, mendoakan, memberikan motivasi dan dukungan terbaik dalam menyelesaikan tulisan ini.
11. Sahabat terbaik saya Tuti Aulia, Raihan Azmi, Lidya, Zultira Harina Roza, Rosanti Apriani, Citra Dana Yussyfa CK, Sarah Fadillah, Nanda Anastia, Judith Racmayanti, Lisda Ariyanti, Nabila Munawwarah, Rizkina Zurrani ZN, Ismi Mauliasari, Putri Rahil Marissa, Ridha Maulidia Arif, dan Uce Karlina yang telah memberikan dukungan serta nasihat dan motivasi terbaik.
12. Teman-teman Biologi Leting 2017 dan abang-abang serta kakak-kakak angkatan, dan orang-orang tersayang yang tidak bisa disebut satu-persatu yang telah membantu, memberikan motivasi dan nasihat yang membangkitkan semangat.

Penulis mengucapkan terima kasih banyak atas doa, bantuan, dukungan dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi. Semoga segala doa dan bantuan yang telah diberikan mendapatkan balasan terbaik dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi yang penulis tulis ini masih banyak kekurangan oleh sebab itu penulis berharap adanya kritikan dan saran yang bersifat membangun, sehingga kekurangan itu tidak terulang lagi pada hari yang akan datang. Harapan penulis semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi orang lain terutama untuk penulis sendiri.

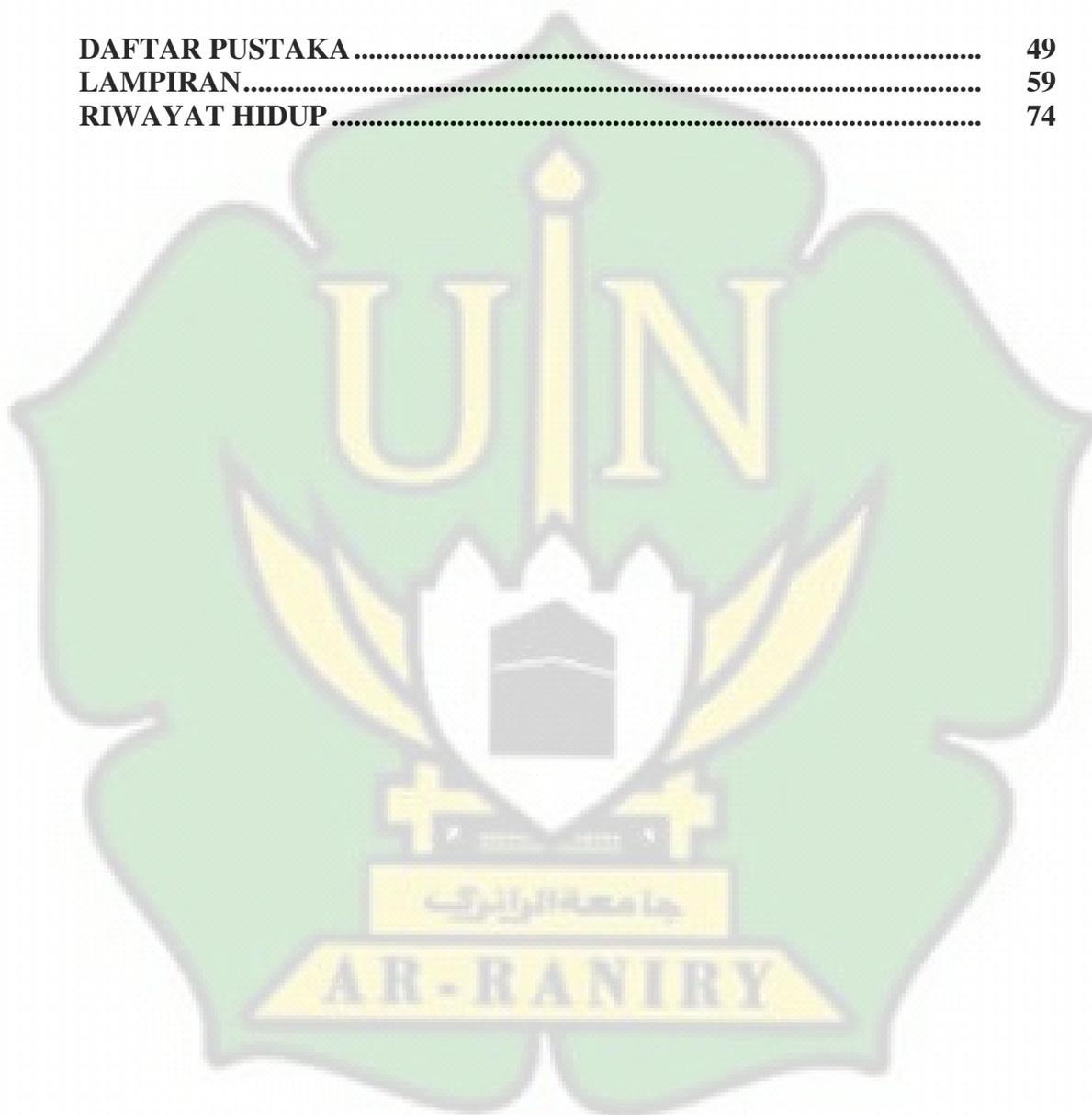
Banda Aceh, 11 Agustus 2022
Penulis,

Amalia Maysarah

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI	i
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	5
I.3 Tujuan Penelitian	6
I.4 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
II.1 Plastik.....	7
II.2 Bakteri Pendegradasi Plastik	10
II.3 Kolom Winogradsky	12
II.4 TPA Gampong Jawa	14
BAB III METODE PENELITIAN	16
III.1 Tempat dan Waktu Penelitian	16
III.2 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	16
III.3 Rancangan Penelitian	16
III.4 Alat dan Bahan Penelitian	16
III.5 Prosedur Kerja.....	17
III.5.1 Pengambilan Sampel Tanah	17
III.5.2 Persiapan Kantong Plastik	17
III.5.3 Uji Biodegradasi	18
III.5.4 Isolasi Bakteri Pendegradasi Plastik.....	19
III.5.5 Identifikasi Bakteri Pendegradasi Plastik	19
III.5 Analisis Data	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
IV.1 Hasil	24
IV.1.1 Kemampuan Bakteri Pendegradasi Plastik Asal Tanah Tempat Pembuangan Akhir di Gampong Jawa dengan Metode Winogradsky	24
IV.1.2 Karakteristik Bakteri Pendegradasi Plastik Asal Tanah Tempat Pembuangan Akhir di Gampong Jawa dengan Metode Winogradsky	33
IV.2 Pembahasan.....	38
IV.2.1 Kemampuan Bakteri Pendegradasi Plastik Asal Tanah Tempat Pembuangan Akhir di Gampong Jawa dengan Metode Winogradsky	38

IV.2.2 Karakteristik Bakteri Pendegradasi Plastik Asal Tanah Tempat Pembuangan Akhir di Gampong Jawa dengan Metode Winogradsky	41
BAB V PENUTUP	48
V.1 Kesimpulan	48
V.2 Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	59
RIWAYAT HIDUP	74



DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Kolom Winogradsky sedimen yang diperkaya daun serasah kering (bottom) dan tidak diperkaya (top)	13
Gambar III.1 Kolom Winogradsky.....	18
Gambar IV.1 P1 Kolom Winogradsky dengan Plastik Hitam; P2 Kolom Winogradsky dengan Plastik Putih	25
Gambar IV.1 Bakteri Gram negatif (a) dan bakteri Gram positif (b)	36



DAFTAR TABEL

Tabel III.1 Rincian jadwal penelitian.....	16
Tabel IV.1 Pengamatan parameter perubahan fisik kolom Winogradsky pada plastik hitam selama 30 hari.....	26
Tabel IV.2 Pengamatan parameter perubahan fisik kolom Winogradsky pada plastik putih selama 30 hari.....	28
Tabel IV.3 Persentase kehilangan berat plastik hitam setelah 30 hari degradasi..	32
Tabel IV.4 Persentase kehilangan berat plastik putih setelah 30 hari degradasi ..	32
Tabel IV.5 Karakteristik morfologi bakteri pendegradasi plastik hitam.....	34
Tabel IV.6 Karakteristik morfologi bakteri pendegradasi plastik putih	35
Tabel IV.7 Uji biokimia bakteri pendegradasi plastik hitam	36
Tabel IV.8 Uji biokimia bakteri pendegradasi plastik putih	37
Tabel IV.9 Karakterisasi biokimia dan identifikasi bakteri pendegradasi plastik	42



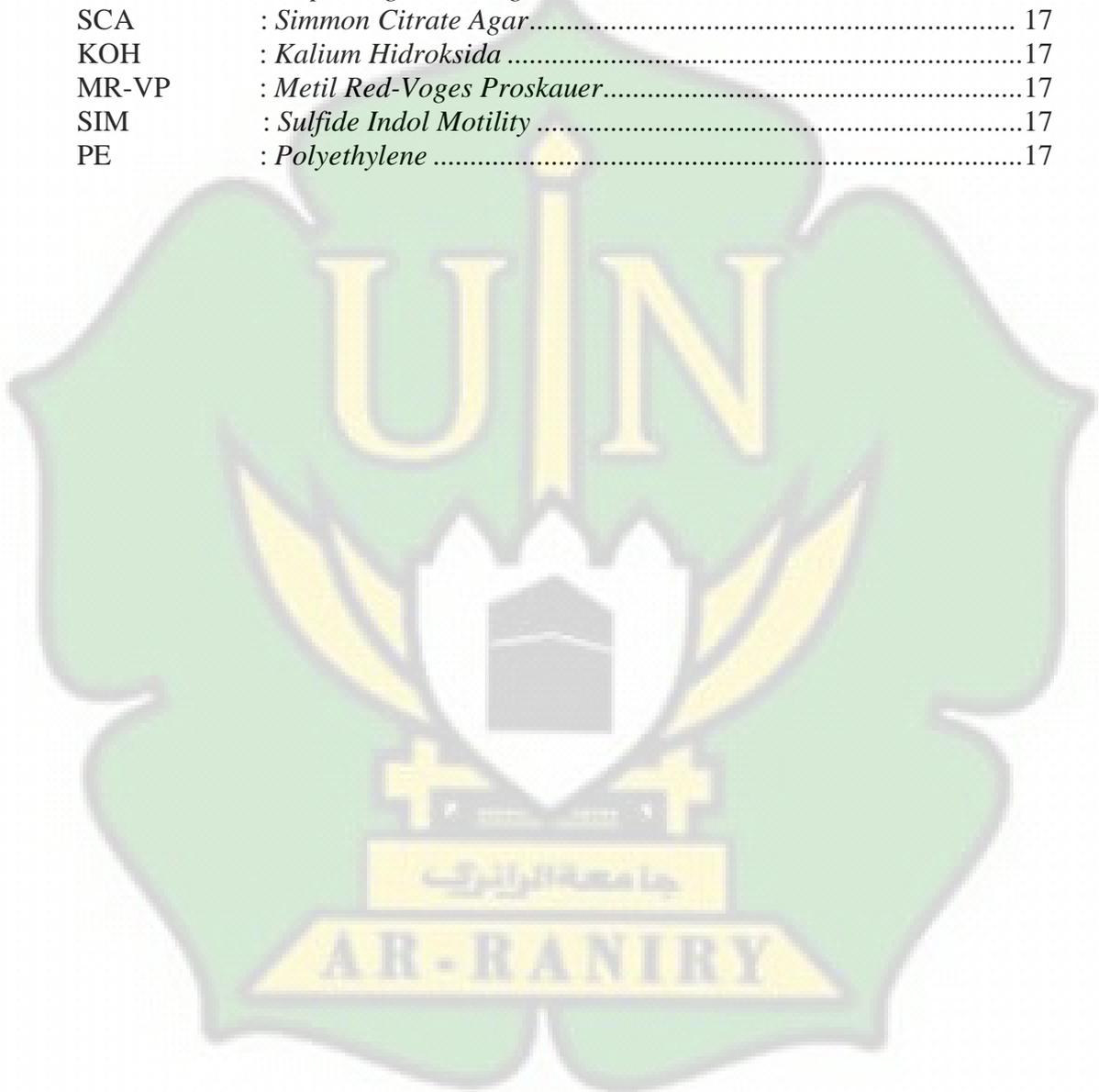
DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Penelitian.....	59
Lampiran 2 Surat Keterangan Pembimbing.....	60
Lampiran 3 Surat Keterangan Bebas Laboratorium.....	61
Lampiran 4 Dokumentasi Penelitian.....	62



DAFTAR SINGKATAN

LDPE	: <i>Low Density Polyethylene</i>	8
HDPE	: <i>High Density Polyethylene</i>	8
TPA	: <i>Tempat Pembuangan Akhir</i>	17
MSM	: <i>Mineral Salt Medium</i>	17
NA	: <i>Nutrient Agar</i>	17
TSIA	: <i>Triple Sugar Iron Agar</i>	17
SCA	: <i>Simmon Citrate Agar</i>	17
KOH	: <i>Kalium Hidroksida</i>	17
MR-VP	: <i>Metil Red-Voges Proskauer</i>	17
SIM	: <i>Sulfide Indol Motility</i>	17
PE	: <i>Polyethylene</i>	17



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Aktivitas manusia merupakan salah satu penghasil sampah. Banyaknya sampah yang dihasilkan berupa sampah organik sebanyak 60-70% dan sisanya adalah sampah non organik 30-40%. Disisi lain, sampah non organik yang dihasilkan tersebut komposisi sampah terbanyak kedua yaitu sampah plastik sebesar 14%. Sampah plastik terbanyak yang dihasilkan adalah jenis kantong plastik atau kresek selain plastik kemasan (Purwaningrum, 2016). Penggunaan plastik di Indonesia semakin meningkat seiring dengan berbagai macam produk makanan baru yang akan bertambah dan tingginya jumlah konsumsi masyarakat yang menggunakan plastik. Berdasarkan statistik Indonesia pada tahun 2022, jumlah penduduk di Indonesia mencapai 270.203.917 jiwa yang menghasilkan 65.200.000 ton limbah per tahun pada tahun 2016.

Indonesia merupakan penghasil sampah plastik tertinggi (Sakti *et al.*, 2021). Banyak kegiatan industri yang menyebabkan peningkatan produksi limbah. Dari total tumpukan sampah tersebut, 85.000 ton pertahun adalah sampah plastik. Penggunaan plastik yang mengalami peningkatan terus menerus disebabkan adanya perkembangan teknologi, perkembangan industri serta peningkatan populasi penduduk. Peningkatan penggunaan plastik ini dapat menyebabkan terjadinya peningkatan pada jumlah sampah plastik (Hidayat *et al.*, 2019). Peningkatan penggunaan plastik juga terjadi di Indonesia, kebutuhan kenaikan plastik rata-rata mencapai 200 ton tiap tahunnya (Sari *et al.*, 2017). Setiap tahunnya plastik yang diproduksi dari berbagai negara berkisar kurang lebih 260 juta ton (O'Brine *et al.*, 2010 ; Pani *et al.*, 2017).

Sampah plastik merupakan salah satu jenis limbah anorganik yang sangat lama terurai dalam tanah yang membutuhkan waktu sebanyak 50-80 juta tahun (Ariyanto, 2017). Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan plastik dapat diperoleh dari berbagai bahan mentah, yaitu gas bumi, minyak bumi dan batu bara. Plastik juga mengandung senyawa polimer yang memiliki unsur penyusun utama adalah karbon dan hidrogen. Adapun jenis-jenis plastik yang banyak

digunakan adalah *polyethylene terephthalate* (PET/HDPE) dan *polypropelina* (PP) (Pani *et al.*, 2017).

Plastik jenis *polyethylene terephthalate* biasanya banyak dijumpai dalam produk gelas dan botol minuman serta makanan kemasan. PET terbagi atas 2 macam jenis yaitu *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan *High Density Polyethylene* (HDPE) (Okatama, 2016). Sedangkan jenis plastik *polipropelina* dapat digunakan pada peralatan laboratorium, pengeras suara, wadah atau *container* yang digunakan berulang kali (Juniarto, 2018). Secara umum zat (*plasticizers*) yang ditambahkan dalam proses produksi plastik berguna untuk mendapatkan karakter plastik sesuai yang diinginkan seperti kuat, bening, toleransi terhadap suhu dan fleksibel. Bahan yang tergolong ke dalam *plasticizers* adalah berbagai senyawa *phthalate* yang dipakai pada saat pembuatan plastik jenis PVC (*polyvinyl chloride*) yang sifatnya *leaching* atau terlepas dari plastik dan mudah menguap. Bahan lainnya adalah *bisphenol-A* (BPA) yang digunakan pada pembuatan plastik jenis polikarbonat yang telah diidentifikasi dapat terlepas dari plastik dan mencemari minuman makanan jika tidak diolah dengan baik (Diningsih dan Rangkuti, 2020).

Pengelolaan sampah plastik menjadi permasalahan yang harus diselesaikan karena plastik merupakan salah satu produk yang terbuat dari bahan yang tidak dapat terurai dengan sendirinya (Pagestu *et al.*, 2016). Salah satu pengelolaan sampah plastik yang menggunakan *landfill* ataupun *open dumping* di TPA Gampong Jawa belum tepat untuk dijadikan sebagai pengendalian. Selain itu, pengelolaan sampah plastik secara dibakar yang menyebabkan pencemaran udara terhadap lingkungan yang menghasilkan zat emisi dioxin yang dapat mengakibatkan karsinogen. Adapun pengelolaan daur ulang plastik hanya dapat mengubah sampah plastik menjadi bentuk baru bukan mengurangi volume sampah plastik sehingga ketika produk daur ulang plastik sudah kehilangan fungsinya maka akan kembali menjadi sampah plastik (Wahyudi *et al.*, 2018).

Penanganan sampah plastik yang biasanya dilakukan pada lingkungan sekitar seperti pengumpulan, pembakaran, daur ulang untuk beberapa jenis plastik dan diangkut kemudian dibawa ke Tempat Pembuangan Akhir lalu dilakukan sanitary landfill yaitu sampah timbunan yang dapat menyebabkan tidak ramah

lingkungan. Sampah dari plastik di lingkungan sangat sulit diolah dan terurai oleh tanah, sehingga dapat menimbulkan kerusakan pada tanah, mencemari tanah dan sumber air tanah (Gunadi *et al.*, 2020). Pembakaran bahan plastik yang dilakukan secara terus menerus akan menghasilkan asap yang berbahaya karena mengandung gas-gas yang beracun seperti hidrogen sianida (HCN) dan karbon monoksida (CO) yang memberikan efek pencemaran udara dalam jangka panjang berupa pemanasan global pada atmosfer bumi (Purwaningrum, 2016 ; Iswadi *et al.*, 2017).

Berdasarkan hal tersebut perlu suatu alternatif lain dalam menangani volume sampah plastik tersebut (Wahyudi *et al.*, 2018). Alternatif lain yang dimaksud adalah biodegradasi yang menggunakan mikroorganisme seperti bakteri dengan tujuan dapat mengurangi limbah (Rizqy dan Shovitri, 2017). Biodegradasi merupakan proses penguraian senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme seperti bakteri sehingga adanya perubahan pada integritas molekuler. Setiap mikroorganisme memiliki karakteristik yang berbeda, sehingga proses degradasi yang dilakukan oleh aktivitas mikroorganisme berbeda pula (Islami, 2018).

Beberapa bakteri yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi plastik berdasarkan penelitian sebelumnya adalah bakteri *Pseudomonas aeuginosa* UKMCC1011 (Damayanti, 2020) *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus cereus*, *Bacillus firmus* dan *Pseudomonas aeruginosa* yang didapatkan dari tanah TPA Sarimukti Cipatat Bandung yang menggunakan metode kolom Winogradsky. Selain itu ada bakteri dari genus lainnya yaitu *Alcalgenes*, *Actinobacillus*, *Pseudomonas* (Devi *et al.*, 2015; Hidayat, 2019), *Acinetobacter*, *Neisseria* (Hidayat, 2019) dan *Ochrobactrum* (Riandi *et al.*, 2017) . Berdasarkan asosiasi tersebut dapat disimpulkan bahwa bakteri genus *Pseudomonas* dan *Bacillus* yang banyak dijumpai dari Tempat Pembuangan Akhir.

Metode kolom Winogradsky merupakan salah satu metode yang dapat digunakan dalam mendeteksi proses biodegradasi plastik. Pembentukan biofilm yang dihasilkan pada metode ini dapat menciptakan lingkungan yang menekan konsorsium mikroorganisme. Biofilm tersebut dapat menunjukkan pertumbuhan bakteri yang memiliki kemampuan terhadap proses biodegradasi (Hidayat *et al.*,

2020). Metode yang digunakan dapat memungkinkan beragam komunitas mikroorganisme yang tumbuh dan berkembang. Kolom yang diinkubasi beberapa bulan akan membentuk beberapa lapisan (zona). Lapisan tersebut akan membedakan jenis mikroorganisme yang hidup sesuai dengan metabolismenya (Isti'annah *et al.*, 2020).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Aziz (2019) tanah yang diisolasi dari sampah TPA Antang terdapat 6 isolat yang memiliki potensi terhadap degradasi plastik berjenis LDPE berwarna hitam sebesar 3,5% dan 6 isolat lainnya yang dapat mendegradasikan plastik LDPE berwarna putih sebesar 2 %. Sedangkan berdasarkan penelitian Wati (2020) diketahui bahwa ada 8 isolat bakteri hasil dari isolasi tanah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jabon Sidoarjo yang mempunyai kemampuan sebagai pendegradasi plastik sebanyak 5 genus bakteri meliputi *Alcaligenes*, *Pseudomonas*, *Actinobacillus*, *Neisseria*, dan *Acinetobacter*. Presentase tertinggi kehilangan berat kering plastik diperoleh oleh isolat bakteri genus *Pseudomonas* dan presentase terendah diperoleh oleh isolat bakteri genus *Alcaligenes* masing-masing sebesar 3,87% dan 0,8%.

