

TA/TL/2022/1507

TUGAS AKHIR

**ISOLASI JAMUR SEBAGAI PENDEGRADASI MIKROPLASTIK
DI TPA PIYUNGAN YOGYAKARTA**

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



SAFINATUN NAJAH

18513022

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

TUGAS AKHIR

ISOLASI JAMUR SEBAGAI PENDEGRADASI MIKROPLASTIK DI TPA PIYUNGAN YOGYAKARTA

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





Disusun Oleh :
SAFINATUN NAJAH
18513022

Disetujui,


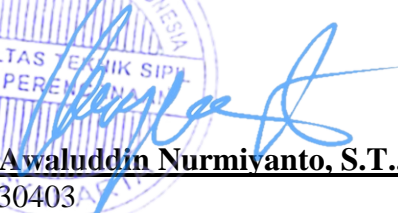
Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Annisa Nur Lathifah S.Si., M.Biotech. Ph.D
NIP : 155130505
Tanggal: 22 Oktober 2022


Dewi Wulandari S.Hut., M.Agr., PhD
NIP : 185130401
Tanggal: 15 September 2022

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Dr. Eng. Awaluddin Nurmianto, S.T., M.Eng
NIP 095130403
Tanggal: 24 Oktober 2022

HALAMAN PENGESAHAN

ISOLASI JAMUR SEBAGAI PENDEGRADASI MIKROPLASTIK DI TPA PIYUNGAN YOGYAKARTA

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari: Senin

Tanggal: 24 Oktober 2022

Disusun Oleh:

SAFINATUN NAJAH

18513022

Tim Penguji:

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

()

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D

()

Dr. Joni Aldila Fajri, S.T., M.Eng.

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

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

Yogyakarta, 30 Juli 2022

Yang membuat pernyataan



Safinatun Najah

NIM: 18513022

PRAKATA

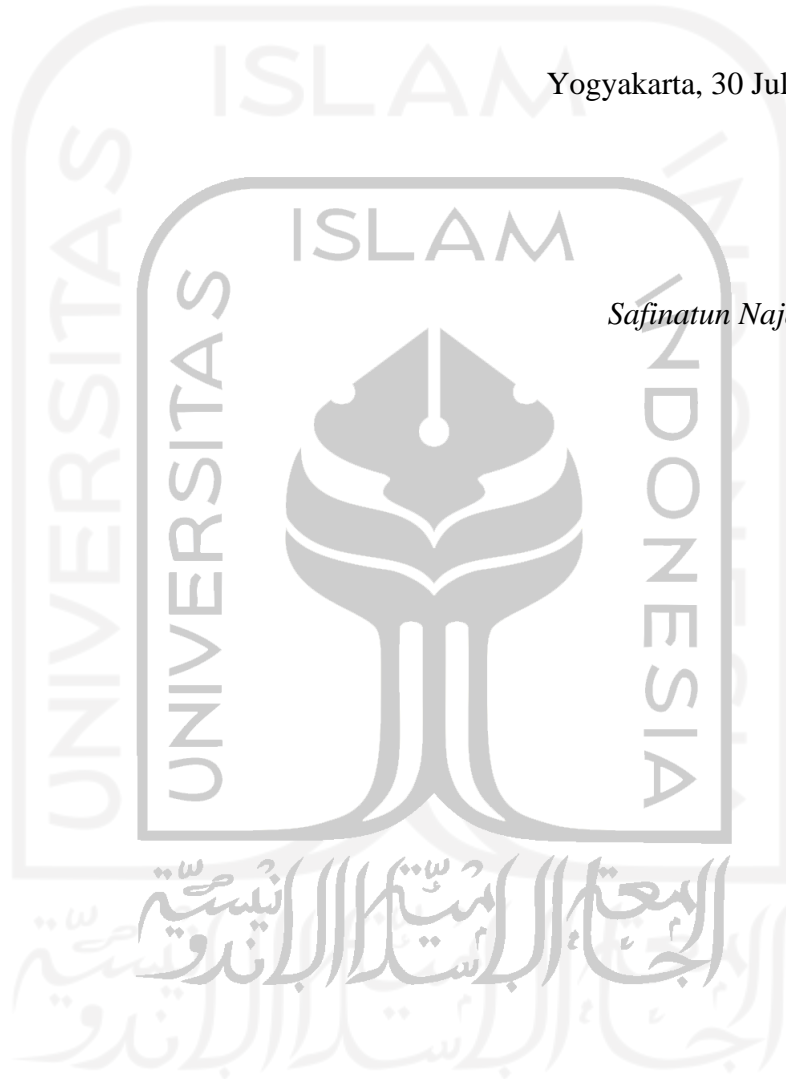
Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Judul yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak Februari 2022 ini ialah **“Isolasi Jamur Sebagai Pendegradasi Mikroplastik di TPA Piyungan Yogyakarta”**. Laporan tugas akhir ini tidak akan maksimal tanpa adanya dukungan, do'a dan bantuan dari berbagai pihak. Terima kasih sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada:

1. Orang tua penulis, Bapak Khamim dan Ibu Suliyah yang telah merawat, menjaga, mendo'akan dan membesarkan penulis dengan tulus dan kasih sayang hingga di titik sekarang.
2. Annisa Nur Lathifah, S.Si., M. Biotech., Ph.D., selaku dosen pembimbing I atas ilmu yang diberikan selama kuliah dan selama menjalani penelitian.
3. Dewi Wulandari, S. Hut., M.Agr., Ph.D., selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan banyak waktu dalam membagikan ilmu selama kuliah dan menjalani penelitian.
4. Dr. Joni Aldilla Fajri., S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing III yang telah banyak memberikan masukan dalam pembuatan laporan ini.
5. Para *staff* laboratorium khususnya Mba Rina Isnikarita, S.Si., yang telah banyak membantu selama menjalani penelitian di laboratorium.
6. Teman-teman Mablungku; Farah, Ailsa, Lia, dan Afifah yang telah kebersamai penulis dari awal tahun kuliah hingga saat ini.
7. Wahyu Aspian, sahabat sekaligus orang terdekat atas *support* yang selalu diberikan kepada penulis.
8. Teman-teman labku; Fira, Diani, Zizah, Salsa, Andien, dan Dea atas segala cerita yang telah dilalui di laboratorium.
9. Teman-teman Teknik Lingkungan 2018 atas segala kisah yang telah dibagi selama kurang lebih 4 tahun ini.
10. Semua pihak yang turut membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Akhir kata, penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Maka dari itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang membangun. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri maupun masyarakat luas. Aamiin.

Yogyakarta, 30 Juli 2022

Safinatun Najah





"Halaman ini sengaja dikosongkan"

ABSTRAK

SAFINATUN NAJAH. Isolasi Jamur Sebagai Pendegradasi Mikroplastik di TPA Piyungan Yogyakarta. dibimbing oleh Annisa Nur Lathifah S.Si., M.Biotech., Ph.D., Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., PhD.

Penelitian mengenai potensi jamur yang berasal dari tanah TPA Piyungan sebagai pendegradasi plastik diharapkan dapat membantu memberikan informasi dalam proses penanganan limbah plastik dengan memanfaatkan mikroorganisme di TPA Piyungan. Pengujian dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Sampel diambil pada tanah TPA di bawah tumpukan sampah. Digunakan metode *serial dilution* dan *pour plate* untuk mendapatkan pemurnian jamur. Uji degradasi dilakukan pada jamur yang diinokulum pada media minim nutrisi dengan tambahan bubuk *Low Density Polyethylene* (LDPE) dan larutan *bromothymol blue* (BTB). Pewarnaan *lactophenol cotton blue* (LPCB) digunakan untuk identifikasi secara mikroskopis. Dari lima isolat yang ditargetkan sebagai pendegradasi, didapatkan hasil positif oleh semua isolat berdasarkan keberadaan zona bening berada di sekitar koloni. Isolat terduga *Penicillium* mampu menghasilkan zona bening paling besar sedangkan terduga *Aspergillus* menghasilkan zona bening paling kecil. Urutan isolat-isolat berdasarkan kemampuan menghasilkan zona bening pada media minim nutrisi yang ditambah bubuk LDPE yaitu PK (terduga *Penicillium*), PA (terduga *Penicillium*), RJ (terduga *Rhizopus*), RH (terduga *Rhizopus*) dan AH (terduga *Aspergillus*).

Kata kunci: Biodegradasi, TPA, jamur, LDPE, zona bening, *Penicillium*

ABSTRACT

SAFINATUN NAJAH. *Fungal Isolation from Piyungan Landfill, Special Region of Yogyakarta as Microplastic Degradors. Supervised by Annisa Nur Lathifah S.Si., M.Biotech., Ph.D., Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., PhD.*

*Research on the potential of fungal isolates from the landfill of Piyungan as a micro-plastic degrader aimed to provide information about the process of bioremediation to overcome plastic waste problems by utilizing indigenous microorganisms from the Piyungan Landfill. The study was carried out at the Microbiology Laboratory, Faculty of Civil Engineering and Planning, Islamic University of Indonesia. Samples were taken on the landfill soil under the pile of plastic waste. Serial dilution and pour plate methods were used to obtain purification of fungal isolates. The degradation test was carried out on fungal isolates that were inoculated on less-nutrient media with addition of Low Density Polyethylene (LDPE) powder and bromothymol blue (BTB) solution. Lactophenol Cotton Blue (LPCB) staining was used to observe fungal microscopic visualization. Five isolates were targeted as degraders. All those isolates obtained positive result based on the presence of clear zone around the fungal colony. Presumed *Penicillium* fungi was the most efficient as plastic degrader because of its ability to produce the largest clear zone followed by presumed *Rhizopus*, while presumed *Aspergillus* had the smallest one.*