TPA Gampong Jawa adalah salah satu TPA yang ada di Kota Banda Aceh yang difungsikan dengan baik hingga saat ini. Lokasi TPA Kota Banda Aceh berada di daerah Gampong Jawa yang letaknya di bagian utara Kota Banda Aceh. TPA ini berdekatan dengan muara Krueng Aceh yang berjarak 3.5 km dari pusat kota dengan luas lahan yang disediakan 21 Ha (Darnas *et al.*, 2020). TPA Gampong Jawa pertama kali dibangun pada tahun 1994 dengan luas 12 Ha. Saat gempa bumi dan tsunami yang terjadi 2004 lalu, TPA ini hancur total dan membawa semua sampah yang ada disana, kemudian difungsikan kembali dan diperluas menjadi 21 Ha. Badan Rehabilitasi dan Rekonstruksi (BRR) Aceh-Nias telah melakukan rehabilitas terhadap TPA Gampong Jawa pada tahun 2002 yang kemudian pada Januari 2009 mulai kembali beroperasi menggunakan sistem *sanitary landfill* (sampah timbunan harian). Penutupan sampah dilakukan menggunakan tidak kurang dari 5000 m³ tanah dan 3500 m³ kompos yang digunakan setiap tahunnya. Kompos ini dipakai untuk mengurangi bau yang tidak sedap ditimbulkan dari sampah tersebut (Akbar, 2016 ; Dinas Lingkungan Hidup dan Kebersihan, 2022).

Menurut Armi dan Mandasari (2017) TPA (Tempat Pembuangan Akhir) di Gampong Jawa ini memiliki sistem pengelolaan sampah yang baik sehingga tumpukan sampah yang luasnya mencapai sekitar 3 hektar dengan ketinggian 20 meter lebih itu dapat dikelola dengan baik. Berdasarkan hasil dari observasi, semua truk sampah yang telah masuk ke dalam TPA (Tempat Pembuangan Akhir) yang telah ditimbang/dicatat muatannya akan dimasukkan ke area sortir (area pemilahan sampah), area inilah jenis sampah akan dipilah-pilah sesuai jenisnya. Untuk sampah plastik yang dapat didaur ulang akan dijual kembali kepada penadah (guna mengurangi beban TPA) sedangkan sampah organik seperti dedaunan segar, ranting kayu dan sampah hasil pasar akan dikumpulkan untuk dimasukkan ke dalam mobil penghancur.

Berdasarkan latar belakang di atas diketahui bahwa Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah memiliki potensi dalam menemukan berbagai macam bakteri maupun jamur yang dapat dijadikan sebagai agen biodegradasi plastik sehingga dapat mengurangi pembuangan limbah sampah yang tidak dikelola dengan baik, maka peneliti ingin melakukan penelitian dengan judul **“Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Plastik *Polietilena* Asal Tanah Tempat Pembuangan Akhir di Gampong Jawa dengan Metode *Winogradsky*”** yang memiliki tujuan untuk mengetahui bakteri yang dapat mendegradasi plastik pada tanah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) di Gampong Jawa.

I.2 Rumusan Masalah

Adapun latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini antara lain :

1. Bagaimana kemampuan isolat bakteri pendegradasi plastik asal tanah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) di Gampong Jawa dengan metode Winogradsky?
2. Bagaimana karakteristik bakteri pendegradasi plastik asal tanah Tempat Pembuangan Akhir di Gampong Jawa dengan metode Winogradsky?

I.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui bagaimana kemampuan bakteri pendegradasi plastik asal tanah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) di Gampong Jawa dengan metode Winogradsky.
2. Untuk mengetahui karakterisasi bakteri pendegradasi plastik asal tanah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) di Gampong Jawa dengan metode Winogradsky.

I.4 Manfaat Penelitian

Penelitian yang telah dilakukan dengan mempertimbangkan hilirisasi hasil penelitian dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Mengetahui bagaimana kemampuan dan karakteristik bakteri pendegradasi plastik asal tanah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) di Gampong Jawa dengan metode Winogradsky.
2. Memberikan solusi terkait alternatif yang aman lingkungan mengenai permasalahan penguraian sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA).
3. Memberikan gambaran profil bakteri pada model ekosistem sebagai tahapan lebih lanjut mengenai masalah pengelolaan sampah plastik

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Plastik

Plastik merupakan senyawa polimer sintetik yang paling populer digunakan terhadap kemasan pangan (Arini *et al.*, 2017). Plastik adalah jenis makromolekul yang terbentuk dari proses polimerisasi. Proses penggabungan beberapa molekul sederhana (monomer) menjadi molekul besar (makromolekul atau polimer) melalui proses kimia disebut polimerisasi. Unsur utama penyusun pada plastik adalah karbon dan hidrogen (Surono dan Ismanto, 2016).

Plastik digunakan untuk kemasan karena sifatnya yang tahan air dan harganya juga murah. Peningkatan penggunaan plastik akan menghasilkan limbah yang dapat mencemari tanah dan lingkungan air. Plastik memiliki sifat yang tidak mudah terdegradasi dan akan menumpuk di tempat pembuangan sampah atau tertimbun di dalam tanah. Hal ini dapat mempengaruhi aktivitas biologi di dalam tanah terutama mikroorganisme yang ada di tanah (Damayantia *et al.*, 2020).

Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu thermoplastik dan termosetting. Thermoplastik adalah bahan plastik yang jika dipanaskan sampai suhu tertentu, akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan termosetting adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan. Berdasarkan sifat kedua kelompok plastik tersebut maka thermoplastik adalah jenis yang memungkinkan untuk didaur ulang. Jenis plastik yang dapat didaur ulang diberi kode berupa nomor untuk memudahkan dalam mengidentifikasi dan penggunaannya (Purwaningrum, 2016).

Tahun 1988 plastik dibagi oleh *The Society of Plastics Industry* menjadi 7 jenis, kemudian dikembangkan nomor kode berdasarkan jenis plastik oleh *International Organization for Standardization*. Pembagiannya (Candra dan Sucita, 2015; Dewi dan Yesti, 2018; Surono dan Ismanto, 2016; Wati, 2020) antara lain:

1. *Polyethylene terephthalate* (PETE) dengan logo daur ulang angka 1 yang bersifat tahan terhadap pelarut. Plastik ini juga memiliki ciri antara lain kedap terhadap gas, pada suhu 80°C mudah saat dibentuk, tidak untuk

penggunaan air hangat atau air panas, biasanya digunakan sebagai botol plastik untuk beberapa jenis botol seperti botol saus sambal, air mineral, kecap, dan jenis botol lainnya.

2. *High Density Polyethylene* (HDPE) yang bersifat semi fleksibel hingga keras dengan titik leleh rendah yang tahan pada kondisi yang lembab dan bahan kimia. Bagian permukaan plastik berkilin. Jenis plastik ini mudah untuk diwarnai dan dibentuk biasanya berwarna buram yang digunakan untuk botol yang berwarna putih susu dan galon air minum. Plastik ini memiliki logo daur ulang nomor 2 segitiga.
3. *Polyvinyl Chloride* (PVC) yang bersifat mengkilap, jernih, mengandung DEHA, dan keras, serta berbahan PVC. Logo daur ulang dengan angka 3 dalam bentuk segitiga dengan ciri plastik permeabilitas rendah, sukar ditembus air, dan tidak digunakan untuk wadah minyak. Biasanya digunakan dalam konstruksi seperti bahan bangunan.
4. *Low Density Polyethylene* (LDPE) merupakan jenis plastik yang mudah diproses, kuat, permukaan sedikit berkilin, fleksibel, warna tidak jernih namun bisa tembus cahaya serta kedap terhadap air. Plastik ini memiliki logo daur ulang nomor 4 yang biasanya digunakan sebagai kantong makanan maupun botol pendek.
5. *Polypropylene* (PP) jenis plastik yang memiliki logo daur ulang nomor 5 dengan sifat plastik yang fleksibel dan tembus uap rendah. Selain itu jenis plastik ini memiliki warna yang transparan namun tidak jernih. Sifat lainnya yaitu kuat, titik leleh tinggi, permukaan berkilin, ringan, tahan terhadap bahan kimia dan minyak serta lemak, bisa ditembus oleh cahaya, tahan panas, contohnya seperti kemasan yang digunakan untuk makanan maupun minuman .
6. *Polystyrene* (PS) terbagi ke dalam 2 jenis yaitu bertekstur kaku dan lunak, mudah terpengaruh oleh lemak, contohnya styrofoam. Plastik ini ditandai dengan logo daur ulang nomor 6 dalam bentuk segitiga.
7. Plastik lainnya seperti *Polycarbonate* (PC) yang memiliki warna jernih dengan permeabilitas yang rendah dan Nylon mempunyai titik leleh suhu 350-570°C, contohnya botol minuman olahraga.

Umumnya sampah plastik memiliki komposisi 46% *polyethylene* (HDPE dan LDPE), 16% *polypropylene* (PP), 16% *polystyrene* (PS), 7% *polyvinyl chloride* (PVC), 5% *polyethylene terephthalate* (PET), 5% *acrylonitrile-butadiene-styrene* (ABS) dan polimer lainnya. Lebih dari 70% plastik yang dihasilkan saat ini adalah *polyethylene* (PE), *polypropylene* (PP), *polystyrene* (PS) dan *polyvinyl chloride* (PVC) (Praputri *et al.*, 2016). *Polyethylene* diklasifikasikan ke dalam berbagai jenis seperti polietilen densitas rendah (LDPE), polietilen densitas tinggi (HDPE), polietilen densitas rendah linear (LLDPE) dan lain sebagainya. Diantaranya, *Low Density Polyethylene* (LDPE) telah digunakan untuk berbagai keperluan seperti plastik kemasan (Diningsih dan Rangkuti, 2020) tempat makanan, pembuatan tas cary, cangkir sekali pakai serta tertera logo daur ulang dengan angka 4 ditengahnya. Polietilena merupakan salah satu masalah lingkungan yang buruk, karena jenis plastik ini cenderung menumpuk diarea tanah dalam waktu yang lama. Hal ini dapat mengurangi kesuburan tanah dan dapat mengancam kehidupan hewan. Apabila dibakar, maka akan menghasilkan bahan kimia beracun yang dapat mencemari lingkungan yang dapat menyebabkan penyakit yang mempengaruhi paru-paru dan kulit (Gultom *et al.*, 2017).

Polietilena adalah salah satu jenis polimer dengan rantai linear sangat panjang yang tersusun atas unit-unit terkecil yang berulang-ulang yang berasal dari monomer molekul etilen. Polietilen merupakan polimer hidrokarbon linier yang terdiri dari rantai panjang monomer etilena (C_2H_4). Rumus umum dari *polyethylene* adalah C_nH_{2n} . Polietilena terbuat dari hasil ekstraksi minyak atau gas melalui polimerisasi katalitik monomer etilena. Polietilen memiliki struktur yang fleksibel sehingga mudah dibentuk dan mempunyai daya rentang yang tinggi (Wati, 2020).

High Density Polyethylene (HDPE) adalah jenis plastik polietilena yang mempunyai densitas tinggi yaitu $0,95-0,97 \text{ g/cm}^3$ dengan susunan rantai lurus dengan logo nomor daur ulang 2. Biasanya jenis polietilena ini dapat digunakan untuk kemasan dengan warna buram atau putih susu dengan struktur yang lebih keras dan kaku, seperti botol susu, botol sampo, ember dan sebagainya (Masyruroh dan Rahmawati, 2021). Sedangkan *Low Density Polyethylene* (LDPE) adalah polietilena densitas rendah sebesar $0,91-0,94 \text{ g/cm}^3$ yang berbentuk

kristalin 50-60% dengan struktur rantai bercabang panjang dan pendek dengan logo daur ulang 4. *Low Density Polyethylene* mempunyai titik leleh 115°C dengan permukaan lembut, mengkilap serta tidak mudah bereaksi secara kimia. Plastik ini dipakai sebagai kemasan makanan, botol dengan tekstur yang lembek (Wati, 2020).

II.2 Bakteri Pendegradasi Plastik

Biodegradasi dapat diartikan sebagai proses penguraian zat melalui aktivitas mikroba. Proses ini melibatkan beberapa langkah diantaranya kerusakan biologis (gabungan tindakan komunitas mikroba dan faktor abiotik untuk memecah bahan menjadi fraksi kecil), depolimerisasi (mikroorganisme mengeluarkan enzim dan radikal bebas yang mampu mengurai polimer menjadi oligomer, dimer dan monomer), asimilasi (beberapa molekul dikenali oleh reseptor sel mikroba dan dapat melewati membran plasma) dan mineralisasi (molekul sederhana seperti CO₂, N₂, CH₄, H₂O dan garam yang berbeda dari metabolit intraseluler yang teroksidasi dilepaskan). Hal ini terjadi karena bakteri dan jamur terlibat meskipun dengan kecepatan yang lambat (Muhonja *et al.*, 2018).

Biodegradasi polimer plastik merupakan proses secara alami yang terjadi dimana mikroorganisme menggunakan sumber karbon dan energi dari kompleks bahan organik dengan mengubahnya menjadi bentuk yang lebih sederhana. Mikroorganisme memiliki karakter berbeda-beda, sehingga proses degradasi yang terjadi juga bervariasi sesuai jenis mikroorganismenya (Kunlere *et al.*, 2019). Kecepatan biodegradasi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain ketebalan polimer, kelembaban, jenis mikroorganisme, jenis polimer, temperatur dan pH. Kondisi biodegradasi terhadap pH, oksigen, mineral, suhu, nutrien, dan kelembaban dapat disesuaikan dengan jenis mikroorganisme yang digunakan. Bahan-bahan polimer yang dilepaskan ke lingkungan seperti plastik akan mengalami proses degradasi secara fisika, kimia dan biologi tergantung pada ada atau tidaknya mikroorganisme (bakteri atau jamur), kelembapan, udara, temperatur, dan cahaya (*photo-degradation*) (Atanasova *et al.*, 2021).

Suatu lingkungan ekosistem buatan yang bentuknya seperti miniatur berfungsi sebagai sumber makanan untuk kultur bakteri jangka waktu panjang

disebut sebagai kolom Winogradsky (Filayani, 2019). Kolom Winogradsky dapat digunakan sebagai metode dalam biodegradasi plastik. Kolom Winogradsky digunakan sebagai mengamati dan menggambarkan suatu hubungan independen yang memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan mikroorganisme. Hal lainnya untuk mengamati dan mengetahui metabolisme terhadap mikroba seperti autotrof, heterotrof, kemoautotrof dan fotoautotrof serta mikroorganisme yang dapat memanfaatkan karbon dan mineral pada keadaan yang toleran sebagai sumber makanan (Wati, 2020).

Adapun beberapa bakteri yang dapat memiliki kemampuan sebagai pendegradasi plastik antara lain :

1. *Pseudomonas* spp

Bakteri *Pseudomonas* spp. termasuk ke dalam jenis bakteri Gram negatif mempunyai sel berbentuk batang (*rod*). Alat untuk bergerak berupa flagela, bakteri aerob obligat akan tetapi bisa hidup anaerobik apabila terdapat nitrat pada lingkungan. *Pseudomonas* spp. menghasilkan enzim *serine hidrolase*, *esterase*, dan *lipase* yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi plastik. *Pseudomonas aeruginosa* mempunyai kemampuan dalam beradaptasi dengan kondisi yang tidak dapat ditoleransi oleh organisme lainnya (Hidayat *et al.*, 2020). Sampah plastik yang dapat didegradasi adalah jenis plastik PE dan PS berwarna putih serta transparan. Proses biodegradasi plastik oleh bakteri *Pseudomonas* spp. berlangsung selama ≥ 3 bulan (Sriningsih dan Shovitri, 2015).

2. *Ochrobactrum* spp.

Menurut Riandi *et al.* (2017), *Ochrobactrum* spp. adalah bakteri Gram negatif memiliki flagela dan menghasilkan enzim katalase sehingga dapat memetabolisme hidrogen peroksida (H_2O_2) menjadi oksigen dan air. *Ochrobactrum* spp. memiliki karakteristik secara umum menyerupai karakter bakteri *Pseudomonas* spp. dapat menghasilkan exoenzim untuk mendegradasi sampah plastik. Proses biodegradasi sampah plastik oleh bakteri *Ochrobactrum* spp. selama ≥ 45 hari. Plastik yang dapat didegradasi oleh bakteri adalah jenis sampah plastik LDPE (*Low-Density Polyethylene*) dan HDPE (*High Density Polyethylene*) seperti kantong kresek yang berwarna.

3. *Brevibacillus*

Brevibacillus spp. adalah bakteri Gram positif yang dapat hidup di berbagai kondisi lingkungan karena memiliki rentangan pH yang luas, toleransi terhadap suhu, dan kadar garam. *Brevibacillus* spp. bersifat aerob yang memiliki susunan dinding sel terdiri atas tiga membran dengan ketebalan membran 27-29 nm. Bakteri ini mampu menghasilkan senyawa antibiotik berupa Gramicidin yang tidak dapat memetabolisme karbohidrat dan adanya kandungan basa nitrogen guanin serta sitosin pada DNA sebesar 45-56 mol%. *Brevibacillus* sp merupakan salah satu konsorsium yang dapat ditingkatkan sebagai inokulum yang berpotensi untuk biodegradasi polietilena dan turunan polietilena dalam plastik (Skariyachan *et al.*, 2018).

4. *Rhodococcus* spp.

Rhodococcus spp. merupakan bakteri golongan Gram positif yang bersifat aerob yang berbentuk batang dengan warna koloni orange ketika isolat umur 72 jam. Bakteri ini tidak memiliki alat gerak, bereproduksi tidak menggunakan spora serta hidup di lingkungan yang terdapat kandungan zat xenobiotik (Sulistinah *et al.*, 2016). *Rhodococcus* spp. dapat melakukan degradasi senyawa alifatik serta aromatik, seperti BTEX (*Benzene, Toluene, Ethylbenzene, dan O-Xylene*). Selain itu bakteri *Rhodococcus* spp. juga mampu memanfaatkan *N-butyl benzyl ftalat* (BPP) sebagai satu-satunya sumber karbon (Zhang *et al.*, 2016).

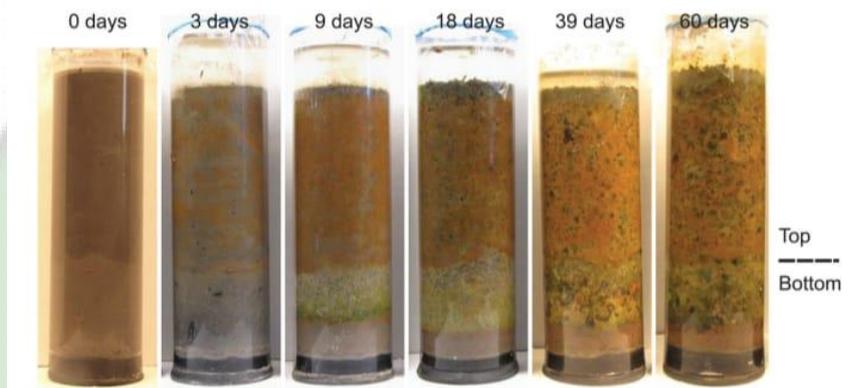
5. *Bacillus* spp.

Bakteri Gram positif yang bersifat anaerobik fakultatif yang dapat hidup ada atau tidak adanya oksigen, akan tetapi cenderung akan hidup secara aerobik yang berbentuk batang, dapat membentuk endospora. Sampah plastik yang bisa didegradasi oleh bakteri *Bacillus* yaitu jenis plastik polietilena, propilena seperti kantung kresek yang berwarna. *Bacillus* sp. U4 mampu menghasilkan enzim amilase dan selulose sehingga dapat digunakan sebagai agen dalam biodegradasi (Khofifah dan Zulaika, 2021).

II.3 Kolom Winogradsky

Kolom Winogradsky ditemukan oleh ahli mikrobiologi Rusia bernama Sergei Winogradsky (1856-1953) dan Martinus W. Beijerinck (1851-1931) yang digunakan sebagai model untuk mempelajari interaksi populasi bakteri pada

berbagai komunitas perairan dan sedimen perairan dan sedimen (Deacon, 2005). Kolom Winogradsky adalah model ekosistem mikroba yang disiapkan dengan menambahkan sedimen kolam ke silinder bening dengan suplemen tambahan yang diinkubasi dengan cahaya. Gradien lingkungan berkembang di dalam kolom menciptakan relung yang beragam yang memungkinkan pengayaan bakteri tertentu. Kultur pengayaan dapat digunakan untuk mempelajari struktur dan fungsi komunitas mikroba tanah dan sedimen (Esteban *et al.*, 2015)



Gambar II. 1 Kolom Winogradsky sedimen yang diperkaya daun serasah kering (bottom) dan tidak diperkaya (top) (Esteban *et al.*, 2015)

Menurut Waluyo (2018) Serge Winogradsky (1856-1953) merupakan seorang ahli Rusia yang dikenal dengan “Bapak Mikrobiologi Tanah”. Hal ini karena Winogradsky yang menemukan kolom Winogradsky, suatu alat untuk mempelajari siklus sulfur. Dia yang menemukan pertumbuhan mikroba akibat CO_2 dan ion-ion anorganik yang dinamakan proses kemototrof. Kemudian dia mempelajari nitrifikasi (proses perubahan NH_4^+ menjadi nitrat atau NO_3^-). *Nitrobacter Winogradsky* merupakan salah satu bakteri nitrifikasi yang diambil dari nama Serge Winogradsky. Di samping itu, Winogradsky menemukan mikroba pengoksidasi ion Fe^{2+} , mengisolasi secara anaerob (pertumbuhan tanpa oksigen), bentukan spora, penambatan nitrogen (pengubahan nitrogen bebas (N_2) menjadi amonia (NH_3) oleh bakteri berbentuk basil.

Winogradsky telah membagi populasi mikro tanah (Waluyo, 2018) menjadi golongan besar, yakni:

a) Mikroba Otokton

Mikroba setempat atau pribumi pada tanah tertentu. Mikroba ini selalu hidup dan berkembang di tanah atau selalu diperkirakan ditemukan di

dalam tanah. Golongan mikroba ini tidak tergantung pada pengaruh lingkungan luar seperti iklim, temperatur dan kelembaban.

b) Mikroba Zimogenik

Mikroba zimogenik berkembang karena pengaruh perlakuan-perlakuan khusus pada tanah seperti penambahan bahan-bahan organik, pemupukan dan serasah.

c) Mikroba Transien (Penetap Sementara)

Mikroba transien terdiri dari mikroorganisme yang diintrodusir ke dalam tanah dengan sengaja. Penambahan ini misalnya dengan inokulasi *Leguminosae* atau *Azotobacter* dalam bentuk inokulum hidup (preparat hidup).