Keywords: Biodegradation, landfill, fungi, LDPE, clear zone, *Penicillium*



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	v
ABSTRAK.....	8
<i>ABSTRACT</i>	9
DAFTAR ISI.....	11
DAFTAR TABEL.....	15
DAFTAR GAMBAR.....	17
DAFTAR LAMPIRAN.....	19
BAB I PENDAHULUAN.....	20
1.1 Latar Belakang.....	20
1.2 Perumusan Masalah.....	22
1.3 Tujuan Penelitian.....	22
1.4 Manfaat Penelitian.....	22
1.5 Ruang Lingkup.....	22
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	24
2.1 Keberadaan Mikroplastik di TPA Piyungan Yogyakarta.....	24
2.2 Biodegradasi.....	25
2.3 Mikroplastik dan Dampaknya Terhadap Lingkungan.....	25
2.4 Jenis Pendegradasi Mikroplastik Berupa Jamur.....	26
2.5 <i>Low Density Polyethylene</i> (LDPE).....	26
2.6 Biodegradasi LDPE dengan Jamur.....	28
2.7 Uji Keberadaan Zona Bening.....	29
2.8 Identifikasi Jamur.....	30
2.9 Asam Organik pada Jamur.....	30

2.10 Metabolisme Sekunder Jamur.....	31
2.11 Penelitian Terdahulu	32
BAB III METODE PENELITIAN.....	34
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	34
3.2 Alat dan Bahan.....	35
3.3 Tahapan Penelitian.....	36
3.4 Metode <i>Sampling</i>	36
3.4.1 Penentuan Titik <i>Sampling</i>	36
3.4.2 Pengambilan <i>Sample</i>	37
3.5 Metode Inokulasi Jamur.....	37
3.5.1 Pengenceran dan Inokulasi <i>Sample</i>	37
3.5.2 Media Pemurnian Isolat Jamur	37
3.5.2 Media Modifikasi Minim Nutrisi Ditambah Bubuk LDPE	38
3.5.3 Media Uji Degradasi dengan Modifikasi Minim Nutrisi dengan LDPE dan <i>Bromothymol Blue</i> (BTB).....	39
3.6 Pemilihan Jamur Sebagai Pendegradasi Berdasarkan Zona Bening.....	39
3.7 Identifikasi Morfologi Jamur	39
3.7.1 Identifikasi Makroskopis	39
3.7.2 Identifikasi Mikroskopis.....	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	42
4.1 Hasil Isolasi Jamur Dari Sampel Tanah TPA Piyungan	42
4.2 Morfologi Jamur Secara Makroskopis dan Mikroskopis.....	44
4.2.1 Isolat AH.....	44
4.2.2 Isolat PA	46
4.2.3 Isolat PK	49

4.2.4 Isolat RH	50
4.2.5 Isolat RJ	52
4.3 Kultur Isolat Jamur Pada Media Modifikasi Untuk Melihat Kemampuan Tumbuh Jamur Pada Kondisi Ekstrim	54
4.4 Pemilihan Isolat Jamur yang Mampu Menghasilkan Zona Bening (<i>Clear Zone</i>) Pada Media Modifikasi dengan <i>Bromothymol Blue</i> (BTB)	55
4.4.1 Uji Degradasi Oleh Isolat AH.....	56
4.4.2 Uji Degradasi Oleh Isolat PA dan PK	57
4.4.2 Uji Degradasi Oleh Isolat RH dan RJ	59
4.5 Peran Jamur Sebagai Pendegradasi LDPE.....	61
4.6 Alternatif Bioteknologi Jamur Pendegradasi LDPE di Lapangan	62
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN.....	77
RIWAYAT HIDUP.....	95



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Karakteristik LDPE.	27
Tabel 2. Asam-asam Organik oleh Jamur	31
Tabel 3. Penelitian Terdahulu.....	32
Tabel 4. Koordinat Sampling.....	34
Tabel 5. Pengamatan Isolat AH Secara Makroskopis dan Mikroskopis	45
Tabel 6. Pengamatan Isolat PA Secara Makroskopis dan Mikroskopis	47
Tabel 7. Pengamatan Isolat PK Secara Makroskopis dan Mikroskopis	49
Tabel 8. Pengamatan Isolat RH Secara Makroskopis dan Mikroskopis.....	51
Tabel 9. Pengamatan Isolat RJ Secara Makroskopis dan Mikroskopis	52
Tabel 10. Keberadaan Zona Bening Pada Tiap Isolat	55





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur rantai HDPE, LLDPE, dan LDPE	27
Gambar 2. Biodegradasi <i>Polyethylene</i> dengan Mikroba	28
Gambar 3. Denah Sampling di TPA Piyungan.....	34
Gambar 4. Bagan Alir Penelitian.....	36
Gambar 5. Bagan Alir Proses Uji Degradasi	38
Gambar 6. Morfologi Tampak Atas	40
Gambar 7. Tekstur Koloni.....	40
Gambar 8. Isolat Hasil Pemurnian dari Sampel Tanah TPA Piyungan.....	42
Gambar 9. Isolat AH Secara Makroskopis dan Mikroskopis.	46
Gambar 10. Isolat PA Secara Makroskopis dan Mikroskopis.....	48
Gambar 11. Isolat PK Secara Makroskopis dan Mikroskopis.....	50
Gambar 12. Isolat RH Secara Makroskopis dan Mikroskopis.	51
Gambar 13. Isolat RJ Secara Makroskopis dan Mikroskopis.....	53
Gambar 14. Isolat-isolat yang Mampu Tumbuh Pada Media Modifikasi. .	54
Gambar 15. Isolat AH pada Media Minim Nutrisi	56
Gambar 16. Isolat PA pada Media Minim Nutrisi.....	57
Gambar 17. Isolat PK pada Media Minim Nutrisi.....	58
Gambar 18. Isolat RH pada Media Minim Nutrisi	59
Gambar 19. Isolat RJ pada Media Minim Nutrisi	60



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi <i>Sampling</i>	77
Lampiran 2. Dokumentasi Laboratorium	78
Lampiran 3. Hasil Kultur Pengenceran 10-4 – 10-7.....	79
Lampiran 4. Perhitungan dan Perbandingan Kultur Pengenceran.....	93
Lampiran 5. Karakter Morfologi Makroskopis dan Mikroskopis	94



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini penggunaan plastik yang cukup tinggi menjadi permasalahan dunia seiring meningkatnya limbah plastik yang dihasilkan. Tingginya konsumsi masyarakat terhadap penggunaan plastik disebabkan sifatnya yang praktis untuk digunakan dan dapat diperoleh dengan harga yang ekonomis. Limbah plastik yang dihasilkan semakin banyak seiring meningkatnya jumlah penduduk di dunia yang memanfaatkan plastik sebagai keperluan sehari-hari

Plastik yang saat ini beredar terbuat dari bahan polimer sintetik yang berasal dari minyak bumi. Sifat resisten yang dimiliki plastik menyebabkan sulitnya proses degradasi oleh alam. Meskipun begitu, plastik tetap masih digunakan oleh masyarakat karena memiliki nilai ekonomis. Apabila penggunaan plastik terus berlanjut namun tidak diimbangi dengan perhitungan lamanya proses penguraian plastik, tingkat konsumsi plastik yang masih tinggi serta berkurangnya ketersediaan lahan TPA sebagai terakhir dalam pembuangan sampah, maka masalah timbulan sampah tidak akan dapat dihindari (Dwicania, 2019).

Berbagai cara untuk menanggulangi permasalahan limbah plastik telah dilakukan. Namun, beberapa cara tersebut hanya menghilangkan sampah-sampah berukuran besar dan menyisakan sampah-sampah berukuran kecil. Menurut Fachrul dan Rinanti (2018), plastik mengandung bahan kimia berbahaya yang bersifat karsinogenik. Pencemar mikroplastik dapat terakumulasi dalam tanah dan masuk ke rantai makanan sehingga mempengaruhi lingkungan dan manusia. Usaha dalam melakukan dekomposisi mikroplastik perlu dilakukan, salah satunya adalah dengan memanfaatkan jamur. Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Rivilla *et al.* (2009), salah satu contoh biodegradasi plastik berjenis *plasticized polyvinyl chloride* (pPVC) yang memanfaatkan jamur *Penicillium janthinellum* dan *Doratomyces* spp., dihasilkan data yang menunjukkan adanya pengaruh mikroplastik terhadap pertumbuhan jamur dan bertambahnya jumlah jamur yang diisolasi. Selain itu pada penelitian oleh (Rohmah *et al.*, 2019) menunjukkan adanya

degradasi sebesar 3,25% pada pH 6 dan suhu 25°C oleh jamur *A. terreus* (LM 1021). Data yang diperoleh dari FTIR menunjukkan telah terjadi perubahan persentase transmisi yang mengindikasikan adanya peregangan gugus fungsional atau molekul kimia.

Pada penelitian yang telah dilaksanakan oleh Utami dan Liani (2021), didapatkan hasil bahwa sampel air sumur yang berada di wilayah TPA Piyungan memiliki kandungan mikroplastik. Kandungan mikroplastik yang paling tinggi ditemukan pada wilayah yang berjarak 0 – 1 km di Desa Lingkong sebesar 146 ± 109 partikel/L. Mikroplastik tersebut mengandung polimer *Polystyrene* (PS) dan *Polyvinyl Chloride* (PVC). Wardani (2021), telah melakukan penelitian mengenai identifikasi jamur sebagai pendegradasi LDPE di TPA Supit Urang, Malang. Hasil dari penelitian tersebut yaitu jamur genus *Aspergillus* memiliki kemampuan biodegradasi paling tinggi. Dalam inkubasi selama 30 hari didapatkan pengurangan berat kering lembar LDPE sebanyak 5,7%. Lehmann *et al.* (2020), melakukan sebuah penelitian mengenai serat mikroplastik dengan jamur *Arbuscular mycorrhizal*. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa serat mikroplastik pada tanah dapat mempengaruhi sistem tanaman tanah dengan meningkatkan pertumbuhan pada tanaman dan mendukung simbiosis pada akar jamur *Arbuscular mycorrhizal*.

Dalam penelitian ini akan dipelajari proses degradasi mikroplastik pada sampel tanah di TPA Piyungan oleh jamur. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat membantu memberi informasi dalam proses penanganan limbah plastik dengan memanfaatkan mikroorganisme di TPA Piyungan.