II.4 TPA Gampong Jawa

TPA Gampong Jawa adalah tempat pemrosesan akhir sampah yang terletak di Gampong Jawa Kota Banda Aceh yang memiliki luas lahan sebesar ± 21 Ha (Hasibuan, 2019). TPA Sampah Gampong Jawa menggunakan metode *sanitary landfill* dalam pengelolaan sampah dan memiliki fasilitas untuk pemilahan sampah, instalasi pengelolaan limbah tinja dan fasilitas bengkel (Nindia *et al.*, 2019). Sistem *sanitary landfill* yaitu pengelolaan sampah dengan cara membuang dan menumpukkan sampah pada tanah dengan bidang cekung kemudian dilakukan pemadatan dan penimbunan dengan tanah. Proses penimbunan dilakukan secara berulang-ulang seperti kue lapis yang terdiri dari timbunan sampah kemudian ditutup dengan tanah. Pengelolaan tersebut sangat penting dalam menjaga sampah dan keadaan lingkungan sekitarnya sehingga dapat mengendalikan rembesan ataupun cemaran air dari tanah dan kerusakan lingkungan (Priatna *et al.*, 2019).

TPA Gampong Jawa Kota Banda Aceh terletak di Gampong Jawa Kecamatan Kutaraja. Berdasarkan hasil survei pengelolaan sampah yang telah dilakukan pada tanggal 30 Agustus 202, sampah yang dibawa ke TPA Gampong Jawa adalah sampah organik dan sampah non organik seperti plastik. Sampah organik ini berasal dari sisa makanan rumah tangga maupun daun-daun kering yang tidak dibakar. Sedangkan sampah plastik yang dipilah berdasarkan bisa atau tidaknya di daur ulang. Jenis plastik tersebut adalah jenis *Polietilena*

therephythalate (PET), *Low Density Polyethylena* (LDPE), *Polyvinyl chlorida* (PVC), *High Density Polyethylena* (HDPE), *Polipropilena* (PP), dan *Polistirena* (PS). Setiap hari sekitar 150 unit truk sampah, truk kontainer dan becak sampah masuk ke TPA sampah Gampong Jawa membawa berbagai macam jenis sampah yang diangkut dari permukiman di Kota Banda Aceh. Setiap harinya sampah yang dihasilkan dari angkutan dibawa ke TPA sampah Gampong Jawa (Nindia *et al.*, 2019) dengan muatan perhari \pm 200 ton. Jenis sampah yang terdapat di TPA Gampong Jawa dianggap merupakan jenis sampah yang dikelompokkan berdasarkan sumbernya (Damanhuri dan Padmi, 2010) adalah :

1. Pemukiman adalah sampah yang berasal dari aktivitas rumah tangga biasanya berupa sampah domestik;
2. Institusi atau daerah komersial yaitu sampah yang berasal dari sekolah, pertokoan, perkantoran dan sebagainya;
3. Kontruksi yaitu sampah yang berasal dari kegiatan pembuatan kontruksi baru, perbaikan jalan dan sebagainya;
4. Fasilitas umum yang bersumber dari penyapuan jalan, taman, pantai, dan lainnya.
5. Pertanian atau perkebunan merupakan sampah hasil dari aktivitas penanaman, pemupukan dan pemanenan. Biasanya sering dijumpai sampah berupa jerami, sisa sayuran, sisa-sisa pertanian dan sebagainya.
6. Limbah domestik yang berasal dari pengolahan instalasi pengolahan air minum, instalasi pengelolaan air buangan dan insinerator.
7. Kawasan industri yaitu sisa sampah dari proses produksi, buangan non industri dan lainnya.

BAB III METODE PENELITIAN

III.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus sampai Desember 2021 di Laboratorium Mikrobiologi Gedung Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

III.2 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan seperti rincian pada tabel berikut ini :

Tabel III. 1 Rincian jadwal penelitian

No	Kegiatan Penelitian	Bulan															
		September				Oktober				November				Desember			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Persiapan Alat dan Bahan																
2	Pengambilan Sampel Tanah																
3	Persiapan Plastik Uji																
4	Uji Biodegradasi																
5	Isolasi Bakteri Pendegradasi Plastik																
6	Identifikasi Bakteri Pendegradasi Plastik																
7	Analisis Data																

III.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksploratif deskriptif yang meliputi uji biodegradasi dengan menggunakan metode kolom Winogradsky, isolasi bakteri dan identifikasi bakteri pendegradasi plastik. Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanah TPA yang diambil dari TPA Gampong Jawa Kota Banda Aceh dan sampel plastik *Poliethylene*.

III.4 Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan analitik (Shimadzu), autoklaf, oven, inkubator, botol falkon, *Laminar Air Flow*, kotak es,

cawan petri, pipet tetes, jarum ose, pH meter, termometer, *string hot plate*, bunsen, erlenmayer, *beaker glass*, gelas ukur, mikropiper, tip mikropipet, batang L, penggaris, tabung reaksi, penggaduk, pisau, *vortex mixer*, sekop kecil, pinset, spektrofotometer, dan mikroskop binokuler.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tanah yang diambil dari TPA Gampong Jawa, medium Mineral Salt Medium (MSM), medium Nutrients Agar (NA), akuades steril, alkohol 70%, dan NaCl fisiologis 0,9%, botol ukuran 1500 mL, media TSIA, media Simmon Citrate Agar (SCA), 40% KOH, 5% alfa-naftol, reagen metil merah, media MR-VP Broth, Hidrogen Peroksida 3%, media Cristensen's Urea Agar, reagen *Kovacs*, media SIM, es gel, plastik klip, spiritus, kapas, tisu, plastik *wrap*, aluminium foil, larutan iodin, larutan kristal violet dan plastik jenis *Polyethylene* (PE) warna hitam dan putih bening.

III.5 Prosedur Kerja

III.5.1 Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah yang digunakan diambil dari lahan timbunan sampah yang berlokasi di TPA Gampong Jawa Kota Banda Aceh dengan menggunakan metode komposit (Hidayat *et al.*, 2020 dan Aziz, 2019) pola acak dengan 5 titik ke dalaman tanah yang diambil 3-5 cm. Pengambilan titik sampel dilakukan berdasarkan terdapatnya polietilen yang sudah tertimbun dan mulai terurai ditandai adanya plastik yang berlubang-lubang (Wati, 2020). Sampel tanah diambil sebanyak 500 Gram, kemudian dimasukkan ke dalam plastik klip steril dengan menggunakan sekop kecil. Sampel tersebut kemudian diletakkan dalam kotak es yang telah diisi dengan es gel dan segera dibawa ke laboratorium. Pengukuran titik koordinat, suhu dan pH tanah menggunakan pH meter dan termometer dilakukan saat pengambilan sampel (Aziz, 2019 ; Wati, 2020).

III.5.2 Persiapan Kantong Plastik

Plastik yang digunakan pada penelitian ini berupa produk kantong plastik jenis *polietilena* berwarna hitam dan putih bening karena banyak masyarakat yang menggunakan plastik tersebut. Kedua jenis plastik ini dipotong dengan ukuran 5x1 cm (Riandi *et al.*, 2017), kemudian disterilisasi dengan cara menggunakan alkohol 70% selama kurang lebih 30 menit dan dikeringanginkan dengan sinar

UV pada Laminar Air Flow selama 30 menit (Wati, 2020). Selanjutnya, mengetahui berat kering awal plastik, potongan tersebut dikeringkan dengan oven pada suhu 80°C selama 24 jam sehingga diperoleh berat murni plastik tanpa kandungan air (Aziz, 2019; Badriyah dan Shovitri, 2015; Riandi *et al.*, 2017). Plastik ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik untuk mengetahui berat kering awal plastik.

III.5.3 Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi yang dilakukan dengan menggunakan metode kolom Winogradsky dengan kolom kaca 1.500 mL selama 1 bulan (Ainiyah dan Shovitri, 2014 ; Aziz, 2019 ; Wati, 2020 ; Hidayat *et al.*, 2020 dan Vianti *et al.*, 2020). Setiap masing-masing kolom pada lapisan pertama diisi dengan 500 Gram sampel tanah yang telah diambil di TPA Gampong Jawa, Kota Banda Aceh. Kemudian pada lapisan kedua ditambahkan media Mineral Salt Medium (MSM) sebanyak 500 mL. Media Mineral Salt Medium (MSM) dibuat dengan komposisi KH_2PO_4 0,02%, K_2HPO_4 0,25%, $\text{CaCl}_2\text{XH}_2\text{O}$ 0,001%, NaCl 0,05%, FeSO_4 0,000%, $(\text{NH}_4)\text{SO}_4$ 0,1%, MgSO_4 0,01% dan glukosa 1% dalam 100 mL aquadest (Wati 2020). Selanjutnya potongan plastik dimasukkan ke dalam sampel tanah sampai terendam sepenuhnya dengan menggunakan pinset steril. Perlakuan degradasi pada kolom Winogradsky plastik hitam diberi kode P1 dan kolom Winogradsky plastik putih diberi kode P2. Kemudian kolom ditutup menggunakan aluminium foil kemudian direkatkan menggunakan *wrap*. Inkubasi kolom dilakukan selama sebulan dalam suhu ruangan (Aziz, 2019). Berikut model kolom Winogradsky yang akan digunakan pada penelitian ini :



Gambar III. 1 Kolom Winogradsky (Wati, 2020)

Setelah waktu inkubasi selama 30 hari, dipisahkan biofilm yang terbentuk pada potongan plastik dengan cara dimasukkan ke dalam botol *falkon* yang telah diisi 13 ml aquades steril lalu dilarutkan menggunakan vortex sebanyak 5 kali dengan waktu 30 detik sampai homogen (Ainiyah dan Shovitri, 2014; Gultom *et al.*, 2017 dan Wati, 2020). Kemudian potongan plastik disterilkan menggunakan alkohol 70% yang disemprot lalu dikeringanginkan. Selanjutnya ditimbang berat akhir plastik kemudian dihitung persentase kehilangan berat plastik dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ Kehilangan berat plastik} = \frac{\text{Berat awal plastik} - \text{Berat akhir plastik}}{\text{Berat awal plastik}} \times 100\%$$

III.5.4 Isolasi Bakteri Pendegradasi Plastik

Isolasi bakteri dilakukan pada hari ke-31 kolom setelah masa inkubasi dengan menggunakan metode pengenceran dan metode *pour plate*. Potongan plastik di dalam botol perlakuan diambil menggunakan pinset steril secara aseptis. Kemudian dipisahkan biofilm yang terbentuk pada plastik dengan cara dimasukkan potongan plastik ke dalam botol *falkon* yang diisi 13 ml aquades steril menggunakan vortex selama 2 menit hingga homogen (Wati, 2020).

Plastik diambil dengan cara menggunakan pinset steril, kemudian dihomogenkan biofilm yang telah terpisah dengan plastik menggunakan vortex selama 2 menit. Setelah itu, pengenceran biofilm dilakukan dengan cara diambil 100 μ l larutan yang telah dihomogenkan dengan menggunakan mikropipet kemudian diambil tabung reaksi yang telah diisi 9,9 ml aquades steril kemudian dimasukkan ke dalam tabung dan dihomogenkan. Tabung tersebut disebut pengenceran 10^{-2} , kemudian perlakuan diulang sampai ditemukan pengenceran 10^{-6} (Ainiyah dan Shovitri, 2014; Hidayat *et al.*, 2020; Gultom *et al.*, 2017 dan Vianti *et al.*, 2020). Setelah itu, tiap-tiap pengenceran diambil sebanyak 1 ml dan diletakkan pada cawan petri yang telah diisi media NA (Nutrient Agar) dan diratakan menggunakan batang sebar. Kemudian inokulum pada suhu 37°C diinkubasi selama 24-48 jam sampai terbentuknya koloni bakteri.

III.5.5 Identifikasi Bakteri Pendegradasi Plastik

Identifikasi isolat bakteri dilakukan dengan pengamatan makroskopis koloni bakteri, uji pewarnaan, uji endospora dan uji biokimia (Hidayat, 2020).

Pengamatan makroskopis pada isolat bakteri dilakukan dengan mengamati bagian permukaan atas dan bawah koloni yang terdapat pada cawan petri yang telah diisi media Nutrients Agar (NA) meliputi tepi koloni, tekstur, elevasi, pinggiran, warna, ukuran, bentuk, dan permukaan koloni bakteri. Kemudian dilakukan uji pewarnaan, uji endospora dan uji biokimia.

2.3.5.1 Uji Pewarnaan Gram

Pewarnaan Gram dilakukan dengan cara diambil isolat bakteri menggunakan jarum ose kemudian diletakkan pada aquades yang ada di atas kaca benda. Selanjutnya dilakukan fiksasi dengan cara dipanaskan di atas api bunsen hingga mengering. Kemudian isolat bakteri ditetesi 4 jenis larutan secara bertahap meliputi kristal violet, iodin, etanol 96%, dan safranin.

Pertama-tama preparat ditetesi larutan kristal violet selama 1 menit didiamkan. Setelah itu dicuci preparat dengan menggunakan aquades steril mengalir lalu dikeringanginkan. Selanjutnya ditetesi preparat dengan larutan iodin, kemudian selama semenit didiamkan. Dicuci dengan aquades steril dan dikeringanginkan. Kemudian ditetaskan larutan etanol 96% pada preparat lalu selama 35 detik didiamkan. Preparat dicuci kembali dengan air mengalir dan dikeringkan. Selanjutnya ditetaskan lagi safranin sebanyak beberapa tetes selama semenit didiamkan. Kemudian dicuci dan dikeringkan. Setelah preparat mengering, diamati menggunakan mikroskop dengan pembesaran 1000x, apabila perubahan warna menjadi ungu maka bakteri Gram positif (+) sedangkan perubahan warna merah muda maka bakteri Gram negatif (-).

2.3.5.2 Pewarnaan Endospora

Endospora merupakan struktur yang rentan terhadap lingkungan yang ekstrim memiliki bentuk yang padat dengan kandungan air relatif rendah. Pengujian endospora menggunakan larutan malasit green yang ditetaskan pada kaca benda yang telah digoreskan inokulum bakteri. Larutan tersebut merupakan zat pewarna kuat yang memiliki kemampuan berpenetrasi ke dalam endospora. Hasil positif endospora berwarna hijau (Istiqomah, 2020).

2.3.5.3 Uji Biokimia

Penelitian ini dilakukan uji biokimia meliputi uji katalase, uji urease, uji Indol, uji Methyl Red (MR), uji Voges-Proskauer (VP), uji sitrat, dan uji TSIA yang merujuk pada Capucinno dan Sherman, 2014 :

a) Uji Katalase

Uji Katalase dilakukan untuk mengetahui sifat bakteri dalam menghasilkan enzim katalase. Uji ini dilakukan dengan diletakkan isolat bakteri yang akan diuji pada kaca benda menggunakan jarum ose, lalu ditetesi 1-2 tetes larutan hidrogen peroksida 3% (Sasmita *et al.*, 2018) pada isolat bakteri kemudian diamati. Apabila adanya gelembung udara menunjukkan hasil positif (+) (Capucinno dan Sherman, 2014).

b) Uji Urease

Uji urease ini digunakan untuk mengetahui bakteri yang dapat menghasilkan *eksoenzim* (enzim *urease*) (Oluwadamilola *et al.*, 2022). Uji urease dilakukan dengan menggunakan media Cristensen's Urea Agar. Isolat digoreskan pada media bagian lereng miring. Ditutup menggunakan kapas dan aluminium foil pada tabung. Inkubasi dilakukan pada suhu 37°C selama 24-48 jam. Apabila perubahan warna menjadi magenta maka hasilnya positif (+) sedangkan tidak ada perubahan warna pada media maka hasilnya negatif (-) (Capucinno dan Sherman, 2014).

c) Uji Indol

Uji Indol dapat digunakan untuk mengetahui kandungan enzim triptophanase. Uji Indol menggunakan media SIM. Isolat diinokulasi dengan ditusuk jarum ose pada media. Selanjutnya inkubasi dilakukan selama 24-48 jam pada suhu 37°C (Gupta, *et al.*, 2016). Kemudian reagen Kovacs ditetaskan sebanyak 4-8 tetes dalam media lalu diamati perubahan warna yang terjadi. Apabila adanya cincin merah atau merah muda pada bagian atas maka hasilnya positif (+) (Capucinno dan Sherman, 2014).

d) Uji Methyl Red (MR)

Uji Methyl Red digunakan untuk mengetahui bakteri yang mempunyai kemampuan dalam menfermentasikan asam campuran (Wati, 2022). Uji Methyl Red dilakukan dengan menggunakan media MR-VP Broth. Uji ini dilakukan

dengan tabung reaksi yang telah diisi media diinokulasi isolat bakteri menggunakan jarum ose. Kemudian diinkubasi selama 24-48 jam dengan suhu 37°C. Diambil reagen metil merah sebanyak 5 tetes diteteskan ke dalam tabung kemudian diamati perubahan yang terjadi, apabila warna menjadi merah maka hasilnya positif (+) (Capucinno dan Sherman, 2014).

e) Uji Voges-Proskauer (VP)

Uji ini digunakan untuk mengetahui pembentukan asetoin hasil fermentasi. Uji Voges-Proskauer (VP) dilakukan menggunakan media MR-VP. Isolat bakteri diinokulasi menggunakan jarum ose pada media, kemudian diinkubasi selama 24-48 jam pada suhu 37°C (Wati, 2020). Lalu 5% alfa-naftol diteteskan sebanyak 15 tetes dan 40% KOH sebanyak 10 tetes ditambahkan, kemudian divortex hingga homogen. Selanjutnya didiamkan dengan rentang waktu kurang lebih 30 menit. Jika terjadi perubahan warna menjadi pink atau merah maka hasilnya positif (+) (Capucinno dan Sherman, 2014).

f) Uji Sitrat

Uji ini dilakukan untuk mengetahui bakteri yang dapat memanfaatkan sitrat sebagai sumber karbon (Emmanuel-Akerele *et al.*, 2022). Media yang digunakan pada uji ini adalah media Simmon Citrate Agar. Isolat bakteri diinokulasi pada media pada bagian lereng menggunakan jarum ose. Kemudian dilakukan inkubasi selama 24-48 jam pada suhu 37°C. Selanjutnya diamati perubahan warna yang terjadi, apabila perubahan warna menjadi biru pekat maka positif (+) dan tidak adanya perubahan warna maka menunjukkan hasil negatif (-) (Capucinno dan Sherman, 2014).

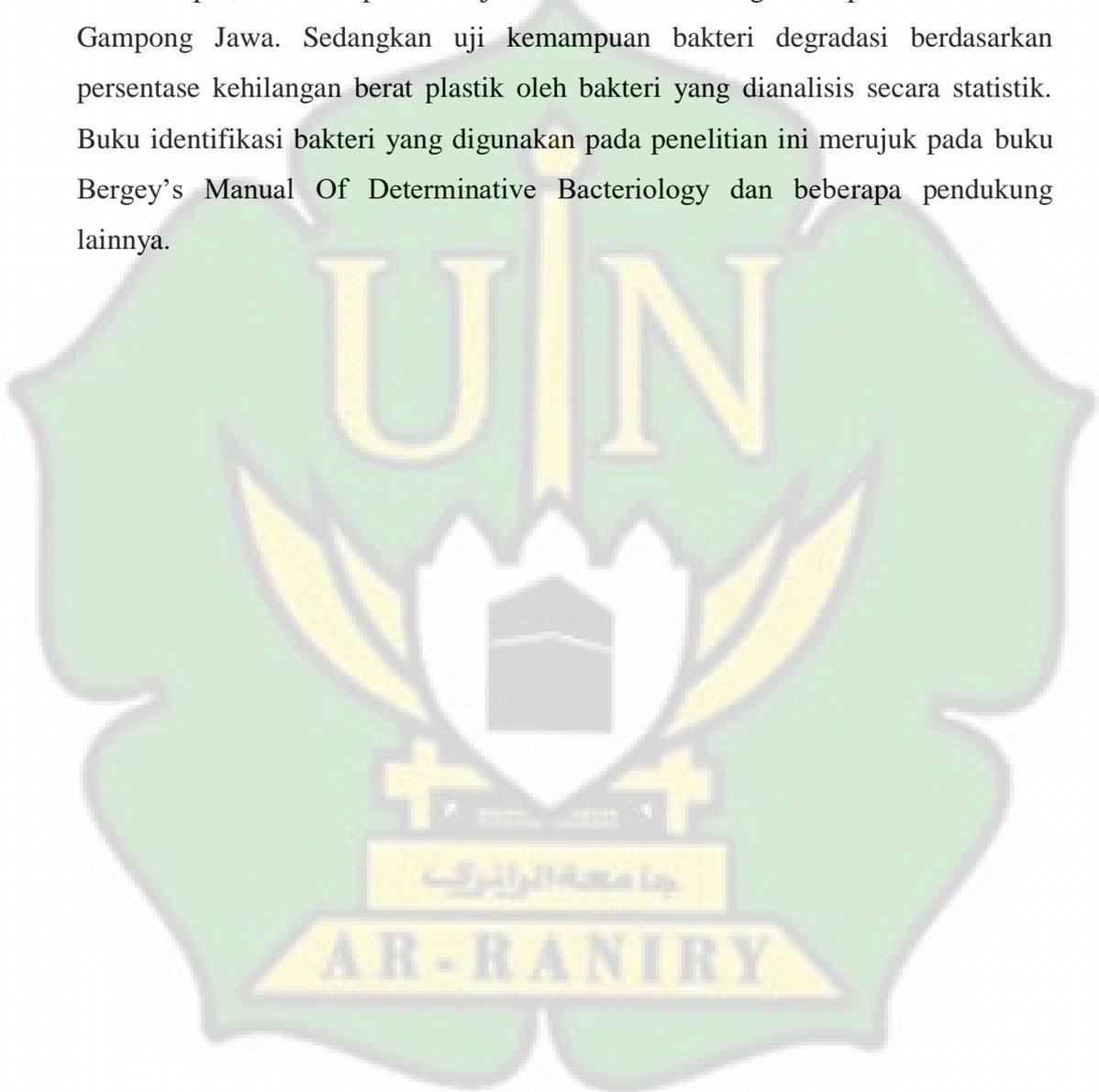
g) Uji TSIA (Triple Sugar Iron Agar)

Uji TSIA dilakukan untuk mengetahui bakteri pemecah glukosa, sukrosa, dan laktosa dan juga menghasikan gas H₂S (Emmanuel-Akerele *et al.*, 2022). Media yang digunakan adalah media TSIA. Pertama dinokulasi isolat bakteri pada media, untuk bagian miring digoreskan sedangkan bagian tegak ditusukkan. Kemudian dilakukan inkubasi selama 24-48 jam pada suhu 37°C lalu diamati perubahan warna apa yang terjadi. Jika perubahan warna menunjukkan kuning pada bagian miring maka dapat menfermentasikan laktosa/sukrosa, sedangkan kuning pada bagian tegak maka dapat menfermentasikan glukosa, dan bakteri

dapat membentuk H₂S ditandai adanya endapan hitam (Capucinno dan Sherman, 2014).

III.5 Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dari karakteristik makroskopik, mikroskopik dan uji biokimia bakteri degradasi plastik dari TPA Gampong Jawa. Sedangkan uji kemampuan bakteri degradasi berdasarkan persentase kehilangan berat plastik oleh bakteri yang dianalisis secara statistik. Buku identifikasi bakteri yang digunakan pada penelitian ini merujuk pada buku Bergey's Manual Of Determinative Bacteriology dan beberapa pendukung lainnya.



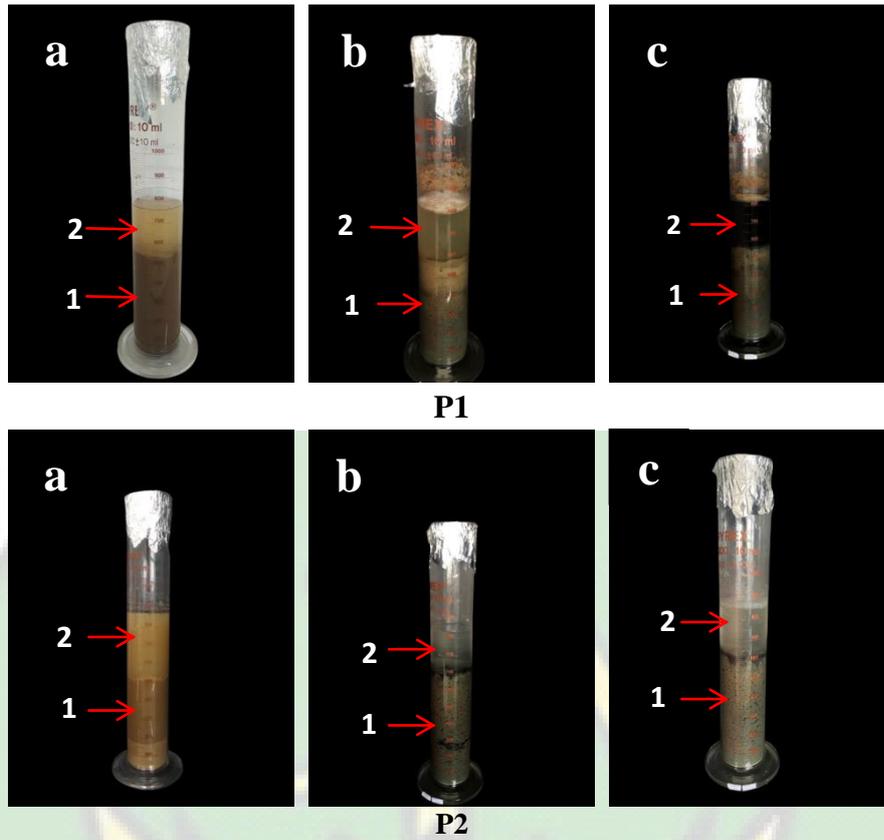
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Hasil

IV.1.1 Kemampuan Bakteri Pendegradasi Plastik Asal Tanah Tempat Pembuangan Akhir di Gampong Jawa dengan Metode Winogradsky

Uji biodegradasi pada plastik polietilena warna hitam dan putih bening menggunakan metode Winogradsky selama 30 hari dengan interval pengamatan 3 hari sekali dimulai pada hari 0, hari ke-3, hari ke-6 sampai hari-30. Parameter perubahan fisik yang diamati (dilihat Gambar 4.1, Tabel 4.1 dan Tabel 4.2) pada kolom Winogradsky yaitu perubahan warna, pembentukan lapisan, gelembung udara, pembentukan gas dan aroma. Kolom Winogradsky yang dibuat dengan dua lapisan yaitu lapisan pertama tanah yang berasal dari Tempat Pembuangan Akhir di Gampong Jawa dan lapisan kedua yaitu Media Mineral Salt Medium (MSM) kemudian plastik uji yang telah dipreparasi, dimasukkan ke dalam tanah hingga terendam yang berfungsi sebagai sumber karbon.



Gambar IV.2 P1 Kolom Winogradsky Dengan Plastik Hitam; P2 Kolom Winogradsky Dengan Plastik Putih
 (a. inkubasi 0 hari ; b. inkubasi 15 hari; dan c. inkubasi 30 hari dengan lapisan tanah (1), lapisan media Mineral Salt Medium (2) yang menunjukkan pembentukan lapisan dan perubahan warna seiring bertambah masa inkubasi pada kolom)

Tabel IV. 1 Pengamatan parameter perubahan fisik kolom Winogradsky pada plastik hitam selama 30 hari

Hari Pengamatan	Parameter Yang Diamati								
	Perubahan Warna		Pembentukan Lapisan pada media	Pembentukan Lapisan Pada Tanah			Gelembung udara	Gas	Aroma
	Lapisan Pertama (tanah)	Lapisan Kedua (media)		Lapisan Pertama	Lapisan Kedua	Lapisan Ketiga			
H0	Cokelat	krem kecoklatan	belum ada	tidak ada	tidak ada	tidak ada	sedikit bergelembung	tidak ada	tanah
H3	terdapat pembentukan lapisan baru	putih keruh	terdapat lendir	lumpur berwarna cokelat sebesar 2,1 cm	tanah berwarna cokelat tua 7,7 cm	tanah berwarna cokelat abu-abu 6,7 cm	tidak ada gelembung, hanya pori-pori pada lapisan bawah	tidak ada	tanah
H6	terdapat pembentukan lapisan baru	putih keruh	terdapat lendir	lumpur berwarna cokelat sebesar 2,5 cm	tanah berwarna cokelat tua 7,2 cm	tanah berwarna cokelat abu-abu 6,5 cm	terdapat gelembung udara	tidak ada	tanah
H9	terdapat pembentukan lapisan baru	keruh dan terbentuk kerak tanah pada bagian permukaan	tumbuhnya jamur berwarna putih	lumpur berwarna cokelat berukuran 2,5 cm	tanah berwarna cokelat susu 7 cm	tanah berwarna abu-abu 7 cm	sedikit gelembung udara	tidak ada	tanah
H12	terdapat pembentukan lapisan baru	semakin keruh dengan ukuran 6,7 cm	tumbuhnya jamur berwarna putih	lumpur berwarna cokelat dengan ukuran 3 cm	tanah cokelat susu 2,5 cm	tanah berwarna abu-abu 10,9 cm	sedikit gelembung udara	tidak ada	tanah

H15	terdapat pembentukan lapisan baru	seperti air got , keruh dengan ukuran 6,6 cm	terbentuk kerak tanah pada permukaan dan tumbuhnya jamur di atasnya	tanah berwarna cokelat dengan ukuran 0,7 cm	lumpur berwarna cokelat susu 3,2 cm	tanah berwarna abu-abu tua 11,7 cm	sedikit gelembung udara	ada	tanah bercampur bau sampah
H18	terdapat pembentukan lapisan baru	seperti warna air sumur yang keruh dengan ukuran 6,1 cm	terbentuk kerak tanah pada permukaan dan jamur di atasnya	tanah berwarna cokelat dengan ukuran 1,6 cm	lumpur berwarna cokelat susu ukuran 2,3 cm	tanah berwarna abu-abu tua 13,3 cm	terdapat gelembung udara	Ada	tanah bercampur bau sampah
H21	terdapat pembentukan lapisan baru	warna hitam pekat dengan ukuran 6,8 cm	terbentuk kerak tanah pada permukaan dan jamur di atasnya	tanah berwarna cokelat berukuran 0,8 cm, pada bagian atasnya terbentuk lapisan berwarna abu-abu berukuran 0,4 cm	lumpur berwarna cokelat susu ukuran 1,8 cm	tanah berwarna cokelat yang menunjukkan sedikit warna hitam 13,3 cm	terdapat gelembung udara	Ada	bau sampah dengan bercampur tanah
H24	terdapat pembentukan lapisan baru	hitam keruh, pada bagian dinding gelas ada yang	terbentuk kerak tanah dengan bagian permukaan atas berwarna kecokelatan	tanah berwarna hitam dengan ukuran 0,4 cm	lumpur berwarna cokelat muda ukuran 2 cm	tanah berwarna abu-abu yang terdapat warna hitam	terdapat gelembung udara	ada	bau busuk, ada sedikit bau sampahnya

	menempel		ukuran 13,8 cm						
H27	terdapat pembentukan lapisan baru	abu-abu keruh dan bagian atas ada yang menempel	terbentuk kerak tanah dengan bagian atas berwarna cokelat dan bagian bawah berlendir berwarna hitam	tanah berwarna hitam dengan ukuran 0,5 cm	lumpur berwarna abu-abu berukuran 2,4 cm	tanah berwarna abu-abu bercampur dengan warna hitam 13,8 cm	terdapat gelembung udara	Ada	bau busuk, seperti pupuk organik
H30	terdapat pembentukan lapisan baru	abu-abu yang sangat keruh dan juga kotor	terbentuknya kerak tanah pada bagian atas berwarna cokelat tua dan bagian sekitar dinding berwarna hitam lendir	tanah berwarna hitam dengan ukuran 0,8 cm	lumpur berwarna abu-abu ukuran 1,2 cm	tanah berwarna abu-abu tua ukuran 13,8 cm, terdapat tanah warna hitam dan adanya retakan	terdapat gelembung udara	Ada	bau busuk seperti selokan

Tabel IV. 2 Pengamatan parameter perubahan fisik kolom Winogradsky pada plastik putih selama 30 hari

Hari Pengamatan	Parameter Yang Diamati							
	Perubahan Warna		Pembentukan Lapisan pada media	Pembentukan Lapisan Pada Tanah		Gelembung udara	Pembentukan gas	Aroma
	Lapisan Pertama (tanah)	Lapisan Kedua (media)		Lapisan Pertama	Lapisan Kedua			
H0	cokelat tua	cokelat muda	tidak ada	tidak ada	tidak ada	tidak ada gelembung udara	tidak ada	tanah
H3	terdapat pembentukan	warna putih	adanya lendir	lumpur warna	tanah warna	tidak terdapat gelembung	tidak ada	tanah

	lapisan baru			cokelat muda ukuran 0,7 cm	cokelat tua ukuran 15,5 cm	udara		
H6	terdapat pembentukan lapisan baru	warna bening dengan ukuran 6,6 cm	lendir berukuran 0,3 cm	lumpur warna hitam ukuran 0,7 cm, di sekitar dinding terdapat bintik-bintik putih pada bagian atas	tanah warna cokelat tua ukuran 16,2 cm	tidak terdapat gelembung udara	Ada	bau selokan air
H9	terdapat pembentukan lapisan baru	abu kehitaman berukuran 6,2 cm	bagian atas terdapat lendir berukuran 0,2 cm	tanah berwarna hitam ukuran 1,3 cm	tanah berwarna cokelat pudar ukuran 20 cm, terdapat retakan pada tanah	terdapat gelembung udara	Ada	bau selokan air
H12	terdapat pembentukan lapisan baru	putih keruh dengan ukuran 6 cm	sedikit lendir ukuran 0,1 cm	tanah warna hitam ukuran 1 cm yang tidak beraturan	tanah warna cokelat ukuran 18,4 cm, retakan mulai sedikit	terdapat gelembung udara	ada	selokan dan campuran tanah
H15	terdapat	bening	terbentuk lapisan	tanah warna	tanah	terdapat	ada, ditandai	selokan

	pembentukan lapisan baru	dengan ukuran 6,8 cm	keruh 0,4 cm	hitam berukuran 2 cm	berwarna abu-abu tua ukuran 19,2 cm, terdapat retakan besar pada tanah	gelembung udara	tanah yang terpisah	dan campuran tanah
H18	terdapat pembentukan lapisan baru	bening bersih dengan ukuran 6 cm	adanya lapisan keruh ukuran 0,3 cm dan bintik-bintik	tanah berukuran 1,8 cm dengan pinggiran berwarna hitam dan atas permukaan abu-abu	tanah berwarna abu-abu pekat dengan ukuran 17,3 cm dan adanya retakan	terdapat gelembung udara	Ada	bau busuk (selokan yang sudah tertumpuk sampah)
H21	terdapat pembentukan lapisan baru	bening tetapi keruh berukuran 6,8 cm	bagian permukaan terdapat lapisan keruh dengan ketebalan 0,3 cm dan bintik-bintik	tanah berwarna hitam ukuran 1,8 cm dengan permukaan atas warna abu-abu	tanah warna abu-abu berukuran 17,4 cm, adanya retak-retak	terdapat gelembung udara	Ada	bau busuk
H24	terdapat pembentukan lapisan baru	bening keruh 7,2 cm	bagian permukaan terdapat lapisan dengan ketebalan 0,3 cm dan semakin banyak binti-bintik	tanah warna hitam 2,2 cm, pada bagian permukaan atas berwarna	tanah berwarna abu-abu ukuran 16,6 cm yang terdapat	terdapat gelembung udara	Ada	bau tanah yang bercampur dengan sampah, seperti selokan

				abu-abu yang tidak beraturan	retakan		
H27	terdapat pembentukan lapisan baru	bening keruh ukuran 6,8 cm	bagian permukaan terdapat lapisan ukuran 0,3 cm dan adanya bintik-bintik	tanah berwarna hitam 2,2 cm dengan permukaan atas warna abu dan sedikit pekat	tanah warna abu-abu 16,3 cm yang terdapat retakan	terdapat gelembung udara	Ada semakin bau (selokan)
H30	terdapat pembentukan lapisan baru	putih keruh 6,9 cm	bagian permukaan ada lapisan 0,3 cm, bagian bawah terdapat lapisan putih yang terdapat serbuk dan bagian atas warna abu-abu berupa butiran	tanah berwarna hitam ukuran 1,3 cm dengan permukaan atas berwarna abu-abu	tanah berwarna abu-abu 16,3 cm dan adanya retakan pada tanah	terdapat gelembung udara	Ada semakin pekat (air selokan)

Kemampuan bakteri dalam mendegradasi plastik dapat diketahui dengan mengukur berat plastik setelah 30 hari masa inkubasi dengan menggunakan rumus (Ainiyah dan Shovitri, 2014; Wati, 2020) sebagai berikut :

$$\% \text{ Kehilangan berat plastik} = \frac{\text{Berat awal plastik} - \text{Berat akhir plastik}}{\text{Berat awal plastik}} \times 100\%$$

Persentase kehilangan berat plastik setelah 30 hari degradasi dapat dilihat pada Tabel IV.3 dan Tabel IV.4.

Tabel IV.3 Persentase kehilangan berat plastik hitam setelah 30 hari degradasi

Sampel Plastik	Berat Awal Sebelum Degradasi (gr)	Berat Akhir Sesudah Degradasi (gr)	Selisih Berat Plastik (gr)	% Kehilangan Berat Plastik
U1	0,013	0,002	0,011	84,61
U2	0,013	0,001	0,012	92,3
U3	0,013	0,002	0,011	84,61
U4	0,013	0,002	0,011	84,61
U5	0,013	0,002	0,011	84,61

Ket; U : ulangan

Tabel IV.4 Persentase kehilangan berat plastik putih setelah 30 hari degradasi

Sampel Plastik	Berat Awal Sebelum Degradasi (gr)	Berat Akhir Sesudah Degradasi (gr)	Selisih Berat Plastik (gr)	% Kehilangan Berat Plastik
U1	0,007	0,001	0,006	85,71
U2	0,007	0,001	0,006	85,71
U3	0,007	0,001	0,006	85,71
U4	0,007	0,001	0,006	85,71
U5	0,007	0,001	0,006	85,71

Ket; U : ulangan

IV.1.2 Karakteristik Bakteri Pendegradasi Plastik Asal Tanah Tempat Pembuangan Akhir di Gampong Jawa dengan Metode Winogradsky

Berdasarkan hasil isolasi diperoleh sebanyak 16 isolat untuk P1 yang diberi kode isolat BP dan 8 isolat untuk P2 dengan kode isolat WP yang memiliki karakteristik morfologi yang berbeda-beda. Karakteristik morfologi yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan 4.6.



Tabel IV. 5 Karakteristik morfologi bakteri pendegradasi plastik hitam

No	Kode Isolat	Ukuran (mm)	Bentuk Koloni	Permukaan	Warna	Optikal	Elevasi	Tepian
1	BP1	1,37	bintik-bintik	Halus	krem-putih	tidak tembus cahaya	rata	benang-benang
2	BP2	2,12	tidak beraturan	Kasar	krem-putih	tidak tembus cahaya	menonjol	bergelombang
3	BP3	1,69	bulat	Halus	krem-putih	tembus cahaya	rata	bulat
4	BP4	1,06	bintik-bintik	Halus	krem-putih	tidak tembus cahaya	rata	bulat
5	BP5	1,61	bulat	Halus	Orange	tidak tembus cahaya	cembung	bulat
6	BP6	13,34	tidak beraturan	Kasar	krem-putih	tidak tembus cahaya	rata	bergelombang
7	BP7	3,48	bulat	Kasar	krem-putih	tidak tembus cahaya	timbul	bergelombang
8	BP8	7,59	bulat	Halus	Putih	tembus cahaya, bagian belakang tidak tampak jelas	rata	bulat
9	BP9	2,99	bulat	Kasar	krem-putih	tidak tembus cahaya	timbul	bulat
10	BP10	2,15	bulat	Halus	krem-putih	tembus cahaya	cembung	bulat
11	BP11	4,86	bulat	Halus	krem-putih	tidak tembus cahaya	rata	bulat
12	BP12	5,45	tidak beraturan	Halus	krem-putih	tembus cahaya	cembung	bergelombang
13	BP13	2,59	bulat	Halus	Kuning	tidak tembus cahaya	cembung	bulat
14	BP14	8,32	tidak beraturan	Halus	Kuning	tembus cahaya	timbul	bergelombang
15	BP15	1,67	bintik-bintik	Halus	krem-putih	tidak tembus cahaya	rata	bergelombang
16	BP16	2,06	bulat	Halus	krem-putih	tembus cahaya	cembung	bulat

Tabel IV. 6 Karakteristik morfologi bakteri pendegradasi plastik putih

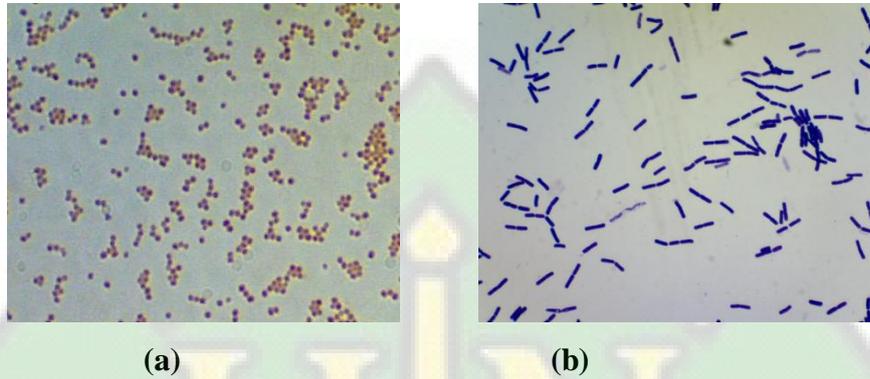
No	Kode Isolat	Ukuran (mm)	Bentuk Koloni	Permukaan	Warna	Optikal	Elevasi	Tepian
1	WP1	2,98	bulat	kasar	krem-putih	tidak tembus cahaya	menonjol	bulat
2	WP2	8,55	bulat	halus	krem-putih	tidak tembus cahaya	timbul	berombak
3	WP3	12,01	tidak beraturan	halus	krem-putih	tidak tembus cahaya	rata	lobate
4	WP4	5,42	bulat	halus	krem-putih	tidak tembus cahaya	timbul	bulat
5	WP5	4,44	tidak beraturan	halus	putih	tembus cahaya	cembung	berombak
6	WP6	5,22	bulat	kasar	krem-putih	tidak tembus cahaya	timbul	berombak
7	WP7	0,87	bintik-bintik	halus	krem-putih	tidak tembus cahaya	rata	bulat
8	WP8	3,82	bulat	halus	putih	tidak tembus cahaya	cembung	berombak

Keterangan :

BP (Black Plastic)

WP (White Plastic)

Berdasarkan hasil uji pewarnaan Gram yang dilakukan diperoleh Gram positif (+) sebanyak 11 isolat bakteri pada P1 dan 7 isolat bakteri pada P2 sedangkan 5 isolat bakteri lainnya pada P1 dan 1 isolat P2 Gram negatif (-) yang dapat dilihat pada Gambar IV.2.



Gambar IV. 3 Bakteri Gram negatif (a) dan bakteri Gram positif (b)

Uji biokimia yang dilakukan diantaranya *katalase*, indol, sitrat, urease, *methyl red*, *voges-proskauer* dan *triple sugar iron agar*. Hasil uji biokimia pada isolat bakteri pendegradasi plastik putih dan hitam dapat dilihat pada Tabel 4.7 dan Tabel IV.8.

Tabel IV. 7 Uji biokimia bakteri pendegradasi plastik hitam

No	Kode Isolat	Katalase	Indol	Sitrat	Urea	MR	VP	TSIA			
								Glukosa	Sukrosa	Laktosa	H ₂ S
1	BP1	+	-	-	+	+	-	+	+	+	-
2	BP2	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-
3	BP3	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-
4	BP4	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-
5	BP5	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-
6	BP6	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-
7	BP7	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
8	BP8	+	-	-	+	+	-	+	+	+	-
9	BP9	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-
10	BP10	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-
11	BP11	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-
12	BP12	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-
13	BP13	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

14	BP14	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-
15	BP15	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-
16	BP16	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-

Keterangan : positif (+); negatif (-)

Tabel IV. 8 Uji biokimia bakteri pendegradasi plastik putih

No	Kode Isolat	Katalase	Indol	Sitrat	Urea	MR	VP	TSIA			
								Glukosa	Sukrosa	Laktosa	H ₂ S
1	WP1	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-
2	WP2	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-
3	WP3	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-
4	WP4	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	WP5	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
6	WP6	+	-	-	+	+	-	+	+	+	-
7	WP7	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-
8	WP8	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-

Keterangan : positif (+); negatif (-)

IV.2 Pembahasan

IV.2.1 Kemampuan Bakteri Pendegradasi Plastik Asal Tanah Tempat Pembuangan Akhir di Gampong Jawa dengan Metode Winogradsky

Metode yang digunakan pada uji kemampuan biodegradasi bakteri dari tanah Tempat Pembuangan Akhir di Gampong Jawa adalah metode Winogradsky (Gambar IV.1) dengan dua perlakuan yaitu perlakuan pertama (P1) kolom Winogradsky dengan plastik hitam dan perlakuan kedua (P2) kolom Winogradsky plastik putih yang diinkubasi selama 30 hari. Media yang digunakan adalah MSM (Mineral Salt Medium) dengan kandungan glukosa 0,5%. Penambahan plastik pada kolom sebagai sumber karbon terhadap bakteri yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi plastik.