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah yang diambil pada penelitian ini diantaranya:

1. Jenis jamur apa sajakah yang terdapat pada sampel tanah dari TPA Piyungan?
2. Jenis jamur apa yang memiliki kemampuan paling baik dalam mendegradasi mikroplastik dari TPA Piyungan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui jenis jamur yang berpotensi sebagai pendegradasi mikroplastik di lingkungan TPA Piyungan
2. Mengetahui tingkat kemampuan degradasi mikroplastik oleh jamur yang berada di TPA Piyungan

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari dilaksanakannya penelitian ini yaitu:

1. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi pembelajaran, khususnya pengetahuan mengenai jamur yang dimanfaatkan sebagai pendegradasi terhadap mikroplastik di TPA Piyungan
2. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai informasi yang terpercaya dalam hal penggunaan jamur sebagai pendegradasi mikroplastik
3. Hasil penelitian ini diharapkan mampu menjadi bekal dan pengetahuan yang lebih mendalam mengenai penggunaan jamur dalam mendegradasi mikroplastik yang berada di lingkungan TPA Piyungan

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini diantaranya:

1. Sampel diambil dari tanah bagian bawah tumpukkan sampah plastik di TPA Piyungan
2. Sampel berasal dari tiga titik tanah yang berbeda kemudian di homogenkan
3. Jenis jamur yang akan di isolasi berasal dari TPA Piyungan

4. Penelitian uji degradasi oleh jamur terhadap plastik dilakukan dalam skala laboratorium
5. Uji degradasi dilakukan pada media *Malt Extract Agar* (MEA) yang ditambahkan bubuk plastik *Low Density Polyethilene* (LDPE)
6. Potensi isolat ditandai dengan keberadaan zona bening



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Keberadaan Mikroplastik di TPA Piyungan Yogyakarta

Sistem pengelolaan sampah Kabupaten Bantul, Kabupaten Sleman dan Kota Yogyakarta dilakukan bersama-sama di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan. Kemudian pada tahun 2018 tempat tersebut digunakan sebagai Tempat Pengelolaan Sampah Terpadu (TPST). Menurut Rahayu (2019), Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan Yogyakarta menggunakan metode pengolahan sampah secara *Sanitary Landfill* dimana setiap harinya sampah akan ditimbun dengan tanah. Metode ini dinilai kurang efektif karena sampah cenderung menumpuk, tidak hilang dan luas Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan Yogyakarta tidak bertambah. Jumlah volume sampah yang diolah semakin meningkat seiring dengan tingginya pertumbuhan penduduk di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY).

Tingginya nilai berat molekul pada plastik menyebabkan sukar plastik untuk terdegradasi oleh alam. Ketidakseimbangan siklus biologi seperti penurunan kesuburan pada tanah dapat terjadi apabila tumpukkan sampah plastik ditimbun dalam tanah (Iiyoshi *et al.*, 2014).

Beragam jenis plastik di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Piyungan Yogyakarta berpotensi mencemari tanah. Apabila limbah plastik tidak dikelola dengan baik maka sampah plastik dapat berubah menjadi mikroplastik yang akan memberi dampak buruk bagi kesehatan manusia. Dibiarkannya hewan-hewan ternak yang memakan sisa-sisa limbah di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) dapat menjadi masalah baru. Hewan tersebut dapat tidak sengaja menelan mikroplastik karena ukuran mikroplastik sangat kecil. Hal tersebut menyebabkan adanya akumulasi mikroplastik pada tubuh hewan ternak yang selanjutnya akan berpindah ke dalam tubuh manusia apabila hewan tersebut dikonsumsi.

2.2 Biodegradasi

Aktivitas penguraian zat organik menjadi zat yang lebih sederhana yang dilakukan oleh mikroorganisme (bakteri dan jamur) disebut biodegradasi. Biodegradasi merupakan proses yang kompleks berubahnya polimer secara fisiko-kimia menjadi unit lebih kecil yang disebabkan oleh mikroorganisme (Chiellini dan Solaro, 1996 dan Shah *et al.*, 2008). Mikroorganisme seperti jamur mampu mendegradasi, mengasimilasi, dan memetabolisme senyawa organik kompleks secara biokimia, xenobiotik, ataupun zat rekalsitran untuk kebutuhan energinya (Amobonye *et al.*, 2021 dan Harms *et al.*, 2011).

Kadar asam, jenis substrat, suhu, dan sumber nitrogen merupakan beberapa hal yang akan mempengaruhi proses biodegradasi (Islami, 2019). Proses pertama dalam degradasi yaitu berubah struktur polimer menjadi sederhana atau monomer. Perubahan bentuk polimer yang lebih sederhana berupa monomer bertujuan agar polimer mampu memasuki membran sel pendegradasi. Aktivitas yang terjadi setelah monomer memasuki membran dalam sel mikroba disebut proses degradasi (Rohaeti, 2009). Sebagai upaya yang murah, mudah dan ramah lingkungan, proses biodegradasi merupakan salah satu strategi yang dapat diimplementasikan dalam mengurangi sampah plastik.

2.3 Mikroplastik dan Dampaknya Terhadap Lingkungan

Mikroplastik merupakan sampah plastik berukuran sangat kecil yang akan seiring waktu akan terakumulasi ke dalam tanah. Dalam penelitian yang dilaksanakan Zhang *et al.* (2017), dilaporkan bahwa mikroplastik sendiri berukuran sangat kecil yaitu berukuran lebih kecil dari 5 mm dan terbagi atas jenis mikroplastik primer dan sekunder. Hasil produksi plastik berukuran mikro seperti dalam produk kecantikan berupa *microbeads* dan masuk ke dalam saluran air disebut mikroplastik primer. Sedangkan hasil fragmentasi dari plastik yang berupa pecahan dan bagian plastik yang berukuran lebih besar disebut mikroplastik sekunder.

Kehadiran mikroplastik di lingkungan dapat membahayakan karena mikroplastik memiliki zat berbahaya berupa warna, wangi, ataupun peningkat fleksibilitas dan durabilitas dari plastik. Sampah plastik yang bersifat presisten dapat terakumulasi dalam sedimen. Ukuran mikroplastik yang kecil juga memudahkan organisme untuk mencerna mikroplastik tersebut. Mikroplastik pada tanah dapat menimbulkan kerusakan yang signifikan terhadap biota tanah seperti cacing, larva, dan organisme lain yang bertanggung jawab dalam menjaga kesuburan tanah. Sedangkan menurut Wijaya *et al.* (2019), penguraian secara biologis terhadap polimer plastik di perairan kurang mampu dilakukan, melainkan akan terpecah menjadi bagian yang kecil akibat adanya radiasi UV dan arus air.

2.4 Jenis Pendegradasi Mikroplastik Berupa Jamur

Peran mikroorganisme sangat penting dalam melakukan proses degradasi mikroplastik. Dalam penelitian ini akan menggunakan mikroorganisme berupa jamur. Menurut Rivilla *et al.* (2009), satu contoh biodegradasi plastiknya yaitu biodegradasi *plasticized polyvinyl chloride* (pPVC) yang memanfaatkan jamur *Penicillium janthinellum* dan *Doratomyces* spp. yang mempengaruhi pertumbuhan jamur dan memperbanyak jumlah spesies yang diisolasi. Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan oleh Rohmah *et al.* (2019), tidak ada pengaruh dalam proses degradasi plastik dengan perlakuan pH dan suhu terhadap biomassa jamur, namun ada pengaruh terhadap persentase degradasi jamur *Aspergillus terreus* (LM 1021) dengan perlakuan sama. Biomassa tertinggi didapatkan pada suhu 25°C dengan tingkat keasaman (pH) 5 sebesar 65 mg dan angka persentase degradasi sebesar 3,25% pada suhu 25°C dengan tingkat keasaman (pH) 6.

2.5 Low Density Polyethylene (LDPE)

Low density polyethylene atau kerap disingkat LDPE merupakan jenis plastik pertama yang digunakan secara komersial dalam kemasan pada akhir 1940-an. LDPE terbuat dari etilen yang dipolimerasi, memiliki struktur bercabang pendek dan panjang dan persentase kristalinitas lebih rendah yang menyebabkan rendahnya

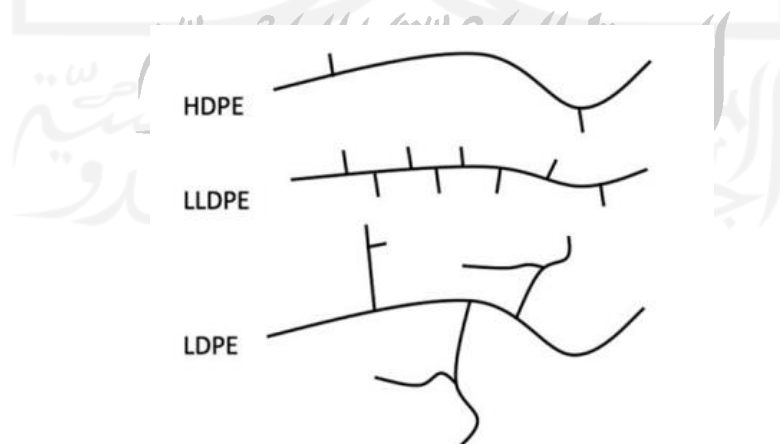
densitas pada plastik. LDPE memiliki ketahanan terhadap bahan kimia dan minyak yang baik. Biaya yang murah membuat LDPE sangat banyak diaplikasikan sebagai pengemas yang fleksibel (Selke & Hernandez, 2011). Tabel 1 menampilkan karakteristik yang dimiliki oleh plastik *low density polyethylene* (LDPE).

Karakteristik	Keterangan
Densitas (g/cm ³) ¹	0,923
Kekuatan tensil (MPa) ¹	10,5
Dampa kekuatan tensil (kJ/m ²) ¹	286
Tingkat Kekuatan (Shore D) ¹	49
Titik lebur (°C) ²	105-115
Titik defleksi pada 0,46 Mpa (°C) ²	48

(1) Bednařik *et al.*, 2016 (2) Abbas & Mohamed (2015)

Tabel 1. Karakteristik LDPE.

Titik lebur LDPE lebih rendah dibandingkan HDPE. Hal ini disebabkan HDPE memiliki percabangan yang lebih kompleks dan berat molekul yang lebih besar dibanding LDPE (Shivasharana, 2019). Banyaknya cabang yang dimiliki oleh LDPE berasal dari proses polimerasi yang dapat dinyatakan sebagai percabangan rantai pendek dan percabangan rantai panjang (Bungu & Pasch, 2017). Percabangan yang banyak seperti yang terlihat pada Gambar 1 mempengaruhi kepadatan struktur plastik LDPE sehingga densitas menjadi lebih rendah.



Gambar 1. Struktur rantai HDPE, LLDPE, dan LDPE

Sumber: Hynčik *et al.*, 2021

2.6 Biodegradasi LDPE dengan Jamur

Hidrofobisitas (sifat molekul secara fisik menolak dengan air), berat molekul besar dan kurangnya gugus fungsi yang dikenali oleh sistem enzim mikroba terhadap LDPE menjadi tantangan besar dalam proses degradasi (Hamid, 2000). Sebagian besar penelitian mempertimbangkan penggunaan jamur sebagai pendegradasi LDPE karena kemampuannya dalam membentuk protein hidrofobik yang dapat menempel pada permukaan polimer (Seneviratne *et al.*, 2016) dan (Kershaw & Talbot, 1998), enzim pendegradasi yang dihasilkan jamur cocok dengan ketidaklarutan yang dimiliki LDPE (Shah *et al.*, 2008), produksi biomassa jamur lebih cepat dibanding bakteri (Kim & Rhee, 2003), serta kemampuan tumbuh jamur cenderung meluas sehingga mampu melakukan penetrasi pada LDPE melalui hifa yang dimiliki. Selain itu, jamur mampu bertahan hidup dengan baik di lingkungan dengan ketersediaan nutrisi rendah, pH rendah, dan kelembapan yang rendah (Pramila & Ramesh, 2011). Data terbaru menunjukkan biodegradasi limbah LDPE dengan strain mikroba terpilih menjadi solusi yang paling baik. Diantara banyak agen biologis, enzim mikroba merupakan salah satu zat yang paling kuat untuk mendegradasi LDPE. Aktivitas enzim saat proses biodegradasi dihasilkan lebih tinggi pada jamur dibandingkan bakteri (Sen & Raut, 2015). Gambar 2 menunjukkan skema alir dari proses degradasi *polyethylene* dengan enzim mikroba.



Gambar 2. Biodegradasi *Polyethylene* dengan Mikroba

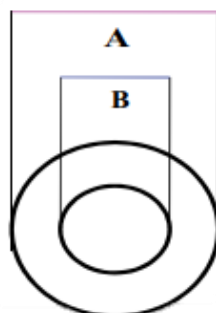
Sumber: Sen & Raut, 2015

2.7 Uji Keberadaan Zona Bening

Jamur yang mampu melakukan degradasi terhadap plastik diidentifikasi dengan kemampuan menghasilkan zona bening pada media. Zona bening yang berada di sekitar koloni jamur setelah 3 – 5 hari inkubasi pada suhu 25°C dapat digunakan sebagai deteksi kualitatif diproduksinya enzim (Hankin & Anagnostakis, 1975). Enzim yang mampu dihasilkan jamur diantaranya enzim selulase (Delfiyana *et al.*, 2018), enzim amilase (Saleem & Ebrahim, 2014) dan enzim lakase (Brijwani *et al.*, 2010). Menurut Augusta *et al.* (1993), metode zona bening memiliki beberapa keunggulan diantaranya mudah, hasil terlihat dengan cepat, tidak memakan banyak biaya. Selain itu, dalam masa pengujian menggunakan metode ini, zona bening yang dihasilkan harus terlihat dengan jelas, berbentuk dan memiliki tampilan yang stabil. Menurut Faradila *et al.* (2020) zona bening dihitung menggunakan rumus *enzymatic indeks* (EI). Dalam penelitian ini indeks enzimatik ditentukan menggunakan rumus yang dimodifikasi dari penelitian Lechuga *et al.* (2016) sebagai berikut:

$$EI = \frac{\text{Diameter koloni} + \text{zona bening}}{\text{Diameter koloni}}$$

Mikroorganisme memiliki kemampuan melarutkan fosfat. Pelarutan tersebut dipengaruhi oleh kemampuan mikroorganisme dalam membentuk asam organik dan mensekresikannya ke luar sel. Fosfat akan larut karena derajat keasaman pada lingkungan menurun (Chen *et al.*, 2006). Perhitungan kelarutan fosfat dapat dilihat seperti yang tertera pada penelitian Sarker (2014) sebagai berikut:



Indeks Kelarutan Fosfat = A/B

Keterangan

A: Diameter (koloni + halo)

B: Diameter koloni

2.8 Identifikasi Jamur

Jamur yang telah di kultur akan menghasilkan kenampakan yang berbeda-beda. Identifikasi dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis untuk melihat lebih detail karakteristik yang dimiliki jamur. Pemeriksaan makroskopik meliputi pengamatan diameter koloni, warna (pigmentasi) yang dihasilkan, tekstur dan tampak permukaan (Gots *et al.*, 2003) dapat dilakukan secara langsung tanpa bantuan alat. Sedangkan pemeriksaan mikroskopik dapat menggunakan metode *slide culture* dengan bantuan mikroskop untuk melihat keberadaan miselium (hifa), spora, cara berkembang biak (seksual atau aseksual) dan struktur morfologinya. Pewarnaan jamur untuk identifikasi secara mikroskopis menggunakan pewarnaan *lactophenol cotton blue* (LPCB). Pewarnaan LPCB memiliki tiga komponen diantaranya: fenol yang akan membunuh organisme hidup, asam laktat yang mempertahankan struktur jamur dan kapas biru yang memberi warna pada kitin yang terletak di bagian dinding sel jamur (Leck, 1999).

2.9 Asam Organik pada Jamur

Asam organik merupakan senyawa yang bersifat organik dan memiliki derajat keasaman. Menurut Gunaedi & Margino (2011) asam organik ditentukan dari kondisi lingkungan pertumbuhan isolat meliputi derajat keasaman (pH), waktu inkubasi, suhu, konsentrasi substrat dan inokulum, dan agitasi. Pada penelitian ini isolat terduga *Aspergillus*, *Penicillium* dan *Rhizopus* mampu menghasilkan asam organik. Jamur, khususnya *Aspergillus* mampu menghasilkan beragam asam organik dalam jumlah banyak. Tabel 10 menampilkan jenis asam organik yang dihasilkan oleh jamur beserta pengaplikasiannya.

Tabel 2. Asam-asam Organik oleh Jamur

Jenis Asam	Organisme Penghasil	Aplikasi
Asam sitrat	<i>Aspergillus niger</i> <i>Yarrowia lipolytica</i>	Penambah rasa, antioksidan: penstabil warna/rasa, penetral rasa manis, penyangga pH
Asam glukonik	<i>Aspergillus niger</i>	Penambah rasa, pembersih permukaan metal dan gelas
Asam kojik	<i>Aspergillus flavus</i> <i>Aspergillus oryzae</i>	Prekursor dalam bahan tambahan pangan Pemutih kulit
Asam laktat	<i>Rhizopus oryzae</i>	Bahan tambahan pangan, polimer sintetik
Asam fumarat	<i>Rhizopus spp.</i>	Bahan tambahan pangan, polimer sintetik
Asam galat	<i>Aspergillus spp.</i>	Pewarnaan (dye)
Asam malat	<i>Aspergillus spp.</i> <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Bahan tambahan pangan Polimer sintetik

Sumber: Ruijter *et al.* (2002)

2.10 Metabolisme Sekunder Jamur

Metabolisme sekunder merupakan produk metabolisme dengan massa molekul rendah, biasanya diproduksi selama fase pertumbuhan akhir (idiofase) mikroorganisme. Dalam penelitian ini isolat terduga *Aspergillus*, *Penicillium* dan *Rhizopus* mampu melakukan metabolisme sekunder. Umumnya, metabolisme sekunder tidak berperan penting dalam pertumbuhan namun berperan penting dalam beragam fungsi keberlangsungan hidup di alam. Metabolisme sekunder dapat dimanfaatkan dalam dunia medis seperti antibiotik, agen anti-tumor, obat penurun kolesterol, herbisida, fungisida pertanian, bio-insektisida, dan lain-lain (Sanchez & Demain, 2011).

Pemanfaatan metabolisme sekunder sebagai antibiotik telah banyak diterapkan. Suwandi (2009) menyebutkan, jamur dapat menghasilkan antibiotik dan telah ditemukan sebanyak 800 jenis antibiotik yang berbeda. Antibiotik penisilin dan griseofulvin dihasilkan oleh jamur *Penicillium*, sefalosporin dihasilkan oleh jamur *Cephalosporium*, fumigasin dihasilkan oleh *Aspergillus*, chaetomin dihasilkan oleh jamur *Chaetomium*, javanisin dihasilkan oleh jamur *Fusarium*, dan gliotoksin dihasilkan oleh jamur *Trichoderma*.

2.11 Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian terdahulu mengenai isolasi jamur dalam mendegradasi plastik terlihat pada Tabel 2. Sebagian besar hasil penelitian tersebut mendapatkan jamur *Aspergillus sp.* dan *Penicillium sp.* sebagai pendegradasi plastik yang baik.