Pembentukan lapisan (zona) yang berbeda pada kolom menunjukkan adanya mikroorganisme secara aerob maupun anaerob (Gambar IV.1). Perubahan warna dan kekeruhan pada kolom bagian atas adanya pertumbuhan bakteri fotoautotrof secara aerob yang menggunakan cahaya dalam memanfaatkan sumber organik maupun anorganik sebagai sumber makanan. Sedangkan pertumbuhan bakteri secara anaerobik fakultatif atau anaerob tumbuh pada lapisan bawah yang dapat mereduksi sulfur ataupun tidak dapat mereduksi sulfur. Jika adanya pertumbuhan bakteri pereduksi sulfat ditandai perubahan warna menjadi hitam atau hijau pada tanah, hal ini terjadi karena bakteri pereduksi sulfat menghasilkan gas *hydrogen sulfide* yang bereaksi dengan Fe kemudian membentuk endapan dan menghasilkan bau belereng saat kolom dibuka (Parks, 2015 ; Afianti dan Astuti, 2021).

Kolom Winogradsky ini akan menunjukkan perkembangan komunitas organisme. *Algae* dan *Cyanobacteria* dapat muncul dengan cepat pada bagian atas kolom air dengan zona oxic. Proses dekomposisi substrat berlumpur diawali dari produksi asam organik, alkohol dan H₂ sesuai dengan substrat dari bakteri SRB (*Sulfat Reducing Bacteria*). Struktur komunitas mikroorganisme dapat terbentuk dalam stratifikasi donor elektron pada masing-masing lapisan. Penggunaan media yang diperkaya dilakukan untuk mempengaruhi tingkatan dan luasnya perubahan pada lapisan kolom yang terbentuk. Perbedaan pada tiap lapisan kolom terbentuk komunitas mikroorganisme yang berbeda. Bakteri *heterotroph* yang terdapat pada

lapisan memungkinkan berperan dalam siklus karbon, belerang atau nitrogen (Esteban *et al.*, 2015).

Pada umumnya mikroorganisme yang terdapat pada kolom Winogradsky akan melakukan kolonisasi membentuk biofilm pada permukaan plastik. Biofilm merupakan lapisan yang berlendir hasil pembentukan dari sel bakteri yang membungkus tubuhnya dalam matriks polisakarida dan protein yang terdiri dari air. Proses biodegradasi polimer memiliki tahapan utama yaitu tahap depolimerisasi (pemecahan rantai kompleks). Polimer tergolong molekul yang kompleks sehingga mikroorganisme tidak dapat membawa polimer melewati membrane sel, mikroorganisme memerlukan strategi khusus yaitu dengan mengeksresikan enzim ekstraseluler untuk memecah polimer yang ada di luar sel. Enzim depolimerase ekstraseluler dan intraseluler berperan secara aktif dalam biodegradasi polimer. Eksoenzim dari mikroorganisme memecah polimer kompleks menjadi rantai pendek atau molekul sederhana seperti oligomer, dimer dan monomer yang larut air untuk melewati membrane semi *permeable* sehingga mampu digunakan sebagai sumber karbon dan energi. Setelah itu terjadinya proses mineralisasi dimana senyawa sederhana yang terbentuk dibawa masuk ke dalam sel dan terjadi asimilasi yang menghasilkan produk akhir berupa CO₂, CH₄, H₂O dan biomassa (Hidayat *et al.*, 2020).

Kemampuan biodegradasi plastik dapat diukur dengan melihat persentase kehilangan berat plastik setelah degradasi selama 30 hari (Tabel IV.3 dan Tabel IV.4). Persentase kehilangan berat plastik dapat diketahui dengan menghitung selisih berat awal plastik sebelum degradasi dengan berat akhir plastik sesudah degradasi. Berdasarkan hasil pengukuran, rata-rata persentase kehilangan berat plastik hitam setelah degradasi 30 hari sebesar 86,14% sedangkan rata-rata persentase kehilangan berat plastik putih sebesar 85,71%. Selisih persentase kehilangan berat plastik hitam dan putih yaitu 0,43%.

Hal ini menunjukkan degradasi plastik hitam lebih cepat dibandingkan dengan plastik putih karena adanya perbedaan ketebalan pada plastik putih dan densitas kerapatan pada plastik hitam. Semakin tebal dan berat kemasan plastik maka semakin besar pula densitas dan kerapatannya. Senyawa yang dihasilkan pada mikroorganisme inokulum P1 lebih cepat merusak molekul kompleks plastik

hitam sehingga proses degradasi berjalan lebih cepat dibandingkan dengan plastik putih. Proses biodegradasi yang terjadi, polimer plastik hitam dipecah menjadi oligomer dan monomer oleh bakteri secara enzimatik (Aziz *et al.*, 2019).

Kemampuan degradasi plastik yang menggunakan kolom Winogradsky oleh Filayani (2019) asal tanah TPS di IAIN Tulunagung dengan penambahan Yakult memperoleh persentase degradasi tertinggi sebesar 11,47% selama 30 hari inkubasi dan hasil persentase proses degradasi tanpa penambahan Yakult yaitu 6.42%. Sedangkan hasil uji biodegradasi menggunakan kolom Winogradsky pada plastik LDPE yang diinkubasi 30 hari (Isti'annah *et al.*, 2020) memperoleh hasil persentase kehilangan masa plastik pada uji A (sampel tanah 40 Gram) sebesar 7.86% dan uji B (sampel tanah 80 Gram) sebesar 13.16%. Hal tersebut terjadi karena komposisi pada suspensi media lebih banyak sehingga akan memberikan kesempatan terhadap bakteri dalam memanfaatkan plastik sebagai sumber karbon.

Berdasarkan penelitian Octavianda *et al.*, (2016) menyatakan bahwa isolat bakteri yang mampu mendegradasi plastik jenis polietilen *oxo-degradable* dari tanah TPA Benowo Surabaya kode isolat C231 diperoleh hasil persentase kehilangan berat plastik paling tinggi sebesar $0,247 \pm 0,138$ setelah masa inkubasi selama 30 hari dibandingkan dengan isolat bakteri yang lain. Adapun bakteri *Pseudomonas aeruginosa* yang ditambahkan sebanyak 2 ml mampu menurunkan berat plastik hitam hingga 0,05 mg yang diinkubasi selama 3 bulan (Haryanto, 2019) sedangkan penelitian Auta *et al.*, (2018) menyatakan bahwa bakteri *Bacillus* sp. strain 27 dan *Rhodococcus* sp. strain 36 hasil isolasi dari sedimen mangrove mampu memanfaatkan mikroplastik polipropilena sebagai sumber karbon untuk pertumbuhan terdapat pengurangan pada massa polimer. Penurunan massa tersebut adalah 4,0% oleh *Bacillus* sp. strain 27 dan 6,4% oleh *Rhodococcus* sp. strains 36 setelah 40 hari inkubasi.

Perbedaan yang dihasilkan terhadap persentase kehilangan berat plastik terhadap plastik hitam dan putih dimungkinkan adanya perbedaan jenis pada tiap bakteri pada kolom, sehingga memiliki kemampuan degradasi yang berbeda. Karakteristik yang terdapat pada setiap jenis bakteri mampu menghasilkan enzim intraseluler atau ekstraseluler yang memecah substrat sebagai sumber energi dan membelah rantai molekul menjadi sederhana yang membantu terhadap proses

degradasi polimer. Beberapa jenis enzim (seperti *oksigenase*, *dehydrogenase*, *lipase* dan *esterase*) memiliki peranan dalam oksidasi dan fragmentasi polimer dan memfasilitasi biodegradasi (Urbanek *et al.*, 2019). Proses biodegradasi adanya penambahan gugus hidroksil untuk menurunkan tegangan permukaan plastik sehingga hidrofobisitas plastik akan menurun. Hidrofobisitas memiliki hubungan antara permukaan plastik dan kemampuan mikroorganisme untuk berkolonisasi pada substrat polimer. Semakin hidrofilik permukaan maka akan lebih mudah suatu mikroorganisme untuk berkolonisasi (Rizqi dan Shovitri, 2017). Sedangkan sifat hidrofobik dapat meningkat pada saat bakteri dalam keadaan memerlukan karbon sebagai sumber nutrisi, sehingga apabila ketersediaan karbon menjadi sedikit dapat mendorong interaksi hidrofobik dan pembentukan biofilm (Yokota *et al.*, 2017).

IV.2.2 Karakteristik Bakteri Pendegradasi Plastik Asal Tanah Tempat Pembuangan Akhir di Gampong Jawa dengan Metode Winogradsky

Berdasarkan hasil karakteristik morfologi bakteri dan uji biokimia pada **Tabel IV.6 dan Tabel IV.7**, identifikasi dilakukan menggunakan acuan Bergey's Manual Of Determinative Bacteriology, dan beberapa pendukung lainnya (lihat Tabel 4.8).

Tabel IV. 9 Karakterisasi biokimia dan identifikasi bakteri pendegradasi plastik

No	Genus	Gram	Bentuk	Endospora	Katalase	Indol	Sitrat	Urea	MR	VP	TSIA			H2S	Sumber
											Glukosa	Sukrosa	Laktosa		
1	<i>Bacillus</i> sp.	+/-	Batang	+	+	-	+/-	+/-	+/-	-	+/-	+/-	+/-	-	Breed <i>et al.</i> , 1957 ; Vignesh, 2016; Mardalisa <i>et al.</i> , 2021; Marjayandri, 2015; De Vos <i>et al.</i> , 2009; Sing, 2016; Istiqomah, 2020; Sharma <i>et al.</i> , 2014; Hidayat <i>et al.</i> , 2020 dan Ristiati <i>et al.</i> , 2018
	BP1	+	Batang	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	-	Hasil Penelitian
	BP2	+	Batang	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-	Hasil Penelitian
	BP4	+	Batang	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	Hasil Penelitian
	BP6	+	Batang	+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	-	Hasil Penelitian
	BP8	+	Batang	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	-	Hasil Penelitian
	BP9	+	Batang	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	Hasil Penelitian
	BP11	-	Batang	+	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	Hasil Penelitian
	BP15	+	Batang	+	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	Hasil Penelitian
	WP1	+	Batang	+	+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	Hasil Penelitian
	WP2	+	Batang	+	+	-	-	-	+	-	+	-	-	-	Hasil Penelitian
	WP3	+	Batang	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	Hasil Penelitian
	WP4	+	Batang	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Hasil Penelitian
	WP6	+	Batang	+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	-	Hasil Penelitian

No	Genus	Gram	Bentuk	Endospora	Katalase	Indol	Sitrat	Urea	MR	VP	TSIA			H2S	Sumber
											Glukosa	Sukrosa	Laktosa		
	WP7	+	Batang	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	Hasil Peneltian
	WP8	+	Batang	+	+	-	+	-	+	-	+	-	-	-	Hasil Peneltian
2	<i>Microbacterium</i> sp.	+	Batang	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	Breed <i>et al.</i> , 1957 ; Goodfellow <i>et al.</i> , 2012
	BP12	+	Batang	-	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	Hasil Penelitian
3	<i>Pseudomonas</i> sp.	-	Batang	-	+	-	+/-	+/-	+/-	-	+/-	+/-	+/-	-	Breed <i>et al.</i> , 1957 ; Wati, 2020; Singh 2016; Sriningsih <i>et al.</i> , 2014; Sari <i>et al.</i> , 2020; Riandi <i>et al.</i> , 2017; Hidayat <i>et al.</i> , 2020 ; Begum <i>et al.</i> , 2015; Hussein <i>et al.</i> , 2015 ; dan Nanda <i>et al.</i> , 2010
	BP13	-	Batang	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Hasil Peneltian
	BP16	-	Batang	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	Hasil Peneltian
	WP5	-	Batang	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	Hasil Peneltian
4	<i>Staphylococcus</i> sp.	+	Bulat	-	+	+/-	-	-	+	-	+/-	+/-	+/-	-	Breed <i>et al.</i> , 1957 ; Singh, 2016 ; Emmanuel-Akerele <i>et al.</i> , 2022
	BP5	+	Bulat	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	Hasil Peneltian
	BP14	+	Bulat	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	Hasil Peneltian
5	<i>Micrococcus</i> sp.	+	Bulat	-	+	-	+	+	-	-	+/-	+/-	+/-	-	Breed <i>et al.</i> , 1957 ; Santhini <i>et al.</i> , 2009 ; Goodfellow <i>et al.</i> , 2012 ; Emmanuel-Akerele <i>et</i>

No	Genus	Gram	Bentuk	Endospora	Katalase	Indol	Sitrat	Urea	MR	VP	TSIA			H2S	Sumber
											Glukosa	Sukrosa	Laktosa		
															<i>al., 2022;</i>
	BP10	+	Bulat	-	+	-	+	+	-	-	-	-	-	-	Hasil Penelitian
6	<i>Paracoccus sp.</i>	-	Bulat	-	+	-	-	+	+	-	+	+	+	-	Ristiati <i>et al.</i> , 2018 ; Cai <i>et al.</i> , 2014
	BP3	-	Bulat	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+	-	Hasil Penelitian
7	<i>Neisseria sp.</i>	-	Bulat	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	Wati, 2020; Breed <i>et al.</i> , 1957; Emmanuel-Akerele <i>et al.</i> , 2022;
	BP7	-	Bulat	-	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	Hasil Penelitian

Pada kolom Winogradsky plastik hitam (P1) diperoleh 16 isolat (kode isolat BP) dengan genus *Bacillus* sp. (BP1; BP2; BP4; BP6; BP8; BP9; BP11 dan BP15), *Pseudomonas* sp. (BP13 dan BP16), *Microbacterium* sp. (BP12), *Paracoccus* sp. (BP3), *Neisseria* sp. (BP7), *Staphylococcus* sp. (BP5 dan BP14) dan *Micrococcus* sp. (BP10). Sedangkan pada kolom Winogradsky plastik putih (P2) terdapat 8 isolat bakteri (kode isolat WP) dengan genus *Bacillus* sp. (WP1; WP2; WP3; WP4; WP6; WP7 dan WP8) dan *Pseudomonas* sp. (WP5).

Hasil penelitian diperoleh genus *Bacillus* sp. berbentuk batang Gram positif yang hidup secara aerob maupun anaerob fakultatif dan terbentuk spora. Bakteri ini memiliki morfologi bentuk koloni bulat bintik-bintik atau tidak beraturan dengan elevasi pada umumnya rata dan timbul. Tepian koloni bulat maupun bergelombang dengan warna putih ataupun krem-putih. *Bacillus* sp. BCBT21 dapat menghasilkan enzim ekstraseluler *hydrolase* termasuk *lipase*, *xilansae*, *kitinase* dan *protease* dengan berbagai tingkatan aktivitas dalam suatu media (Dang *et al.*, 2018). Adapun *Bacillus* sp. JY14 mampu mendegradasi *polihidroksialkanoat* (PHA) dalam berbagai kondisi (Cho *et al.*, 2021) sedangkan bakteri *Bacillus* sp. strain 27 mampu memanfaatkan mikroplastik sebagai sumber karbon (Auta *et al.*, 2018). Bakteri *Bacillus* PL01 berperan dalam menurunkan hidrofobitas plastik, *Bacillus putida* dapat memanfaatkan plastik sebagai sumber karbon dan nitrogen (Al-Jailawi *et al.*, 2015). *Bacillus cereus* memiliki kemampuan tumbuh pada media yang mengandung polipropilena granul sebagai satu-satunya sumber karbon (Helen *et al.*, 2017).

Genus *Pseudomonas* telah diidentifikasi untuk mendegradasi polietilen, polipropilen, polivinil klorida, polistirena, poliuretan, polietilena tereftalat, polietilena suksinat, polietilen glikol dan polinil alkohol pada berbagai tingkat efisiensi (Wilkes dan Aristilde, 2017). Umumnya genus ini tidak memiliki enzim hidrolitik yang penting dalam mendegradasi polimer menjadi monomer akan tetapi mampu menghasilkan enzim tertentu dalam proses metabolisme sumber karbon yang tidak biasa digunakan karena memiliki *system inducible operon*. Bakteri ini memiliki peran penting dalam proses biodegradasi berbagai macam polimer antara lain senyawa *xenobiotic* dan *pestisida*. Salah satu jenis enzim yang dihasilkan oleh *Pseudomonas* spp. yang memiliki peranan dalam biodegradasi

adalah *serine hidrolase*, *esterase* dan *lipase* (Anggraeni dan Triajie, 2021). *Pseudomonas aeruginosa* mampu memanfaatkan plastik sebagai sumber karbon di kolom Winogradsky yang telah dimodifikasi (Damayantia *et al.*, 2020).

Genus *Microbacterium* sp. merupakan bakteri Gram positif berbentuk batang yang tidak memiliki spora. *Microbacterium* sp. strain WA81 mengandung gen *phbP* (*phasin*), *phbZ* (*PHB depolymerase*) yang terkode untuk degradasi *poly- γ -hidroksibutirat* (PHB). Sebagian besar bakteri pada degradasi PHB dikatalis oleh *PHB depolymerase*, *-hydroxybutyrate dehydrogenase*, *acetoacetate-succinate-CoA transferase* dan *ketotiolase* (Osman *et al.*, 2015). Bakteri *Microbacterium paraoxydans* diduga sebagai produsen *depolimerase poly- γ -hidroksibutirat* (PHB) yang berpotensi menurunkan *poly- γ -hidroksibutirat* dalam berbagai keadaan (Sayyed *et al.*, 2019).

Genus *Paracoccus* sp. termasuk bakteri aerob Gram negatif dengan bentuk sel bulat yang tidak memiliki kemampuan bergerak. Bakteri ini tidak mampu membentuk spora. Genus *Paracoccus* sp. LXC yang dikombinasikan dengan asam humat (HA) dan substrat jamur bekas (SMS) mampu mendegradasi polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) (Liu *et al.*, 2019). Adapun penelitian bakteri *Paracoccus* sp. memanfaatkan N,N-dimethylformamide yang merupakan bahan kimia beracun sebagai sumber karbon dan nitrogen (Zhou *et al.*, 2018). *Paracoccus kondratievae* BJQ0001 menunjukkan kemampuan degradasi yang efisien terhadap *phthalate esters* (PAE) yaitu salah satu *plasticizer* dan bahan kimia yang banyak digunakan. Enzim yang dihasilkan oleh bakteri ini mampu menghidrolisis ikatan *ester* DMP dan DEP (Xu *et al.*, 2020).

Genus *Staphylococcus* merupakan bakteri yang dapat tumbuh secara aerob maupun anaerob fakultatif. Bakteri ini memiliki kemampuan biodegradasi dalam menurunkan berat plastik polietilena (Singh *et al.*, 2016). *Staphylococcus saprophyticus* memiliki aktivitas enzim *lignolitik acidophile* termostabil yang dapat digunakan untuk biodegradasi polietilena. Enzim *lignolitik* adalah *oksidoreduktase* yang diproduksi sebagai metabolit sekunder selama pertumbuhan mikroba (Oluwadamilola *et al.*, 2022).

Genus *Micrococcus* merupakan bakteri Gram positif yang berbentuk kokus. Bakteri *Micrococcus* sp. diidentifikasi memiliki kemampuan untuk

menggunakan plastik jenis LDPE sebagai sumber karbon yang ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar bakteri. Mikroorganisme mengeluarkan enzim ekstraseluler yang dapat mendegradasi zat polimer menjadi bahan yang larut dalam air (Gupta *et al.*, 2016). Sedangkan penelitian Ali dan Wahab (2017) menunjukkan bahwa *Micrococcus luteus* mampu mendegradasi plastik sebesar 46,1% menggunakan metode Shake Flask. *Micrococcus yunnanensis* mampu mengurangi COD air limbah farmasi sebesar 42,82% sebelum dilakukan proses optimasi (Sharma *et al.*, 2019).

Genus *Neisseria* merupakan bakteri bulat negatif dengan bentuk kolon bulat, tepi bergelombang, elevasi timbul dengan warna krem-putih. Hal ini sesuai yang diperoleh penelitian Wati (2020) bahwa bakteri genus *Neisseria* merupakan Gram negatif coccus dengan koloni berbentuk bulat dengan ukuran yang kecil, tepian rata, elevasi timbul dengan koloni berwarna putih. Salah satu spesies *Neisseria sicca* memproduksi enzim ekstraseluler yang dapat mendegradasi selulosa asetat (CA) dengan 2,3 derajat asetilasi. Selulosa asetat diproduksi dari bahan selulosa berkualitas tinggi yang diperoleh dari kapas dengan campuran polimer yang larut dalam air atau tidak larut seperti poli (asam laktat) atau pati. CA dapat ditemukan di beberapa plastik dan bahan pelapis (Haske-Cornelius *et al.*, 2017).

Beberapa bakteri yang diisolasi mampu mendegradasi plastik polietilena seperti *Staphylococcus* sp., *Streptococcus* sp., *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *Neisseria* sp., *Echerichia coli*, *Proteus* sp., *Micrococcus* sp., *Listeria* sp., dan *Lactobacillus* sp. Adapun genus *Staphylococcus* dan *Micrococcus* menunjukkan kemampuan degradasi yang signifikan pada film polistiren dengan perbedaan berat masing-masing 0,06 Gram dan 0,05 Gram. Sedangkan *Staphylococcus* sp., *Proteus*., *Streptococcus* sp., dan *Bacillus* sp. menunjukkan kemampuan degradasi yang signifikan pada film polietilen dengan perbedaan berat yaitu 0,06 Gram; 0,06 Gram; 0,05 Gram dan 0,04 Gram (Emmanuel-Akerele *et al.*, 2022).

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil dan pembahasan yang telah diuraikan di atas dapat disimpulkan bahwa :

1. Bakteri asal tanah Tempat Pembuangan Akhir di Gampong Jawa memiliki kemampuan dalam mendegradasi plastik hitam dan putih dengan persentase kehilangan berat kering masing-masing plastik sebesar 86,14% dan 85,71% selama satu bulan masa inkubasi.
2. Terdapat 16 isolat bakteri pendegradasi plastik hitam asal tanah Tempat Pembuangan Akhir Gampong Jawa dengan metode Winogradsky termasuk ke dalam genus *Bacillus* sp., *Microbacterium* sp., *Pseudomonas* sp., *Staphylococcus* sp., *Micrococcus* sp., *Paracoccus* sp., dan *Neisseria* sp. Sedangkan isolat bakteri pendegradasi plastik putih asal tanah Tempat Pembuangan Akhir Gampong Jawa ditemukan sebanyak 8 isolat bakteri genus *Bacillus* sp., dan *Pseudomonas* sp.