Tabel 3. Penelitian Terdahulu

No.	Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Hasil Penelitian
1	Adryan, A., Widyastuti, R., & Djajakirana, G. (2017)	Penelitian tersebut bertujuan untuk mencari tahu mengenai kemampuan mikroba tanah pada bagian rhizosfer <i>Aquilaria malaccensis</i> dalam mendegradasi pektin dan selulosa dengan metode isolasi bakteri dan fungi. Didapatkan sebanyak 26 isolat fungi dan 29 isolat bakteri, dimana didapatkan hasil positif dari 7 isolat fungi dan 6 isolat bakteri yang ditunjukkan oleh adanya zona bening di sekeliling koloni. Indeks pelarutan pektin dan selulosa paling baik berasal dari bakteri <i>Bacillus brevis</i> dan jamur genus <i>Helicoma</i>
2	Rohmah, U. M., Shovitri, M., & Kuswyasari, K. (2019)	Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan degradasi <i>Aspergillus terreus</i> (LM 1021) terhadap <i>polyethylene</i> pada suhu 25°C dan 35°C selama 20 hari pada media <i>Minimal Salt Medium</i> (MSM) yang telah ditambah potongan plastik. Didapatkan hasil bahwa biomassa paling tinggi ada pada pH 5 dengan suhu 25°C sebesar 65 mg. Persentase degradasi (ED) 3,25% pada suhu 25°C dan pH 6. Terjadi perubahan transmisi <i>peak</i> pada gugus CH, CH ₂ dan C=C yang menunjukkan

		adanya perubahan gugus fungsional/molekul kimianya berdasarkan hasil FTIR
3	Wardani, D.P.A. (2021)	Penelitian tersebut bertujuan untuk degradasi plastik LDPE dengan jamur yang diisolasi dari TPA Supit Urang. Hasil yang didapatkan adalah jamur <i>Aspergillus</i> yang memiliki kemampuan biodegradasi paling tinggi dengan berat kering yang berkurang 5,7% dalam waktu inkubasi 30 hari
4	Martina, A., Zuliani, A. (2021)	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan jamur dalam mendegradasi plastik LDPE. Jamur yang berpotensi mendegradasi polimer akan tumbuh pada media MSA dengan penambahan 0,1% w/v bubuk LDPE. Didapatkan hasil bahwa isolat dengan pertumbuhan terbesar adalah <i>Aspergillus fumigatus</i> KP 8,13 cm dan pertumbuhan terkecil oleh <i>Penicillium</i> PN4 1,22 cm pada inkubasi selama 3 hari
5	Khan <i>et al.</i> (2022)	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan degradasi oleh jamur yang berasal dari tanah TPA di Bhopal, India. Isolat <i>Penicillium citrinum</i> menghasilkan pertumbuhan tercepat. Dalam uji degradasi, isolat mampu menurunkan berat lembar LDPE dan enzim yang berperan didalamnya diantaranya lakase, lipase, esterase, dan manganese berdasarkan analisa spektrofotometri.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pengambilan *sample* dilakukan pada tanggal 8 Maret 2022 di TPA Piyungan, Desa Ngablak, Kecamatan Piyungan, Daerah Istimewa Yogyakarta. Waktu penelitian dimulai sejak Februari 2022 hingga Agustus 2022 di Laboratorium Mikrobiologi Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Sample* diambil sebanyak 3 titik dan setiap titik diambil kembali 3 titik yang berbeda setiap jarak 1 meter seperti yang terlihat pada Gambar 3. Koordinat tiap titik dapat dijabarkan pada Tabel 3.

Tabel 4. Koordinat *Sampling*

A			B			C		
A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3
7	7	7	7	7	7	7	7	7
52°16'S	52°15'S	52°15'S	52°16'S	52°15'S	52°15'S	52°13'S	52°14'S	52°14'S
110	110	110	110	110	110	110	110	110
25°46'E	25°46'E	25°46'E	25°46'E	25°46'E	25°46'E	25°46'E	25°46'E	25°46'E



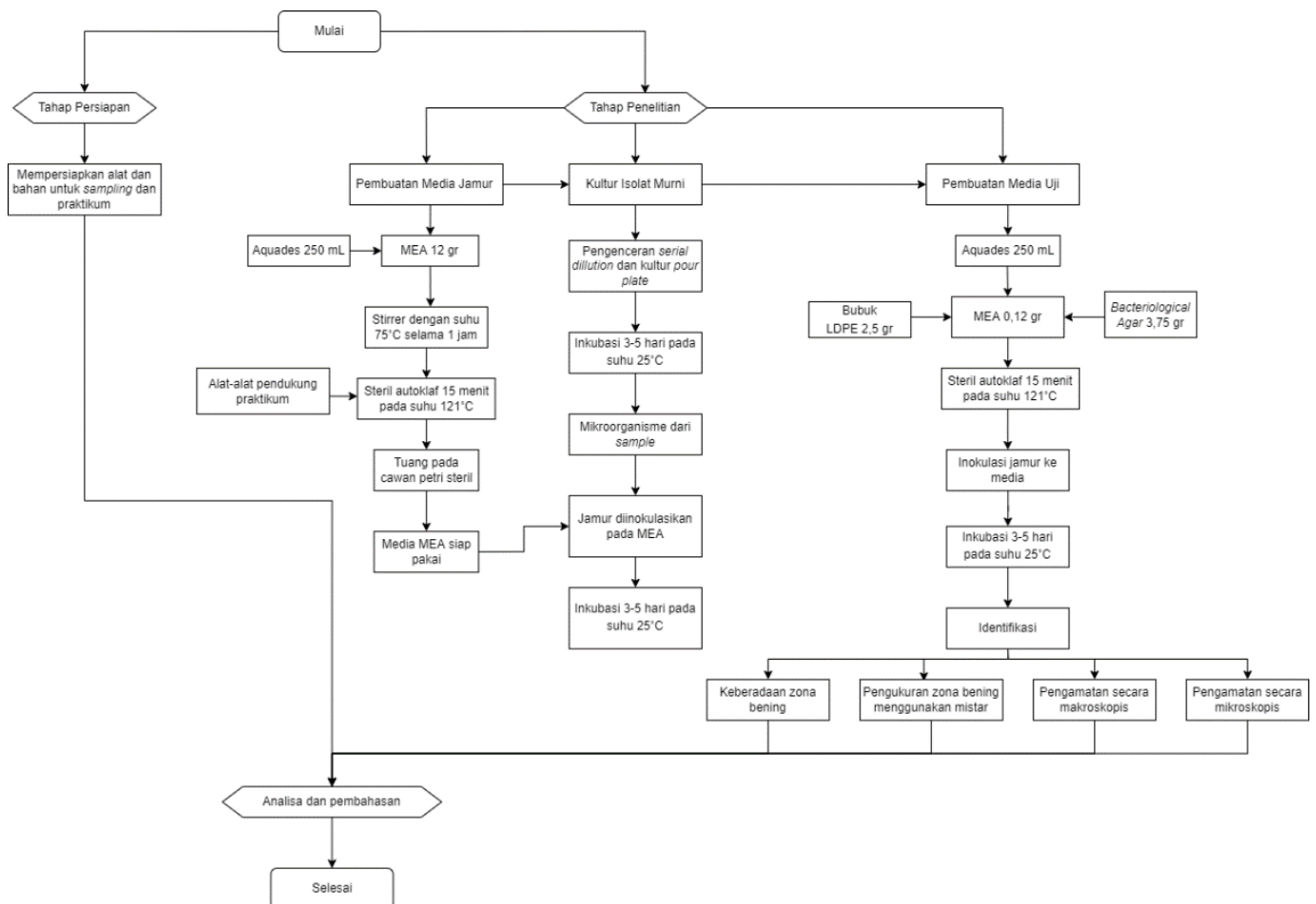
Gambar 3. Denah *Sampling* di TPA Piyungan

3.2 Alat dan Bahan

Pada pelaksanaan penelitian dibutuhkan alat dan bahan yang mendukung berjalannya proses penelitian. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian diantaranya sekop, penggaris 30 cm, plastik klip 1 kg, kertas label, GPS, masker, sarung tangan, kapas pembalut, *magnetic stirrer*, cawan petri, gelas beaker 250 mL, gelas ukur 100 mL, erlenmeyer 100 mL, erlenmeyer 250 mL, erlenmeyer 1000 mL, alkohol 70%, alkohol 95%, tabung reaksi, rak tabung reaksi, jarum ose, kaca prepare, *cover glass*, pembakar bunsen, pipet tetes, pipet tip, pipet ukur 10 mL, karet pipet, dan *scalpel*. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan meliputi *sample* tanah di TPA Piyungan, aquades, *malt extract agar* (MEA), *buffered peptone water* (BPW), *agar bacteriological* (agar no.1), bubuk plastik LDPE, *bromothymol blue* (BTB), dan *lactophenol cotton blue* (LPCB).

3.3 Tahapan Penelitian

Secara garis besar, tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

3.4 Metode Sampling

3.4.1 Penentuan Titik Sampling

Penelitian ini akan dilaksanakan di TPA Piyungan dengan titik pengambilan sampel berjumlah 3 titik. Penentuan titik-titik tersebut dilihat dan ditentukan dari peta satelit TPA Piyungan untuk memudahkan dalam menentukan titik-titik pengambilan sampel. Pertimbangan dalam menentukan titik-titik tersebut adalah tempat tersebut merupakan daerah yang dapat mewakili kondisi dari TPA Piyungan.

3.4.2 Pengambilan *Sample*

Metode yang digunakan saat pengambilan *sample* menggunakan teknik *grab sampling*. Teknik tersebut dilakukan dengan mengambil fragmen atau bagian berukuran besar dari suatu material seperti tumpukan yang mengandung mineralisasi secara acak tanpa seleksi yang khusus (Lestari *et al.*, 2018). Sampel tanah diambil pada tumpukan tanah dengan plastik yang telah terurai di sekitarnya. Awal mula pengambilan sampel tanah yaitu dengan membersihkan tanah dari rumput dan serasah kemudian gali dengan kedalaman 5 – 10 cm (Suganda, 2006). Sampel yang telah diperoleh kemudian disimpan dalam plastik klip berlabel kemudian disimpan dalam *cooler box* agar kualitas sampel tanah TPA Piyungan tetap terjaga.