V.2 Saran

1. Perlu dilakukan optimasi terhadap parameter lingkungan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan aktivitas bakteri pada metode Winogradsky, seperti suhu, cahaya, pH, COD dan faktor pendukung lainnya.
2. Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengidentifikasi aktivitas enzimatis yang dihasilkan pada bakteri yang diperoleh dalam mendegradasi plastik.

DAFTAR PUSTAKA

- Afianti, N.,N & Astuti, D.,I. (2021). Pengaruh Nitrat terhadap Biokorosi Logam oleh Konsorsium Bakteri Pereduksi Sulfat dari PLTA Saguling. *Osseanologi dan Limnologi di Indonesia*. 6(2):71-84, DOI:10.14203/oldi.2021.v6i2.345.
- Ainiyah, D.,N dan Shovitri, M. (2014). Bakteri Tanah Sampah Pendegradasi Plastik dalam Kolom Winogradsky. *Jurnal Sains dan Sen Pomits*. 3(2) :63-66, ISSN :2337-3520.
- Akbar, R. (2016). Analisa Kelayakan Lokasi Tempat Pembuangan Akhir Sampah Kelurahan Gampong Jawa, Banda Aceh Menggunakan Sistem Informasi Geografis. *Skripsi*. Banda Aceh, Universitas Syiah Kuala, Informatika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Diakses pada tanggal 02 Februari 2022, http://ppids.cs.unsyiah.ac.id/ppids/wp-content/uploads/2018/11/Ridha-Akbar_1108107010043.pdf
- Ali, H., & Wahab, I. (2017). Microbial Degradation of Plastic, A Short Study. *RADS Journal of Biological Research & Applied Sciences*. 8(1) : 32-36. ISSN: 2305 – 8722.
- Al-Jailawi, M. H., Ameen, R. S., & AL-Saraf, A. A. (2015). Polyethylene Degradation by *Pseudomonas putida* S3A. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*. 2(1): 90-97. ISSN: 2348-8069.
- Anggraeni, A & Triajie, H. (2021). Uji Kemampuan Bakteri (*Pseudomonas aeruginosa*) dalam Proses Biodegradasi Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb), di Perairan Timur Kamal Kabupaten Bangkalan. *Juvenil: Jurnal Ilmiah Kelautan dan Perikanan*. 2(3) : 176-185. ISSN 2723-7583.
- Arini, D., Ulum, M.,S dan Kasman. (2017). Pembuatan dan Pengujian Sifat Mekanik Plastik Biodegradable Berbasis Tepung Biji Durian. *Journal of Science and Tecnology*. 6 (3): 276 – 283, ISSN-p: 2338-0950 dan ISSN-e: 2541-1969.
- Ariyanto, S., B. (2017). Penggunaan Limbah Domestik dalam Pembelajaran Keterampilan Meronce Untuk Menumbuhkan Motivasi Kewirausahaan pada Kelas 5 di SD Muhammadiyah 19 Kemlayan. *Skripsi*. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta. Diakses tanggal 02 Februari 2022, <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/50947>
- Armi dan Mandasari, D. (2017). Pengelolaan Sampah Organik Menjadi Gas Metana. *Jurnal Serambi Saintia*. 5(1) : 1-11. ISSN : 2337-9952.

- Atanasova, N., Stoitsova, S., Paunaova-Krasteva, T dan Kambourova, M. (2021). Plastic Degradation by Extremophilic Bacteria. *International Journal Of Molecular Sciences*. 22. 5610. [https://doi.org/ 10.3390/ijms22115610](https://doi.org/10.3390/ijms22115610).
- Auta, H. S., Emenike, C. U., Jayanthi, B., & Fauziah, S. H. (2018). Growth Kinetics and Biodeterioration of *Polypropylene* Microplastics by *Bacillus* sp. and *Rhodococcus* sp. Isolated From Mangrove Sediment. *Marine Pollution Bulletin*. 127 : 15-21. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.11.036>.
- Aziz, I.,R., Muthiadin C, dan Hafsan. (2019). Biodegradasi Plastik LDPE Hitam dan Putih Pada Sampah TPA Antang dalam Kolom Winogradsky. *Jurnal Biologi*. 12(2): 166-172, <http://journal.uinjkt.ac.id/index.php/kauniyah/article/view/10037/pdf>. Diakses tanggal 02 Januari 2022.
- Badriyah, L dan Shovitri, M. (2015). Biodegradasi Plastik Putih dalam Kolom Winogradsky. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 4(2) : 50-53, ISSN: 2337-3520 (2301-928X Print).
- Begum, M., Varalakshmi, B & Umamageswari, K. (2015). Biodegradation of Polyethylene Bag using Bacteria Isolated from Soil. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 4(11) : 674-680. ISSN: 2319-7706.
- Cai, S., Cai, T., Liu, S., Yang, Q., He, J., Chen, L., & Hu, J. (2014). Biodegradation of *N-Methylpyrrolidone* by *Paracoccus* sp. NMD-4 And Its Degradation Pathway. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 93: 70-77. ISSN: 0964-8305.
- Candra, R.,S & Sucita, D. (2015). Sistem Pakar Penentuan Jenis Plastik Berdasarkan Sifat Plastik terhadap Makanan yang akan Dikemas Menggunakan Metode Certainty Factor (Studi Kasus : CV. Minapack Pekanbaru). *Jurnal CoreIT*. 1(2) : 77-84, ISSN: 2460-738X.
- Cappuccino, J.G & Sherman, N. (2014). *Microbiology A Laboratory Manual, 10th, ed.* Pearson Education, Inc. Manufactured in the United States of America, ISBN-13: 978-0-321-84022-6.
- Cho, J. Y., Park, S. L., Lee, H. J., Kim, S. H., Suh, M. J., Ham, S., Bhatia, S. K., Gurav, R., Park, S., Park, K., Yoo, D & Yang, Y. H. (2021). *Polyhydroxyalkanoates* (PHAs) Degradation by the Newly Isolated Marine *Bacillus* sp. JY14. *Chemosphere*. 283 : 131-172. ISSN: 0045-6535.
- Damanhuri, E & Padmi, T. (2010). *Diktat Kuliah TL-3104 Pengelolaan Sampah*. ITB, Bandung, https://www.academia.edu/11499790/Diktat_Sampah_Prof_Damanhuri, diakses tanggal 02 Februari 2022.

- Damayantia, N., Sulaimana, N & Ibrahim, N. (2020). Plastic Biodegradation by *Pseudomonas aeruginosa* UKMCC1011 Using a Modified Winogradsky Column. *Scientific Journal of PPI-UKM*. 7(2): 43-49, ISSN: 2356 – 2536.
- Dang, T. C. H., Nguyen, D. T., Thai, H., Nguyen, T. C., Tran, T. T. H., Le, V. H., Ngiyen, V. h., Tran, X. B., Pham, T. P. T., Nguyen, T. G., & Nguyen, Q. T. (2018). Plastic Degradation by Thermophilic *Bacillus* sp. BCBT21 Isolated from Composting Agricultural Residual in Vietnam. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*. 9(1) : 015-014. <https://doi.org/10.1088/2043-6254/aaabaf>.
- Darnas, Y., Anas, A. A & Hasibuan M.A.A. (2020). Pengendalian Air Lindi pada Proses Penutupan TPA Gampong Jawa terhadap Kualitas Air Sumur. *Serambi Engineering*. 5(3): 1165-1176. ISSN: 2541-1934.
- Deacon, J. (2005). *The Microbial World. Winogradsky Column: Perpetual Life in a Tube*. Institute of Cell and Molecular Biology University of Edinburgh, UK.
- Dewi, A. P., & Yesti, Y. (2018). Pengujian Biodegradasi Film Plastik Campuran Polimer Sintetis (Polistiren) dan Biopolimer (Polikaprolakton) dalam Media Tanah. In *Prosiding Seminar Nasional Fisi a Universitas Riau e. 3*. ISBN: I978-979-792-691-5.
- Dinas Lingkungan Hidup Kebersihan dan Keindahan Kota Banda Aceh. (2022). Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Gampong Jawa, diaskes pada tanggal 02 Februari 2022, 08:00, <http://dlhk3.bandaacehkota.go.id/tpa-gampong-jawa>.
- Diningsih, A., dan Rangkuti, N.A. (2020). Penyuluhan Pemakaian Plastik Sebagai Kemasan Makanan dan Minuman yang Aman Digunakan Untuk Kesehatan di Desa Labuhan Rasoki. *Jurnal Education and development Institut Pendidikan Tapanuli Selatan*.8(1): 17-20. E.ISSN.2614-6061 dan P.ISSN.2527-4295.
- Emmanuel-Akerele, H. A., Akinyemi, P., & Igbogbo-Ekpunobi, O. E. (2022). Isolation and Identification of Plastic Degrading Bacteria from Dumpsites Lagos. *Advances in Environmental Technology*. 8(1): 59-71. DOI: 10.22104/AET.2022.5268.1428.
- Esteban, D. J., Hysa, B., & Bartow-McKenney, C. (2015). Temporal and Spatial Distribution of the Microbial Community of Winogradsky Columns. *PLoS ONE*. 10(8): 1-21, doi: 10.1371/journal.pone. 0134588.
- Filayani, M. I. (2019). Proses Degradasi Plastik Jenis Polietilen Menggunakan Tanah Tempat Pembuangan Sampah (TPS) Iain Tulungagung dan Yakult Menggunakan Kolom Winogradsky. *Prosiding Seminar Nasional HAYATI VII Tahun 2019*, ISBN 978-623-95106-0-2.

- Goodfellow, M., Kampfer, P., Busse, H.J., Trujillo, M.E., Suzuki, K., Ludwig, W. & Whitman, W.B. (2012). *Manual of Systematic Bacteriology Second Edition*. Department of Microbiology 527 Biological Sciences Building University of Georgia Athens, USA: 1929-1931. ISBN:978-0-387-95043-3.
- Gultom, E.S., Nasution, M.Y dan Ayu, A. (2017). Seleksi Bakteri Pendegradasi Plastik dari Tanah. *Jurnal Generasi Kampus*. 10(2) :169-179, <https://jurnal.unimed.ac.id/2012/index.php/gk/article/viewFile/8965/7817>, diakses tanggal 02 Januari 2022.
- Gunadi R.,A.,G., Parlingungan D.P., Santi A.,U.,P., Aswir dan Aburahman A. (2020). Bahaya Plastik bagi Kesehatan dan Lingkungan. *Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat LPPM Universitas Muhammadiyah Jakarta*. 1-7, E-ISSN. 2714-6286.
- Gupta, K. K., Devi, D., & Rana, D. (2016). Isolation and Screening of *Low Density Polyethylene* (LDPE) Degrading Bacterial Strains From Waste Disposal Sites. *World Journal of Pharmaceutical Research*. 5(11): 1633-1643. ISSN. 2277– 7105.
- Haryanto ,M.V.D., (2019). Potensi *Pseudomonas aeruginosa* dan Penambahan Monosodium Glutamat dalam Mendegradasi Plastik Hitam. *Skripsi*. Yogyakarta, Universitas Atma Jaya, Fakultas Teknobiologi Progrsm Studi Bologi, <http://e-journal.uajy.ac.id/id/eprint/18859>, diakses tanggal 10 Maret 2022.
- Hasibuan, M. A. A. (2019). Pengendalian Air Lindi Pada Proses Penutupan TPA Gampong Jawa, Kota Banda Aceh Terhadap Kualitas Air Sumur. *Skripsi*. Banda Aceh, Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-raniry, <https://repository.ar-raniry.ac.id/10724/1/M%20Akbar%20Ardiansyah%20Hasibuan.pdf>, diakses tanggal 14 Desember 2021.
- Haske-Cornelius, O., Pellis, A., Tegl, G., Wurz, S., Saake, B., Ludwig, R., Sebastian, A., Nyanhongo, G. S., & Guebitz, G. M. (2017). Enzymatic Systems for Cellulose Acetate Degradation. *Catalysts*. 7(10): 287. <http://dx.doi.org/10.3390/catal7100287>.
- Helen, A. S., Uche, E. C., & Hamid, F. S. (2017). Screening for Polypropylene Degradation Potential of Bacteria Isolated from Mangrove Ecosystems in Peninsular Malaysia. *International Journal Bioscience, Biochemistry & Bioinformatics*. 7(4): 245-251. doi: 10.17706/ijbbb.2017.7.4.245-251.
- Hidayat, T. R., Indrawati, I., & Herlina, T. (2020). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pendegradasi Styrofoam Asal Tanah Tempat Pembuangan Akhir Sarimukti Bandung. *Jurnal Pendidikan dan Biologi*. 12(2) : 110-116. p-ISSN 1907-3089 dan e-ISSN2651-5869.

- Hidayat, T. R., Indrawati, I., & Herlina, T. (2019). Morphological Structure of Polystyrene Degradated by Soil Bacteria from Sarimukti Final Landfill Cipatat Bandung. *International Journal of Science and Society*. 1(3) : 146-154, <https://doi.org/10.200609/ijssoc.v1i3.36>.
- Hussein, A.A., Al-Mayaly, I.K., & Khudeir, S.H. (2015). Isolation, Screening and Identification of *Low Density Polyethylene* (LDPE) Degrading Bacteria From Contaminated Soil with Plastic Wastes. *Mesopotamia Environmental Journal*. 1(4): 1-14. ISSN 2410-2598.
- Islami, A.N. (2018). *Biodegradasi Plastik Oleh Mikroorganisme*. Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia. <https://osf.io/rfkpy/download>, diakses pada tanggal 28 Agustus 2021.
- Isti'anah, Aniriani, G. W., & Sulistiono. (2020). Biodegradasi Plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*) menggunakan Kolom Winogradsky. *Jurnal EnviScience*, 4(2): 96-103, <https://doi.org/10.30736/4ijev.v4iss2.210>
- Istiqomah, D.Y. (2020). Isolasi, Identifikasi dan Uji Biodegradasi Bakteri Pendegradasi Plastik LLDPE yang Diisolasi dari TPA Pisang Kipas Jatimulyo, Kota Malang. *Skripsi*. Malang, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Fakultas Sains dan Teknologi, <http://etheses.uin-malang.ac.id/id/eprint/24349>, diakses tanggal 14 Februari 2022.
- Iswadi, D., Nurisa, F., & Liastuti, E. (2017). Pemanfaatan Sampah Plastik LDPE dan PET menjadi Bahan Bakar Minyak dengan Proses Pirolisis. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia UNPAM*. 1(2); 1-9, ISSN. 2549-0699.
- Juniarto, A. (2018). Pemanfaatan Limbah Plastik Polipropilen sebagai Material Komposit Plastik Biodegradable dengan Penambahan Serbuk Ampas Aren. *Skripsi*. Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta. <http://eprints.ums.ac.id/id/eprint/60853>, diakses pada tanggal 28 Agustus 2021.
- Khofifah, S.S.R., & Zulaika, E. (2021). Production of Amylocellulolytic Enzymes and Their Viability on Carrier Media by *Bacillus* sp. U4 and *Pseudomonas* sp. U3. *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*. 8(2): 59-65. ISSN: 2338-4344.
- Kunlere, I. O., Fagade, O. E., & Nwadike, B. I. (2019). Biodegradation of *Low Density Polyethylene* (LDPE) by Certain Indigenous Bacteria and Fungi. *International Journal of Environmental Studies*. 76(3): 428-440. ISSN: 0020-7233 (Print) 1029-0400 (Online).
- Liu, X., Ge, W., Zhang, X., Chai, C., Wu, J., Xiang, D., & Chen, X. (2019). Biodegradation of Aged Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Agricultural Soil by *Paracoccus* sp. LXC Combined with Humic Acid and

Spent Mushroom Substrate. *Journal of Hazardous Materials*. 379:120-820. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.120820>.

Mardalisa, Fatwa, E. Z., Yoswaty, D., Feliatra, Effendi, I & Amin, B. (2021). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Plastik dari Perairan Laut Dumai Provinsi Riau. *Jurnal Ilmu Perairan*. 9(1): 77-85. ISSN. 1693-2862.

Masyruroh, A., & Rahmawati, I. (2021). Pembuatan Recycle Plastik HDPE Sederhana menjadi Asbak. *Jurnal ABDIKARYA*. 3(1): 53-63. ISSN. 2686-6447.

Muhonja, C. N., Makonde, H., Magoma, G., & Imbuga, M. (2018). Biodegradability of Polyethylene by Bacteria and Fungi from *Dandora dumpsite* Nairobi-Kenya. *PLoS ONE*. 13(7): 1-17, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198446>.

Nanda, S & Sahu, S.S. (2010). Biodegradability of Polyethylene by *Brevibacillus*, *Pseudomonas*, and *Rhodococcus* spp.. *New York Science Journal*. 3: 96 – 97. ISSN: 1554-0200.

Nindia, Y., Hamdani, Asrin, T & Mardiaty. (2019). Deskripsi Kepadatan Lalat di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah Gampong Jawa Kota Banda Aceh Tahun 2019. *Jurnal Bioleuser*. 3(1): 10-12. ISSN: 2597-6753.

O’Brine, T & Thompson, R.C. (2010). Degradation of Plastic Carrier Bags in The Marine Environment. *Marine Pollution Bulletin*. 60(12): 2279-2283, <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.08.005>.

Octavianda, F.T., Asri, M. T., & Lisdiana, L. (2016). Potensi Isolat Bakteri Pendegradasi Plastik Jenis Polietilen OxoDegradable dari Tanah TPA Benowo Surabaya. *Lentera Bio*. 5(1): 32-35. ISSN: 2252-3979.

Okatama, I. (2016). Analisa Peleburan Limbah Plastik Jenis *Polyethylene Terphthalate* (PET) menjadi Biji Plastik melalui Pengujian Alat Pelebur Plastik. *Jurnal Teknis Mesin*. 5(3): 109-113. ISSN: 2089-7235.

Oluwadamilola, E. O., Timinibefi, Z., & Momoh, A. (2022). Production and Characterization of Thermostable Lignolytic Enzymes Produced from *Staphylococcus saprophyticus* Exposed to *Low-Density Polyethylene* (LDPE). *Journal of Biochemistry International*. 9(4): 18-27. ISSN: 2454-4760.

Osman, Y. A., Abd Elrazak, A., Khater, W., Nashy, E. S., & Mohamadeen, A. (2015). Molecular Characterization Of A Poly-B-Hydroxybutyrate-Producing *Microbacterium* Isolate. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*. 3(2) : 143-150. ISSN 2091-2609.

- Pagestu, N. S., Budiharjo, A., & Rukmi, M. G. I. (2016). Isolasi, Identifikasi 16s rRNA dan Karakterisasi Morfologi Bakteri Pendegradasi Plastik Polietilen (PE). *Jurnal Akademika Biologi*, 5(1) : 24-29, e-ISSN:2621-9824.
- Pani, S., Sukarja, H., & Sigit, P. Y. (2017). Pembuatan Biofuel dengan Proses Pirolisis Berbahan Baku Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) Pada Suhu 250 °C dan 300 °C. *Jurnal Engine*. 1(1): 32-38. e-ISSN: 2579-7433.
- Parks, S. T. (2015). Microbial Life in A Winogradsky Column: from Lab Course to Diverse Research Experience. *Journal of Microbiology & Biology Education*. 16(1) : 82-84. <http://dx.doi.org/10.1128/jmbe.v16i1.847>.
- Praputri, E., Sari, M., & Martynis, M. (2016). Pengolahan Limbah Plastik Polypropylene sebagai Bahan Bakar Minyak (BBM) dengan Proses Pyrolysis. *Repository Universitas Of Riau*. 159-168. ISSN. 1907-0500.
- Priatna, L., Hariadi, W., & Purwendah, E. K. (2019). Pengelolaan Sampah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Gunung Tugel, Desa Kedungrandu, Kecamatan Patikraja, Kabupaten Banyumas. *Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers*. 9(1): 494-501, diaskes tanggal 25 November 2021, <http://www.jurnal.lppm.unsoed.ac.id/ojs/index.php/Prosiding/article/view/1139>.
- Purwaningrum, P. (2016). Upaya Mengurangi Timbulan Sampah Plastik di Lingkungan. *JTL*. 8(2): 141-147, <http://dx.doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v8i2.1421>.
- Riandi, M. I., Retno, K & Ketut, S. (2017). Potensi Bakteri *Pseudomonas* sp. dan *Ochrobactrum* sp. yang di Isolasi dari Berbagai Sampel Tanah dalam Mendegradasi Limbah Polimer Plastik Berbahan Dasar *High Density Polyethylene* (HDPE) dan *Low Density Polyethylene* (LDPE). *Jurnal Simbiosis*. 5(2): 58 – 63. ISSN: 2337-7224.
- Ristiati, N.P., Suryanti, I.A., & Indrawan, I.M.Y. (2018). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Tanah pada Tempat Pemrosesan Akhir di Desa Bengkala Kabupaten Buleleng. *Wahana Matematika dan Sains: Jurnal Matematika, Sains, dan Pembelajarannya*. 12(1): 64-77. Doi. <https://doi.org/10.23887/wms.v12i1.13847>.
- Rizqy, A. T., & Shovitri, M. (2017). Degradasi Plastik oleh *Bacillus* PL01 pada Medium Air Kolam dengan Penambahan Monosodium Glutamat. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 6(2): 64-68. ISSN: 2337-3520 (2301-928X Print).
- Sakti, A. D., Rinasti, A. N., Agustina, E., Diastomo, H., Muhammad, F., Anna, Z., & Wikantika, K. (2021). Multi-scenario Model of Plastic Waste Accumulation Potential in Indonesia Using Integrated Remote Sensing, Statistic and Socio-demographic Data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 10(7) : 481. <https://doi.org/10.3390/ijgi10070481>.