3.5 Metode Inokulasi Jamur

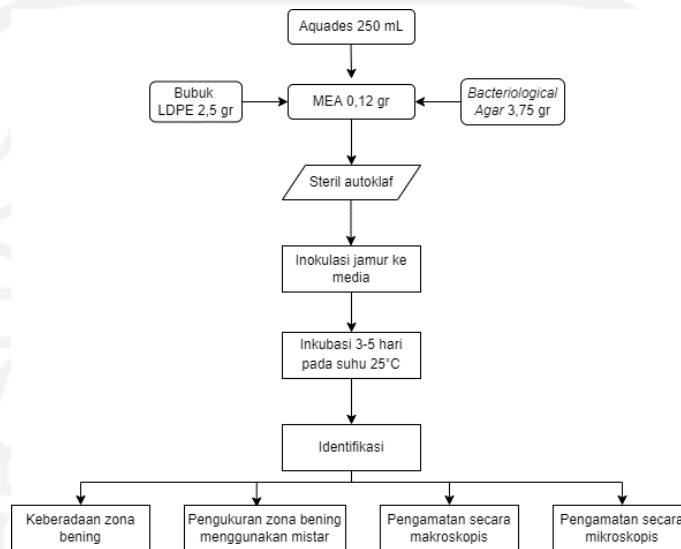
3.5.1 Pengenceran dan Inokulasi *Sample*

Sampel dari masing-masing titik di homogenkan dalam sebuah wadah. Setelah itu sebanyak 5 gram sampel dilarutkan dengan *buffered peptone water* (BPW) untuk menyangga pH dan memberikan nutrisi di bawah kondisi optimumnya. Larutan sampel diinokulasikan ke media menggunakan metode serial dilution (Dada, 2014) dan *pour plate* (Yastanto, 2020).

3.5.2 Media Pemurnian Isolat Jamur

Media yang digunakan sebagai tempat pertumbuhan jamur dalam penelitian ini yaitu *Malt Extract Agar* (MERCK, Jerman). MEA umumnya digunakan dalam proses isolasi ragi dan kapang dari sampel klinis dan berbagai sumber lingkungan. Pada tahun 1926, Thom dan Church merekomendasikan MEA dalam pertumbuhan kapang dan khamir/ragi karena mengandung karbon, protein, dan sumber nutrisi lainnya (Rheisa, 2021). Berdasarkan petunjuk yang tertera pada kemasan media, dalam 1000 mL air diperlukan MEA sebanyak 48 gram. Dalam penelitian ini dibutuhkan air sebanyak 300 mL sehingga MEA yang diperlukan sebesar 14,4 gram.

Larutan media kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* hingga homogen. Setelah itu media di steril dalam autoklaf bersuhu 121°C selama 30 menit – 1 jam. Media yang telah disteril didinginkan dalam *refrigerator*. Secara umum, penggambaran proses pembuatan media uji degradasi hingga identifikasi morfologi jamur pendegradasi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Bagan Alir Proses Uji Degradasi

3.5.2 Media Modifikasi Minim Nutrisi Ditambah Bubuk LDPE

Sebelum masuk ke dalam uji degradasi, media tempat tumbuh jamur dimodifikasi dalam keadaan minim nutrisi agar dapat terlihat kemampuan adaptasi jamur pada kondisi ekstrim. Sumber karbon pada media modifikasi berasal dari bubuk LDPE. Media modifikasi dibuat dengan takaran 0,048 gr MEA, 3,75 gr *agar bacteriological*, dan 1 gr bubuk LDPE. Semua bahan dilarutkan aquades sebanyak 250 mL kemudian di steril dalam autoklaf selama 15 menit pada suhu 121°C. Apabila jamur mampu tumbuh pada media modifikasi minim nutrisi, maka jamur terpilih akan ditargetkan sebagai pendegradasi. Penelitian-penelitian sebelumnya yang turut menggunakan media dengan bubuk plastik LDPE di steril dalam autoklaf telah dilaksanakan oleh Al Ikhsani (2021).

3.5.3 Media Uji Degradasi dengan Modifikasi Minim Nutrisi dengan LDPE dan *Bromothymol Blue* (BTB)

Pembuatan media uji degradasi dilakukan dengan cara yang sama seperti media modifikasi sebelumnya namun pada media uji degradasi akan ditambah larutan *bromothymol blue* (BTB). Apabila terjadi perubahan warna pada media selama degradasi maka hal itu menandakan adanya aktivitas enzim seperti lakase (Khalil *et al.*, 2016).

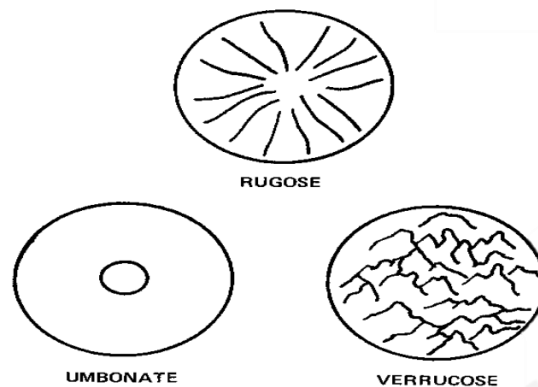
3.6 Pemilihan Jamur Sebagai Pendegradasi Berdasarkan Zona Bening

Isolat-isolat jamur di inokulasikan ke media modifikasi dengan BTB kemudian di inkubasi pada suhu 25°C. Berdasarkan pendapat Hankin & Anagnostakis (1975), zona bening di sekitar koloni jamur setelah 3 – 5 hari inkubasi pada suhu 25°C digunakan sebagai deteksi kualitatif diproduksinya enzim. Zona bening kemudian diukur menggunakan mistar dalam satuan sentimeter (mm). Dalam penelitian ini, batasan didapatkannya potensi jamur sebagai pendegradasi dilihat melalui zona bening di sekitar koloni.

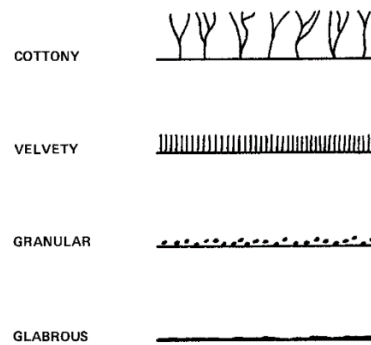
3.7 Identifikasi Morfologi Jamur

3.7.1 Identifikasi Makroskopis

Pemeriksaan makroskopis diamati secara langsung tanpa bantuan alat. Pengamatan dapat dilakukan pada hari ke 3 – 5 masa inkubasi atau saat isolat mulai tumbuh pada media. Hal-hal yang diamati meliputi pengamatan diameter koloni, warna (pigmentasi) yang dihasilkan, tekstur dan tampak permukaan (Gots *et al.*, 2003) dapat dilakukan secara langsung tanpa bantuan alat. Gambar 6 dan Gambar 7 merupakan kenampakan makroskopis dari jamur.



Gambar 6. Morfologi Tampak Atas
(Sumber: Chourasia, 2008)



Gambar 7. Tekstur Koloni
(Sumber: Chourasia, 2008)

3.7.2 Identifikasi Mikroskopis

Isolat jamur diidentifikasi menggunakan teknik standar *slide culture* dan pewarnaan *lactophenol cotton blue* (LPCB) (Pramila & Ramesh, 2011). Metode *slide culture* memiliki beberapa keunggulan yakni pemeriksaan dan identifikasi lebih cepat, tidak perlu membuang agar yang berasal dari cawan kultur, dan sedikit kemungkinan terjadinya kerusakan pada bantalan spora. Metode ini menggunakan alat kaca preparat, penahan kaca preparat, *cover glass* dan kapas. Media yang telah dipotong diletakkan pada kaca preparat kemudian jamur diambil menggunakan jarum dan digoreskan pada sekeliling media. Media kemudian ditutup kembali dengan *cover glass* dan

diletakkan dalam cawan petri yang telah diberi kapas dan penahan kaca preparat. Aquades steril kemudian dituang pada kapas agar memberi kelembapan pada jamur. Cawan petri ditutup dan dilapisi kertas kemudian diinkubasi 3 – 5 hari (Valencia & Meitiniarti, 2017). Jamur akan terlihat tumbuh di sekeliling agar dan identifikasi dapat dilakukan. Sebelum diidentifikasi pada perbesaran mikroskop 40X, *cover glass* dari *slide culture* ditetesi pewarna LPCB. Pewarna LPCB memiliki tiga komponen diantaranya: fenol yang akan membunuh organisme hidup, asam laktat yang mempertahankan struktur jamur dan kapas biru yang memberi warna pada kitin yang terletak di bagian dinding sel jamur (Leck, 1999).

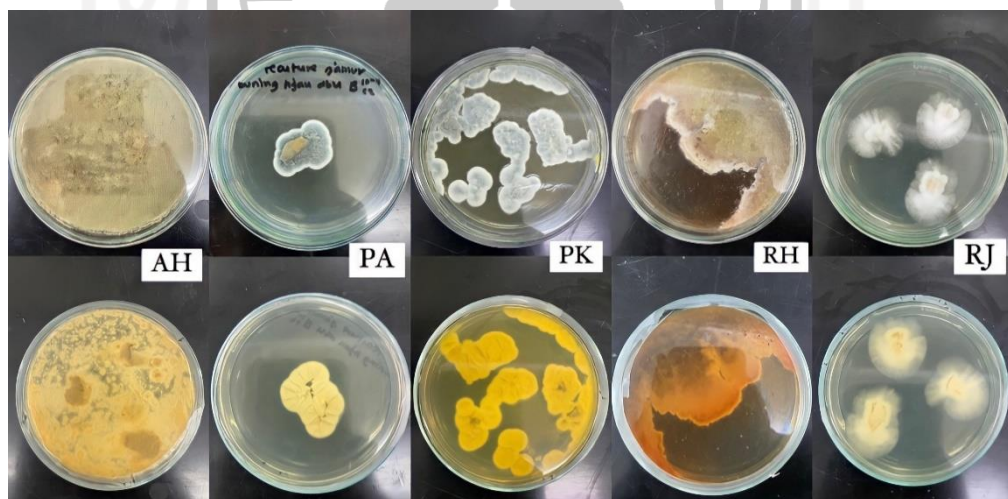


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Isolasi Jamur Dari Sampel Tanah TPA Piyungan

Jamur *indigenous* berhasil diisolasi dari sampel tanah TPA Piyungan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta. Sampel tanah yang diambil dari TPA Piyungan merupakan bagian tanah yang letaknya berada di bawah tumpukan sampah plastik. Kondisi tanah yang digunakan sebagai sampel telah tercampur oleh potongan plastik yang telah terurai menjadi bagian-bagian lebih kecil. Dari hasil pemurnian didapatkan 5 isolat jamur dengan penampakan makroskopis berbeda-beda. Isolat-isolat jamur tersebut kemudian dilabeli dengan kode AH, PA, PK, RH, dan RJ seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Isolat-isolat Hasil Pemurnian dari Sampel Tanah TPA Piyungan.
Diinkubasi pada suhu 25°C dengan media *Malt Extract Agar* (MEA)

Jamur mampu bertahan dalam kondisi lingkungan ekstrim TPA yang berlimbah. Senyawa organik dan anorganik dari plastik di tanah TPA sukar didegradasi karena memiliki struktur polimer yang kompleks. Meskipun begitu, jamur memanfaatkan kondisi tersebut sebagai upaya dalam memperoleh nutrisi untuk tumbuh (Wardani, 2021). Jamur memainkan peran penting dalam proses biodegradasi plastik. Jamur akan mengeluarkan beberapa jenis enzim pendegradasi seperti cutinase, lipase, protease, lignoselulotik, dan beberapa ion pro-oksidan yang

membantu proses degradasi menjadi lebih efektif. Oksidasi dan hidrolisis oleh enzim menciptakan gugus fungsi yang meningkatkan aktivitas hidrofilisitas polimer. Akibatnya, polimer dengan berat molekul tinggi diubah menjadi berat molekul rendah. Hal tersebut menyebabkan terjadinya degradasi plastik dalam beberapa hari (Srikanth *et al.*, 2022).

Jamur memerlukan nutrisi untuk hidup dan tumbuh. Jamur bersifat heterotrofik sehingga mengandalkan karbon yang diperoleh dari organisme lain untuk kebutuhan nutrisi dan metabolismenya. Kebergantungan jamur terhadap karbon sangat besar, sejalan dengan hasil penelitian Zhang & Elser (2017) yang menyatakan bahwa kandungan biomassa jamur berupa karbon dalam persen massa kering bervariasi dari 38 sampai 57%. Menurut Walker & White (2017), jamur menggunakan karbon sebagai sumber energi yang membangun struktur elemen sel dikombinasikan dengan hidrogen, oksigen, dan nitrogen.

Beberapa uji biodegradasi menggunakan jamur terhadap plastik telah dilakukan dalam skala laboratorium. Penelitian yang dilakukan oleh Priyanka & Archana (2011) dan Kathiresan (2003) telah membuktikan bahwa proses biodegradasi dalam kondisi lingkungan terkontrol di laboratorium menghasilkan proses biodegradasi yang lebih baik dibandingkan dengan proses biodegradasi yang terjadi di lingkungan alaminya. Sebagian besar media yang digunakan untuk tempat tumbuh jamur dalam uji biodegradasi plastik di laboratorium hanya mengandung sedikit nutrisi untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme dan menggunakan *polyethylene* sebagai sumber karbon satu-satunya. Menurut Dsouza *et al.* (2021), dalam uji degradasi *low density polyethylene* (LDPE) di bawah kondisi laboratorium menggunakan jamur *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, dan *Aspergillus Oryzae* didapatkan hasil akhir kehilangan berat dari *polyethylene* paling besar sebanyak 26,15% selama 55 hari. Hilangnya berat tersebut dikarenakan adanya pemecahan kerangka karbon oleh enzim dari jamur. Resultan monomer dan oligomer kemudian digunakan oleh jamur sebagai sumber karbon. Selain itu Muhonja *et al.* (2018) juga meneliti potensi jamur dari TPA Dandora, Kenya sebagai pendegradasi *low density polyethylene* (LDPE). Dalam uji yang dilakukan

selama 16 minggu pada suhu 28°C di bawah kondisi laboratorium, didapatkan hasil bahwa jamur *Aspergillus oryzae* memiliki potensi pendegradasi paling baik dengan rata-rata penurunan berat sebesar 36,4±5,53%. Penelitian lain mengenai potensi jamur dari tanah TPA juga diteliti oleh Khan *et al.* (2022) terhadap bioremediasi LDPE. Jamur diambil dari sampel tanah TPA di Bhopal, India kemudian diisolasi dan didapatkan 16 isolat. Jamur *Penicillium citrinum* menunjukkan pertumbuhan koloni paling cepat dan mampu menurunkan berat lembaran LDPE tanpa perlakuan khusus sebesar 38,82±1,08%. Kemudian lembar LDPE ditambah asam nitrat dan besar biodegradasi bertambah menjadi 47,22±2,04%. Enzim-enzim yang berperan selama proses degradasi diantaranya enzim lakase, lipase, esterase dan mangan peroksidase berdasarkan hasil spektrofotometri. Sehingga, dalam penelitian ini uji kemampuan biodegradasi oleh jamur yang berasal dari tanah TPA Piyungan akan menggunakan bubuk plastik LDPE sebagai sumber karbon satu-satunya dalam media yang dimodifikasi dengan minim nutrisi.

4.2 Identifikasi Morfologi Jamur Secara Makroskopis dan Mikroskopis

Didapatkan sebanyak 5 (lima) isolat jamur yang berpotensi sebagai pendegradasi LDPE yang didasarkan pada adanya zona bening pada media yang telah dimodifikasi minim nutrisi. Isolat-isolat tersebut kemudian diidentifikasi berdasarkan morfologi secara makroskopis dan mikroskopis.

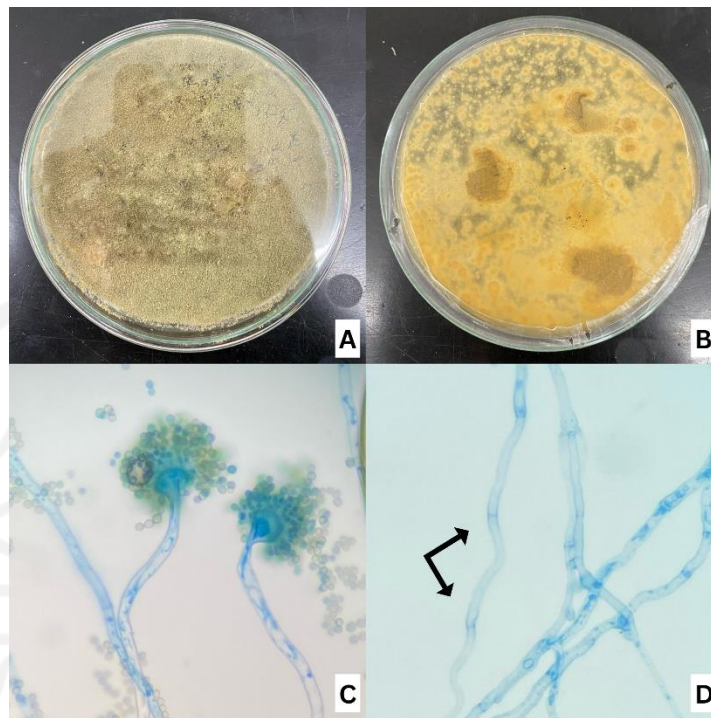
4.2.1 Isolat AH

Pengamatan isolat AH dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Hasil pengamatan tersaji pada Tabel 3. Ditinjau secara makroskopis, isolat AH memiliki tekstur granular dengan warna permukaan hijau dan bentuk koloni yang rata (*flat*). Karakter pertumbuhannya sangat cepat menyebar dibandingkan dengan isolat lain.

Tabel 5. Pengamatan Isolat AH Secara Makroskopis dan Mikroskopis

Karakter	Isolat AH
Tekstur	Seperti serbuk (<i>granular</i>)
Tampak atas	Berwarna hijau dengan pertumbuhan yang merata
Tampak belakang	Kuning
Bentuk	<i>Flat</i>
Hifa	Hifa bersekat, memiliki cabang
Dugaan Genus	<i>Aspergillus</i>

Terdapat kesamaan morfologi antara isolat AH dengan ciri-ciri morfologi jamur *Aspergillus sp.* dalam penelitian Zulkifli & Zakaria (2017) yang menggunakan media *Malt Extract Agar* (MEA) sebagai media tumbuh jamur selama 5 hari masa inkubasi pada suhu 27°C. Kesamaan tersebut diantaranya koloni berwarna hijau kekuningan sampai hijau zaitun, rapat dan padat, kepala konidia berbentuk tunggal (*uniseriate*), dan struktur konidia yang bersusun. Penelitian lain yang berfokus pada jamur *Aspergillus sp.* menggunakan media tumbuh *Malt Extract Agar* (MEA) dilakukan oleh Diba *et al.* (2007). Dalam penelitian tersebut disebutkan karakteristik mikroskopis dari terduga *Aspergillus* diantaranya permukaannya halus, dan bentuk vesikula tunggal (*uniseriate*). Isolat AH secara makroskopis dan mikroskopis dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Penampakan Isolat AH Secara Makroskopis dan Mikroskopis. (A) Tampak depan (B) Tampak belakang (C) Perbesaran mikroskop 40X (D) Hifa

Pengamatan mikroskopis isolat AH menggunakan perbesaran lensa 40X. Isolat AH memiliki karakter pertumbuhan yang cepat menyebar seperti yang terlihat pada Gambar 9 huruf A, dimana koloni isolat menutupi keseluruhan petri. Ada sekat yang terlihat pada hifa yang merupakan ciri umum dari terduga *Aspergillus* serupa dengan hasil penelitian oleh Moreno-Sánchez (2016) dan Lamps (2009).