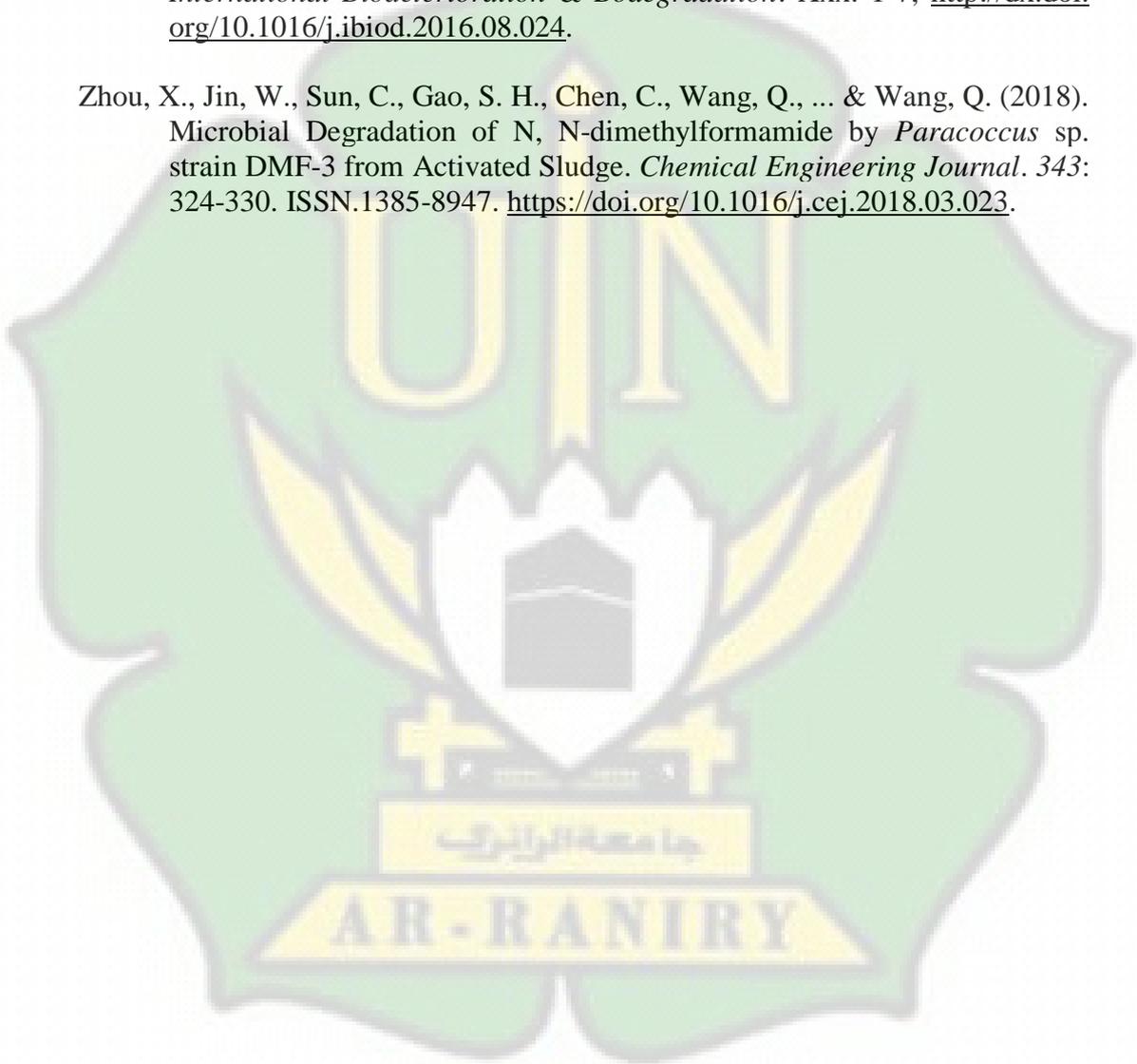
- Santhini, K., Myla, J., Sajani, S., & Usharani, G. (2009). Screening of *Micrococcus* sp. from Oil Contaminated Soil with Reference to Bioremediation. *Botany Research International*. 2(4): 248-252. ISSN: 2221-3635.
- Sari, D. P., Amir, H & Elvia, R. (2020). Isolasi Bakteri dari Tanah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Air Sebakul sebagai Agen Biodegradasi Limbah Plastik *Polyethylene*. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*. 4(2): 98-106. ISSN: 2252-8075.
- Sari, D. M. M., Prasetyo, Y & Kurniawan, A. (2017). Metode Konversi Sampah Plastik berupa Botol Plastik Bekas melalui Budidaya Toga dengan Sistem Vertikultur yang Ramah Lingkungan. *Gontor AGROTECH Science Journal*. 3(2) : 85-98. ISSN: 2477-5800.
- Sasmita, Halim, A., Sapriati A. N., & Kursia, S. (2018). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Asam Laktat dari Liur Basa (Limbah Sayur Bayam dan Sawi). *As-Syifaa*. 10(2) : 141-151, ISSN: 2085-4714.
- Sayed, R. Z., Wani, S. J., Alyousef, A. A., Alqasim, A., Syed, A., & El-Enshasy, H. A. (2019). Purification and Kinetics of the PHB Depolymerase of *Microbacterium paraoxydans* RZS6 Isolated from A Dumping Yard. *PLoS One*. 14(6):1-14. e0212324. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212324>.
- Sharma, K., Kaushik, G., Thotakura, N., Raza, K., Sharma, N., & Nimesh, S. (2019). Enhancement Effects of Process Optimization Technique While Elucidating the Degradation Pathways of Drugs Present in Pharmaceutical Industry Wastewater Using *Micrococcus yunnanensis*. *Chemosphere*. 238: 124-689. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124689>.
- Singh, G., Singh, A. K., & Bhatt, K. (2016). Biodegradation of Polythenes by Bacteria Isolated from Soil. *International Journal of Research and Development in Pharmacy and Life Sciences*. 5(2): 2056-2062. ISSN P: 2393-932X, ISSN E: 2278-0238.
- Skariyachan, S., Patil, A. A., Shankar, A., Manjunath, M., Bachappanavar, N., & Kiran, S. (2018). Enhanced Polymer Degradation of Polyethylene and Polypropylene by Novel 2 Thermophilic Consortia of *Brevibacillus* sps. and *Aneurinibacillus* sp. Screened from 3 Waste Management Landfills and Sewage Treatment Plants. *Accepted Manuscript*. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2018.01.018>.
- Sriningsih, A & Shovitri, M. (2015). Potensi Isolat Bakteri *Pseudomonas* sebagai Pendegradasi Plastik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 4(2): 67-70. ISSN: 2337-3520.
- Sulistinah, N., Rini, R., & Bambang, S. (2016). Potensi *Rhodococcus pyridinovorans* GLB5 sebagai Biokatalis dalam Konversi Senyawa Methil

- Sianida dan Phenil Sianida. *Berita Biologi*. 15(1): 40-48. ISSN: 0126-1754.
- Surono, U. B., & Ismanto. (2016). Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP, PET dan PE menjadi Bahan Bakar Minyak dan Karakteristiknya. *Jurnal Mekanika dan Sistem Termal (JMST)*. 1(1): 32-37. ISSN: 2527-3841 & e-ISSN: 2527-4910.
- Urbanek, A. K., Rymowicz, W & Mironczuk. (2018). Degradation of Plastics and Plastic-degrading Bacteria in Cold Marine Habitats. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 102. ISSN: 7669-7678, <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9195-y>.
- Vianti, R. O., Melki, Rozirwan & Purwiyanto A. I. S. (2020). Purifikasi dan Uji Degradasi Bakteri Mikroplastik dari Perairan Muara Sungai Musi, Sumatera Selatan. *Maskapai Journal*. 12(2) : 29-36. ISSN: 2597-6796.
- Vignesh, R., Deepika, R. C., Manigandan, P & Janani, R. (2016). Screening of Plastic Degrading Microbes from Various Dumped Soil Samples. *International Research Journal of Engineering and Technologi*. 3(4): 2493-2498. ISSN: 2395-0056.
- Wahyudi, J., Prayitno, H.T., & Astuti, A. D . (2018). Pemanfaatan Limbah Plastik sebagai Bahan Baku Pembuatan Bahan Bakar Alternatif. *Jurnal Litbang*. XIV(1): 58-67, diaskes tanggal 10 Oktober 2021 <https://media.neliti.com/media/publications/271770pemanfaatan-limbahplastik-sebagai-bahand2c72e6c.pdf>.
- Waluyo, L. (2018). Bioremediasi Limbah. UMM Press, Malang. h.262, ISBN: 978-979-796-294-4.
- Wati, R.I. (2020). Uji Kemampuan Biodegradasi Sampah Plastik Polyethylene (Pe) Oleh Bakteri Pendegradasi Plastik yang Diisolasi Dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jabon Sidoarjo. *Skripsi*. Surabaya, UIN Sunan Ampel, diaskes tanggal 28 Agustus 2021.
- Wilkes, R. A., & Aristilde, L. (2017). Degradation and Metabolism of Synthetic Plastics and Associated Products by *Pseudomonas* sp. Capabilities and Challenges. *Journal of Applied Microbiology*. 123(3): 582-593. doi: 10.1111/jam. 13472.
- Xu, Y., Minhazul, K. A., Wang, X., Liu, X., Li, X., Meng, Q., ... & Sun, B. (2020). Biodegradation of Phthalate Esters by *Paracoccus kondratievae* BJQ0001 Isolated from Jiuqu (Baijiu fermentation starter) and Identification of the Ester Bond Hydrolysis Enzyme. *Environmental Pollution*. 263: 114-506, ISSN: 0269-7491.

Yokota, K., Waterfield, H., Hastings, C., Davidson, E., Kwietniewski, E., & Wells, B. (2017). Finding the Missing Piece of the Aquatic Plastic Pollution Puzzle: Interaction Between Primary Producers and Microplastic. *Limnology and Oceanography Letters*. 2(4): 91-104. doi: 10.1002/lol2.10040.

Zhang, Y., Chen, H., Liu, J., Geng, G., Liu, D., Geng, H., & Xiong, L. (2016). Genome Sequencing and Biodegradation Characteristics of the *N-Butyl Benzyl Phthalate* Degrading Bacterium-*Rhodococcus* sp. HS-D2. *International Biodeterioration & Biodegradation*. Xxx: 1-7, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2016.08.024>.

Zhou, X., Jin, W., Sun, C., Gao, S. H., Chen, C., Wang, Q., ... & Wang, Q. (2018). Microbial Degradation of N, N-dimethylformamide by *Paracoccus* sp. strain DMF-3 from Activated Sludge. *Chemical Engineering Journal*. 343: 324-330. ISSN.1385-8947. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.03.023>.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Penelitian



**KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

Jl. Syeikh Abdur Rauf Kopelma Darussalam Banda Aceh
Telepon : 0651- 7557321, Email : uin@ar-raniry.ac.id

Nomor : B-3565/Un.08/FST-I/PP.00.9/12/2021

Lamp : -

Hal : **Penelitian Ilmiah Mahasiswa**

Kepada Yth,

Kepala Laboratorium Biologi Fakultas Sains dan Teknologi

Assalamu'alaikum Wr.Wb,

Pimpinan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dengan ini menerangkan bahwa:

Nama/NIM : **AMALIA MAYSARAH / 170703009**

Semester/Jurusan : IX / Biologi

Alamat sekarang : Jalan Perdamaian, Dusun Rukun, Gampong Pango Deah, Kecamatan Ulee Kareng, No.36 Banda Aceh

Saudara yang tersebut namanya diatas benar mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi bermaksud melakukan penelitian ilmiah di lembaga yang Bapak Ibu pimpin dalam rangka penulisan Skripsi dengan judul **Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Plastik Polietilena Asal Tanah Tempat Pembuangan Akhir di Gampong Jawa Dengan Metode Winogradsky**

Demikian surat ini kami sampaikan atas perhatian dan kerjasama yang baik, kami mengucapkan terimakasih.

Banda Aceh, 07 Desember 2021

an. Dekan

Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kelembagaan,



Berlaku sampai : 11 Februari
2022

Dr. Mizaj, Lc., LL.M.

Lampiran 2 Surat Keterangan Pembimbing



SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

Nomor B-422/Un.08/FST/KP.07.6/07/2021

TENTANG

REVISI SURAT KEPUTUSAN DEKAN NOMOR: B-247/Un.08/FST/KP.07.6/04/2021 TANGGAL 26 APRIL 2021 TENTANG PENETAPAN PEMBIMBING SKRIPSI MAHASISWA PROGRAM STUDI BIOLOGI FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

DEKAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN AR-RANIRY BANDA ACEH

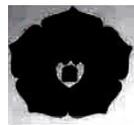
- Merumbang** : a. bahwa sehubungan dengan adanya revisi judul serta pergantian dan penambahan dosen pembimbing Skripsi Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh Semester Genap Tahun Akademik 2020/2021, maka dipandang perlu merevisi Surat Keputusan Dekan tentang Dosen Pembimbing dan Penguji Skripsi Program Studi Biologi dimaksud;
- b. bahwa yang namanya tersebut dalam Surat Keputusan ini dianggap cakap dan mampu untuk ditetapkan sebagai pembimbing skripsi mahasiswa
- Mengingat** : 1. Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;
2. Undang-undang Nomor 12 Tahun 2012, tentang Pendidikan Tinggi;
3. Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan;
4. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;
5. Peraturan Presiden RI Nomor 64 Tahun 2013 Tentang Perubahan Institut Agama Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh menjadi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh;
6. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 12 Tahun 2014, tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
7. Keputusan Menteri Agama Nomor 12 Tahun 2020 Tentang Suratua UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
8. Keputusan Rektor UIN Ar-Raniry Nomor 17/05/2019 Tentang Pemberian Kuasa dan Pendelegasian Wewenang Kepada Para Dekan, Ketua dan Pembantu Dekan serta Ketua dan Anggota Lembaga UIN Ar-Raniry Banda Aceh;
9. Surat Keputusan Rektor UIN Ar-Raniry Nomor 17/05/2021 Tentang Satuan Biaya Khusus Tahun Anggaran 2021 dan Perencanaan Penerimaan Anggaran UIN Ar-Raniry Banda Aceh.
- Memperhatikan** : Keputusan Sidang Senat Akademik UIN Ar-Raniry Banda Aceh tanggal 22 Juli 2021 tentang Surat Keputusan Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh Nomor B-422/Un.08/FST/KP.07.6/07/2021.
- Menetapkan Kesatu** : Menunjuk Saudara:
1. Syafrina Sari Lubis, M.Si Sebagai Pembimbing I
2. Diannita Harahap, M.Si Sebagai Pembimbing II
- Untuk membimbing Skripsi:
- Nama : Amalia Maysarah
- NIM : 170703009
- Prodi : Biologi
- Judul Skripsi : Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Plastik *Poliethylene* Asal Tanah Tempat Pembuangan Akhir di Gampong Jawa dengan Metode *Winogradsky*
- Kedua** : Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan sampai dengan akhir Semester Ganjil Tahun Akademik 2021/2022 dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan diubah dan diperbaiki kembali sebagaimana mestinya, apabila kemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

Ditetapkan di Banda Aceh
Pada Tanggal 23 Juli 2021
Dekan,


Azhar Amsal

Tembusan:
1. Rektor UIN Ar-Raniry di Banda Aceh,
2. Ketua Prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry.

Lampiran 3 Surat Keterangan Bebas Laboratorium



LABORATORIUM BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
Jl. Syeikh Abdul Rauf Kopelma Darussalam, Banda Aceh
Web: www.biologi.fst.ar-raniry.ac.id, Email: biolab.ar-raniry@gmail.com



SURAT KETERANGAN BEBAS LABORATORIUM

No: B-64/Un.08/Lab.Bio-FST/PP.00.9/06/2022

Laboratorium Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : Amalia Maysarah
NIM : 170703009
Program Studi : S1-Biologi
Fakultas : Fakultas Sains dan Teknologi
Perguruan Tinggi : Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Alamat : Gampong Pango Deah, Kec. Ulee Kareng

Benar yang namanya tersebut diatas adalah mahasiswa biologi yang melakukan penelitian dan menggunakan fasilitas alat dan bahan Laboratorium Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh sehingga tidak ada tanggungan biaya alat laboratorium (kecuali bahan & jasa), dan telah menyelesaikan biaya pemakaian bahan laboratorium dalam rangka melaksanakan penelitian skripsi dengan topik:

“Karakterisasi Bakteri Pendegradasi Plastik Asal Tanah Tempat Pembuangan Akhir di Gampong Jawa dengan Menggunakan Metode Winogradsky”

Demikian surat keterangan ini dibuat, agar dapat digunakan semestinya.

Banda Aceh, 30 Juni 2022
Ketua Laboratorium Biologi

Syafrina Sari Lubis, M.Si

Lampiran 4 Dokumentasi Penelitian



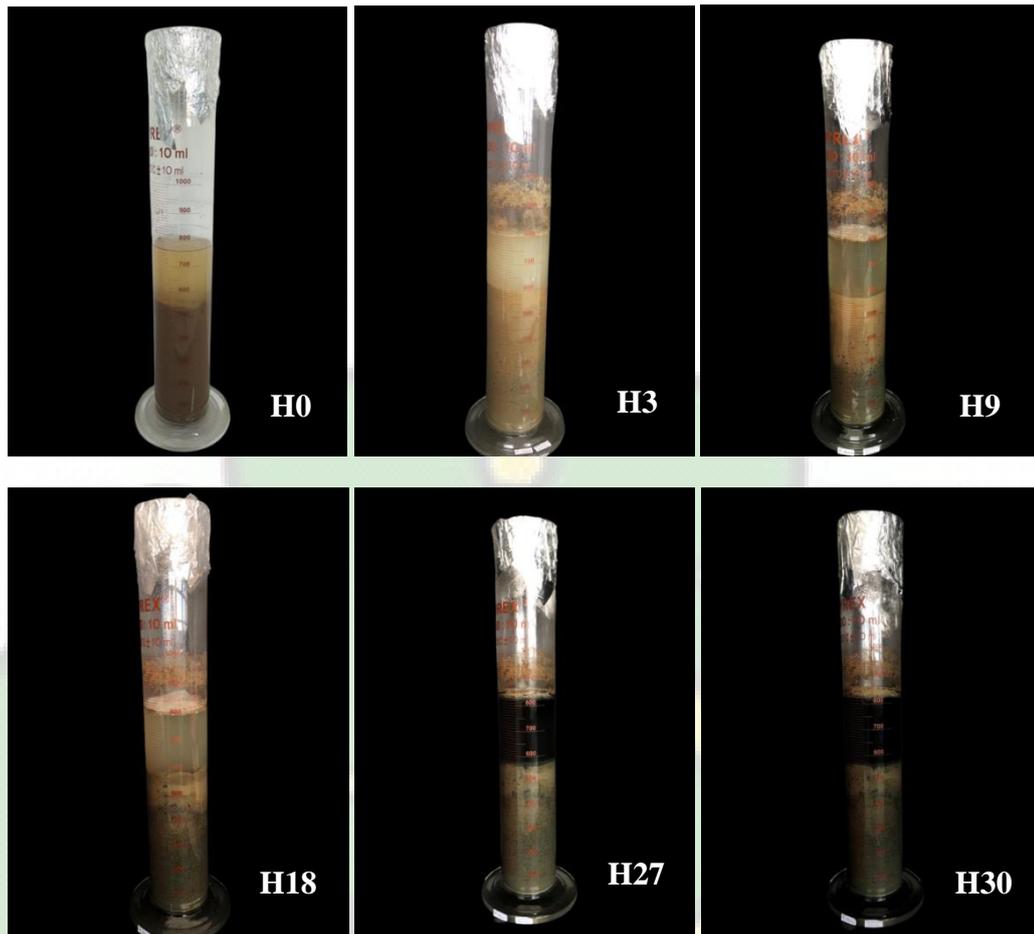
Gambar 1. Pengambilan sampel tanah



Gambar 2. Persiapan sampel tanah

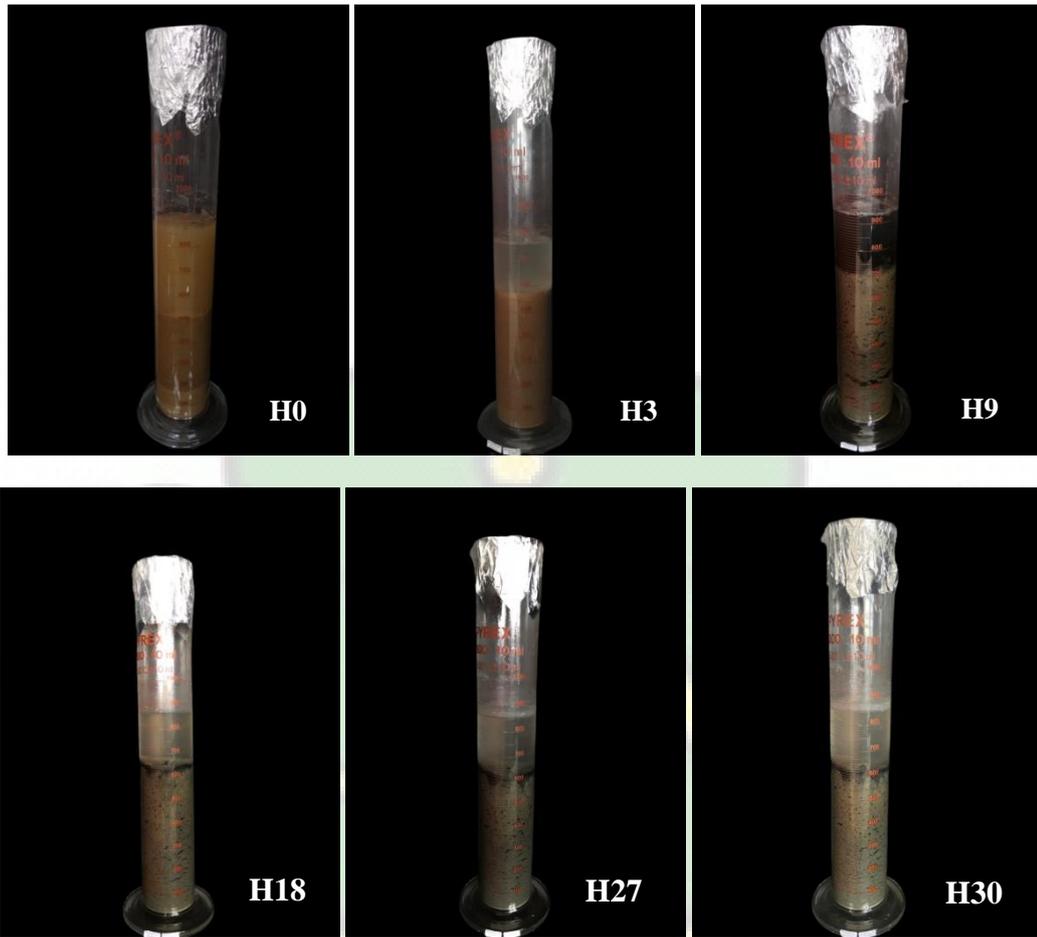


Gambar 3. Persiapan plastik uji warna hitam dan putih



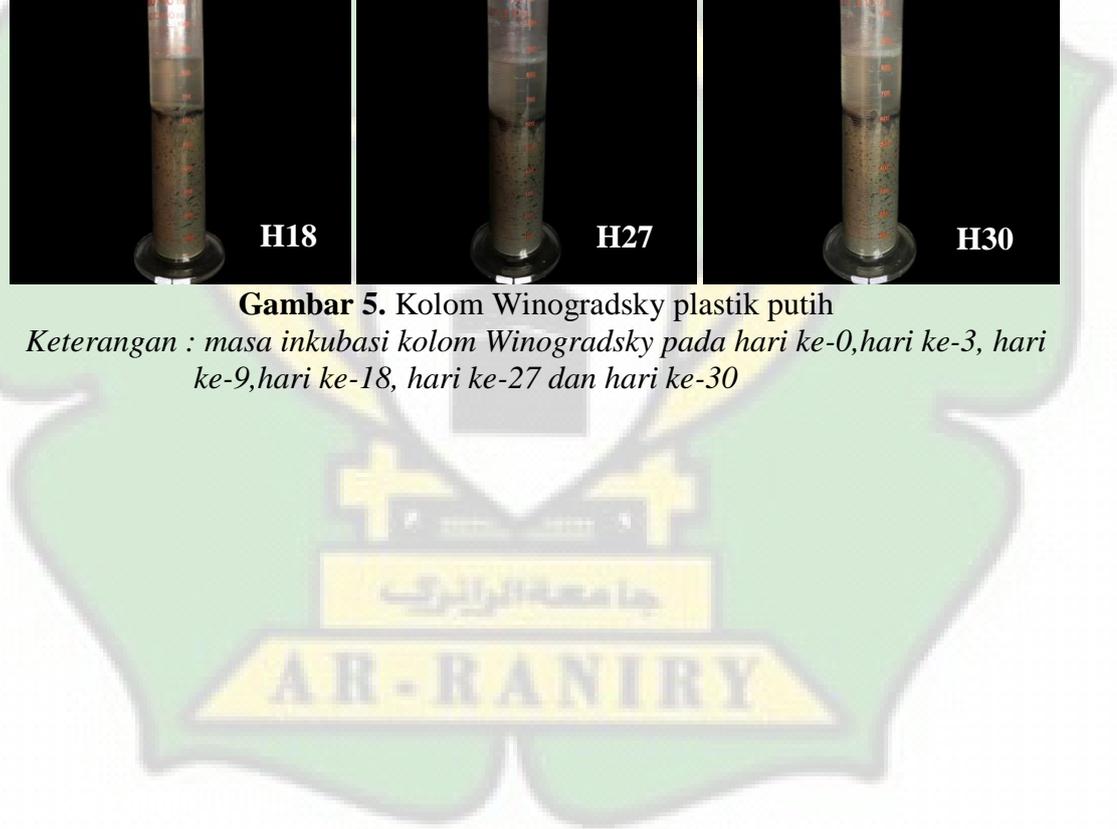
Gambar 4. Kolom Winogradsky pada plastik hitam

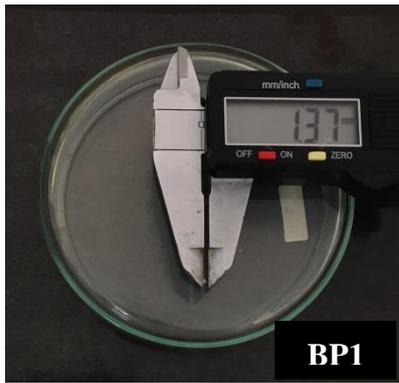
Keterangan : masa inkubasi kolom Winogradsky pada hari ke-0, hari ke-3, hari ke-9, hari ke-18, hari ke-27 dan hari ke-30



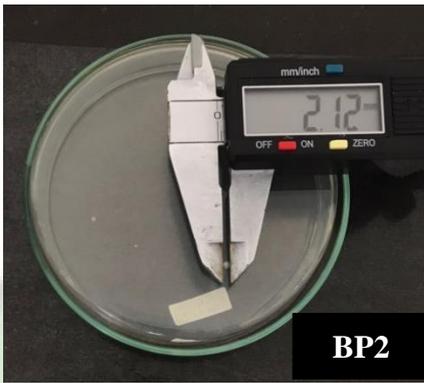
Gambar 5. Kolom Winogradsky plastik putih

Keterangan : masa inkubasi kolom Winogradsky pada hari ke-0, hari ke-3, hari ke-9, hari ke-18, hari ke-27 dan hari ke-30

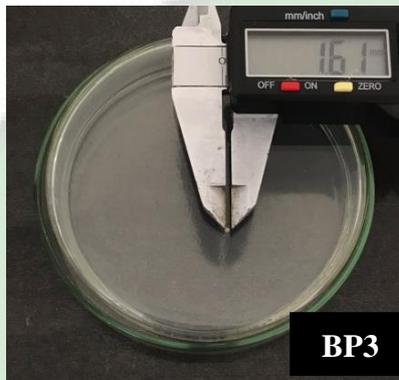




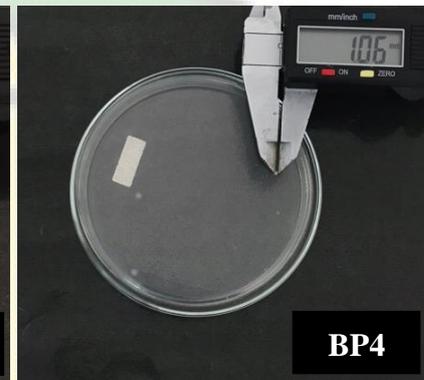
BP1



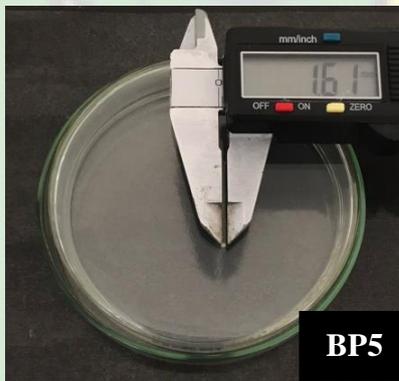
BP2



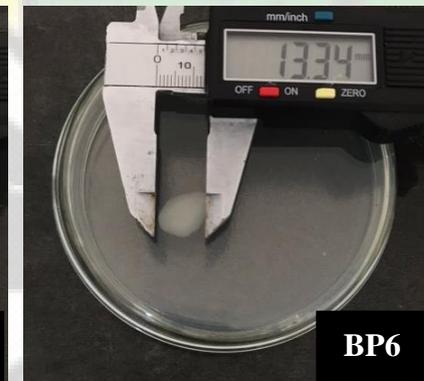
BP3



BP4



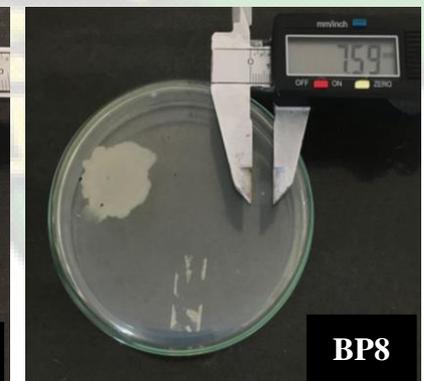
BP5



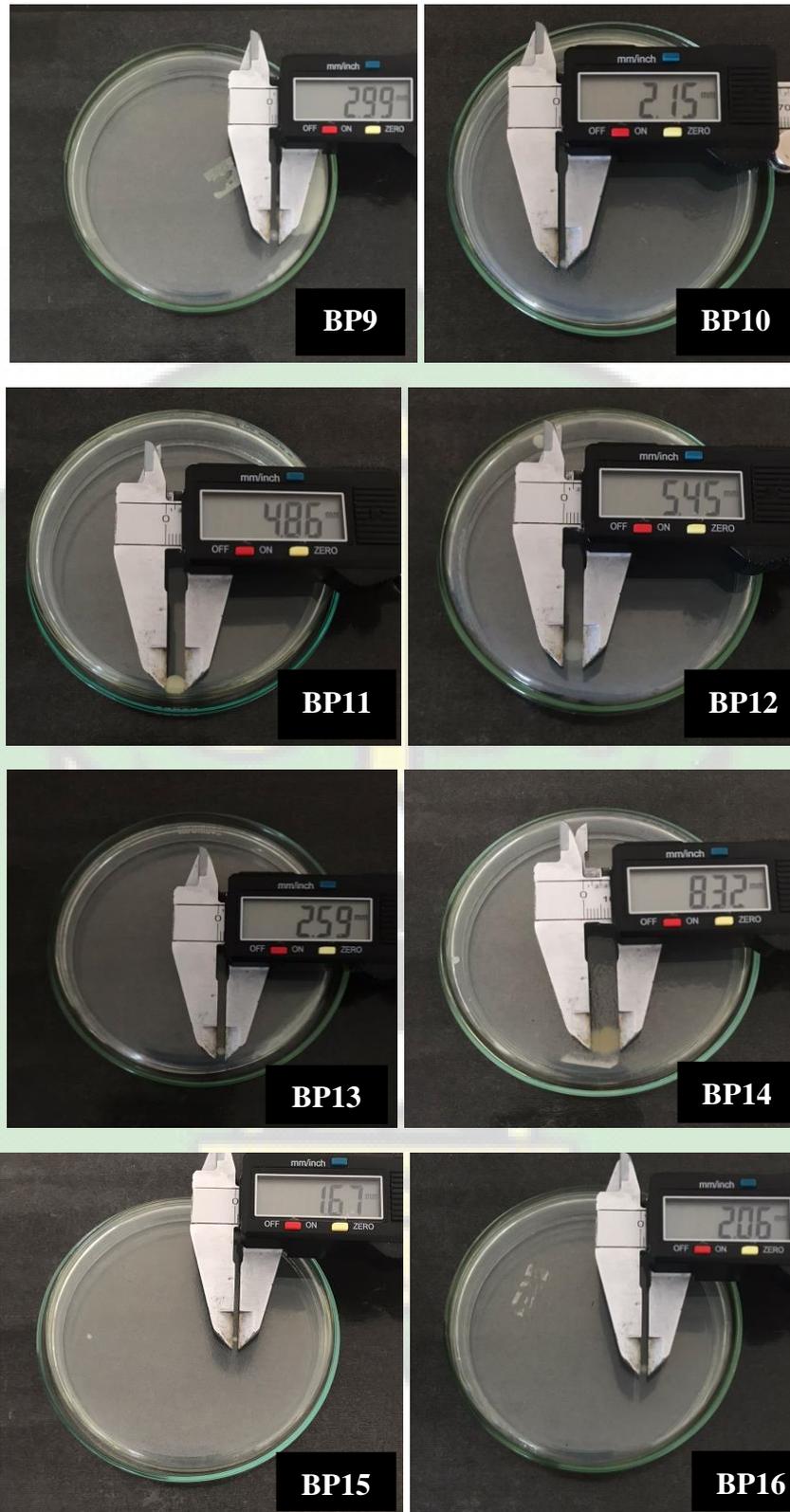
BP6



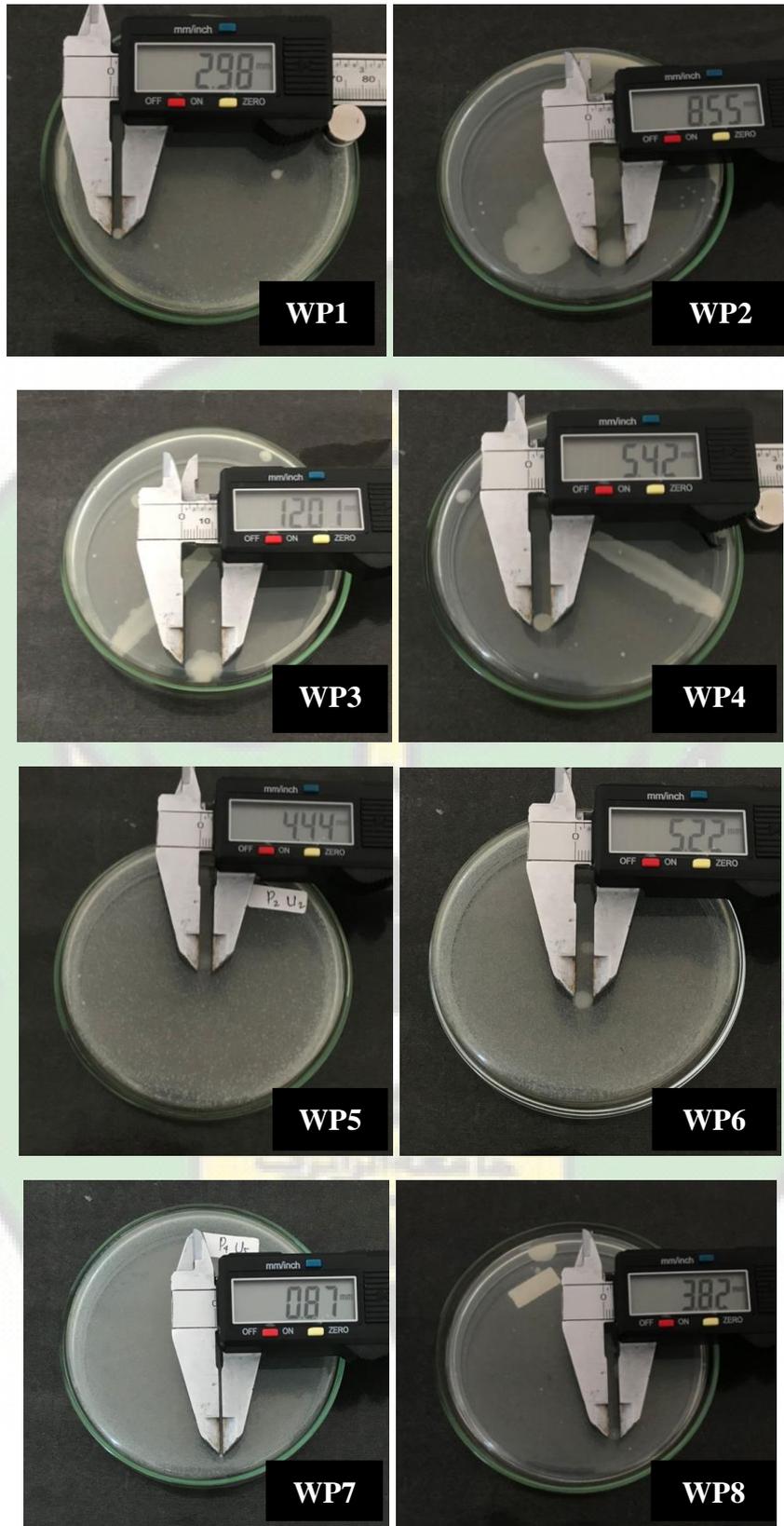
BP7



BP8

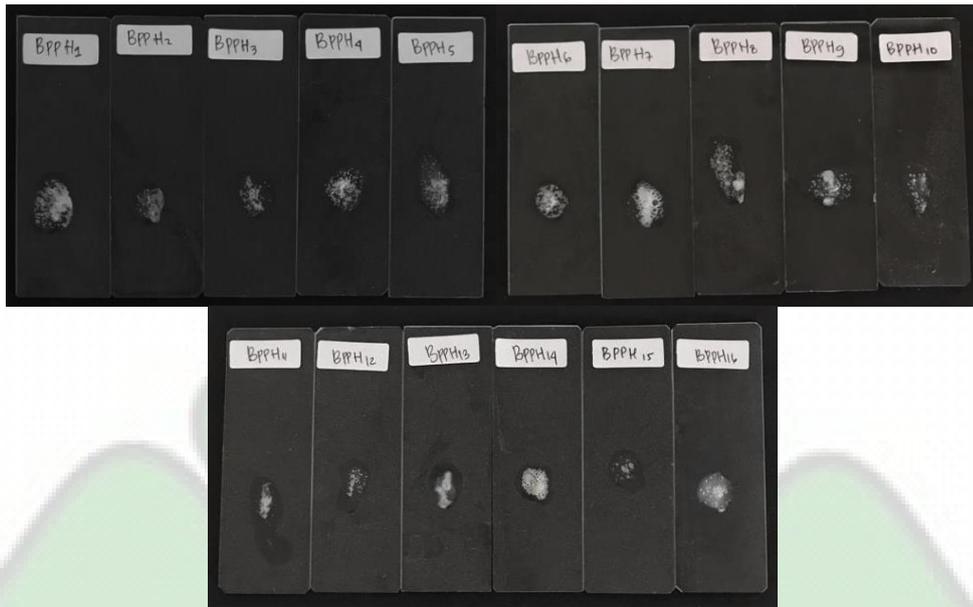


Gambar 6. Isolasi bakteri pendegradasi plastik hitam



Gambar 7. Isolasi bakteri pendegradasi plastik putih

Gambar 8. Uji biokimia pada bakteri pendegradasi plastik hitam



Gambar 8.1 Uji Katalase



Gambar 8.2 Uji Urease



Gambar 8.3 Uji Indol



Gambar 8.4 Uji *Methyl Red* (MR)



Gambar 8.5 Uji *Voges-Proskauer* (VP)

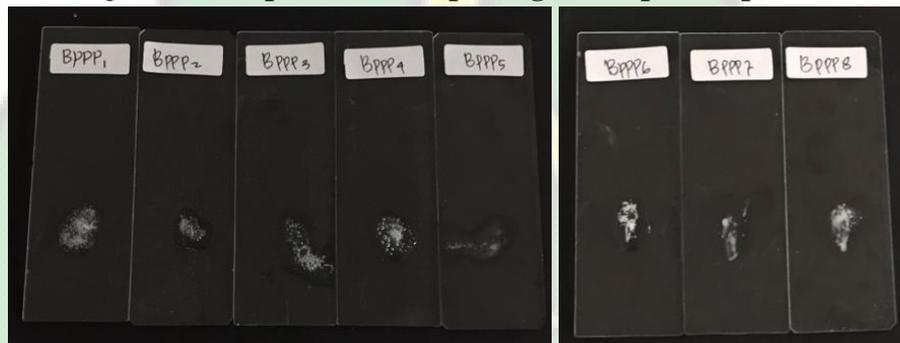


Gambar 8.6 Uji Sitrat



Gambar 8.7 Uji *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA)

Gambar 9. Uji biokimia pada bakteri pendegradasi plastik putih



Gambar 9.1 Uji Katalase



Gambar 9.2 Uji Urease



Gambar 9.3 Uji Indol



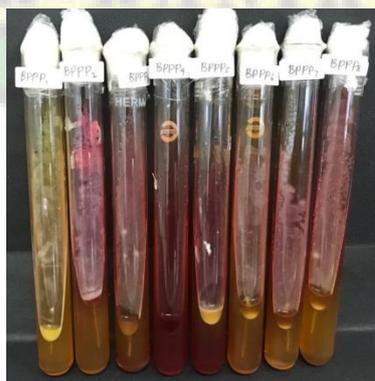
Gambar 9.4 Uji *Methyl Red* (MR)



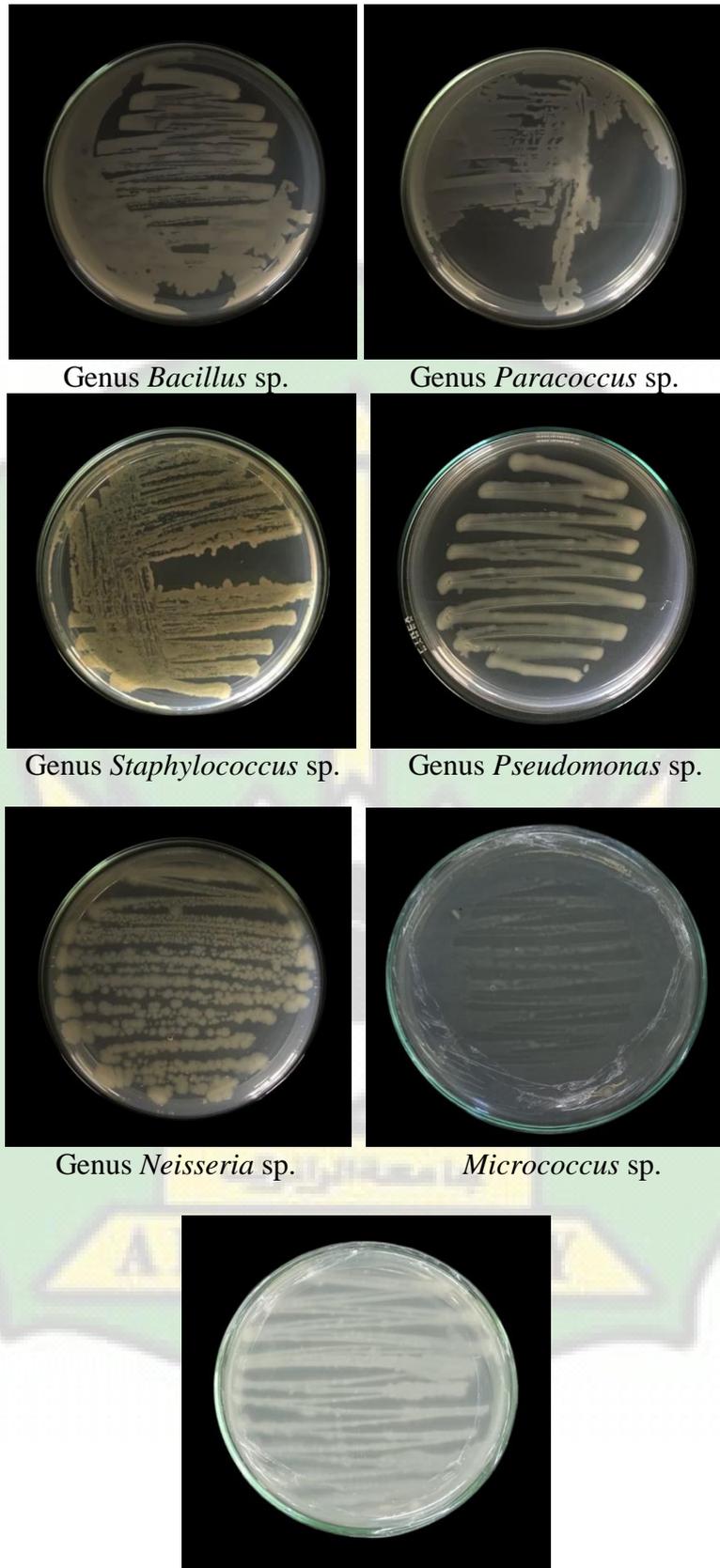
Gambar 9.5 Uji *Voges-Proskauer* (VP)



Gambar 9.6 Uji Sitrat



Gambar 9.7 Uji *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA)



Gambar 10. Bakteri Pendegradasi Hitam Asal Tanah TPA Gampong Jawa



Genus *Bacillus* sp.

Genus *Pseudomonas* sp.

Gambar 11. Bakteri Pendegradasi Plastik Asal Tanah TPA Gampong Jawa