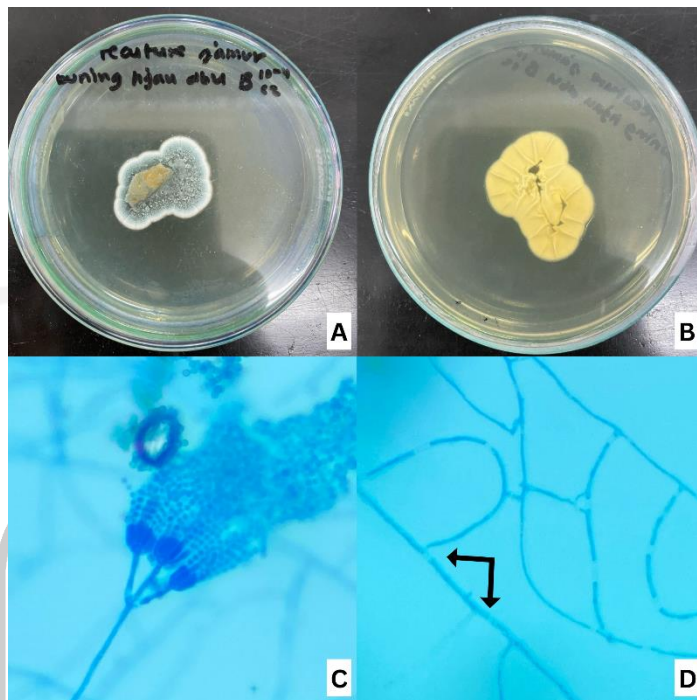
4.2.2 Isolat PA

Pengamatan isolat PA dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Hasil pengamatan tersaji pada Tabel 4. Ditinjau secara makroskopis, isolat PA memiliki tekstur *velvety* dengan warna permukaan abu kebiruan dan bentuk koloni yang berkerut (*rugose*). Karakter pertumbuhannya tidak cepat dan berpusat di titik kultur.

Tabel 6. Pengamatan Isolat PA Secara Makroskopis dan Mikroskopis

Karakter	Isolat PA
Tekstur	Beludru (<i>velvetly</i>)
Tampak atas	Berwarna abu-abu kebiruan dengan tepi berwarna putih
Tampak belakang	Kuning
Bentuk	<i>Rugose</i>
Hifa	Bersekat, memiliki cabang
Dugaan Genus	<i>Penicillium</i>

Terdapat kesamaan morfologi antara isolat PA dengan ciri-ciri morfologi jamur *Penicillium sp.* dalam penelitian Kim *et al.* (2007) yang menumbuhkan koloni pada media *Malt Extract Agar* (MEA) selama 7 hari pada suhu 25°C, diantaranya berwarna abu kebiruan pada tepi (*margin*) koloni, sisi balik berwarna coklat pucat kekuningan, dan *velutinous* atau nama lain dari *velvetly* (beludru). Isolat PA secara makroskopis dan mikroskopis dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Penampakan Isolat PA Secara Makroskopis dan Mikroskopis. (A) Tampak depan (B) Tampak belakang (C) Perbesaran Mikroskop 40X (D) Hifa

Pengamatan mikroskopis isolat PA menggunakan perbesaran lensa 40X. Terdapat banyak kesamaan morfologi isolat PA apabila dibandingkan dengan hasil pengamatan oleh Langlois *et al.* (2014), Noman *et al.* (2018) dan Seydametova & Zainol (2021) mengenai morfologi mikroskopik dari jamur *Penicillium sp.*. Beberapa kesamaan ciri morfologi mikroskopis isolat PA diantaranya konidiofor berukuran panjang dan bercabang serta memiliki hifa yang bersekat dan bercabang.

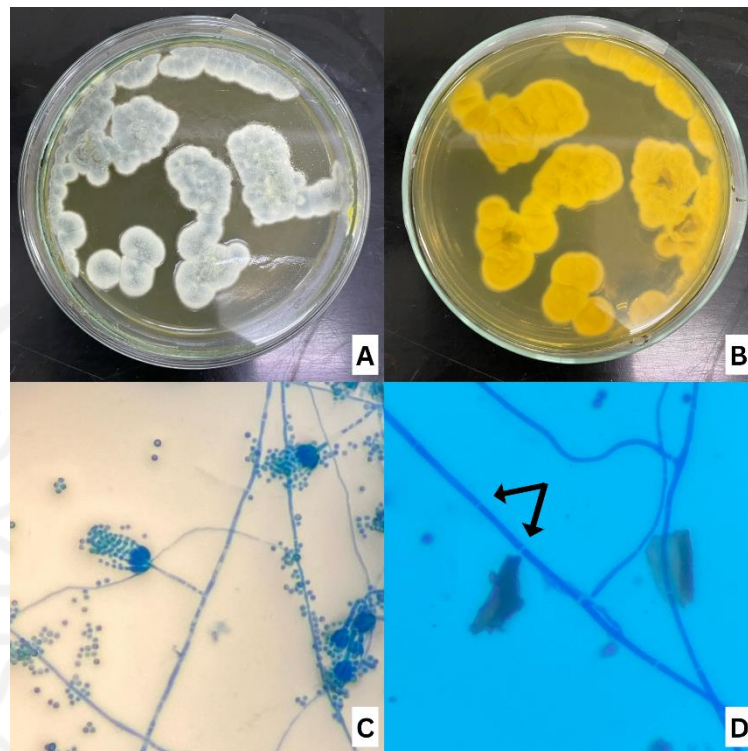
4.2.3 Isolat PK

Pengamatan isolat PK dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Hasil pengamatan tersaji pada Tabel 5. Ditinjau secara makroskopis, isolat PK memiliki tekstur beludru (*velvetly*) dengan warna abu-abu dengan pertumbuhan awal tepi berwarna putih kemudian berubah menjadi kuning bentuk koloni berkeriput (*rugose*). Karakter pertumbuhannya cepat menyebar dibandingkan isolat PA.

Tabel 7. Pengamatan Isolat PK Secara Makroskopis dan Mikroskopis

Karakter	Isolat PK
Tekstur	Beludru (<i>velvetly</i>)
Tampak atas	Berwarna abu-abu dengan pertumbuhan awal tepi berwarna putih kemudian berubah menjadi kuning
Tampak belakang	Kuning
Bentuk	<i>Rugose</i>
Hifa	Bersekat, memiliki cabang
Dugaan Genus	<i>Penicillium</i>

Selama kultur, warna agar isolat PK berubah menjadi lebih kuning. Perubahan warna media agar menjadi kuning juga terjadi dalam penelitian Fleming (1929) saat menumbuhkan *Penicillium*. Kesamaan morfologi lain yang menguatkan isolat PK merupakan terduga jamur *Penicillium* dilihat dalam penelitian Rosa *et al.* (2020) diantaranya hifa bersekat dan konidiofor bercabang. Isolat PK secara makroskopis dan mikroskopis dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Penampakan Isolat PK Secara Makroskopis dan Mikroskopis. (A) Tampak depan (B) Tampak belakang (C) Perbesaran mikroskop 40X (D) Hifa

Pengamatan isolat PK secara mikroskopis menggunakan mikroskop dengan perbesaran lensa 40X. Terdapat kesamaan morfologi mikroskopis antara isolat PA dan PK sehingga kedua isolat tersebut merupakan terduga jamur *Penicillium*.

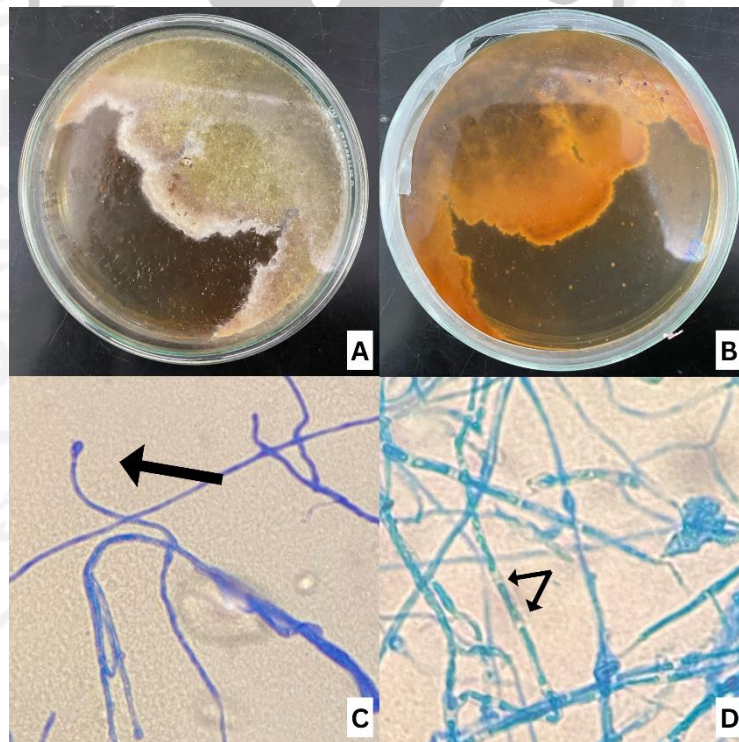
4.2.4 Isolat RH

Pengamatan isolat RH dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Hasil pengamatan tersaji pada Tabel 6. Ditinjau secara makroskopis, isolat RH memiliki tekstur *granular* dengan warna permukaan hijau dengan tepi berwarna putih dan bentuk koloni yang rata (*flat*). Karakter pertumbuhannya cepat menyebar.

Tabel 8. Pengamatan Isolat RH Secara Makroskopis dan Mikroskopis

Karakter	Isolat RH
Tekstur	Seperti serbuk (<i>granular</i>)
Tampak atas	Berwarna hijau dengan tepi berwarna putih
Tampak belakang	Oranye kemerahan
Bentuk	<i>Flat</i>
Hifa	Bersekat, memiliki cabang
Dugaan Genus	<i>Rhizopus</i>

Isolat RH secara makroskopis dan mikroskopis dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Penampakan Isolat RH Secara Makroskopis dan Mikroskopis. (A) Tampak depan (B) Tampak belakang (C) Perbesaran mikroskop 40X (D) Hifa

Penelitian lain yang menguatkan isolat RH merupakan terduga jamur *Rhizopus* yaitu adanya kesamaan morfologi mikroskopis dalam penelitian Ribes *et al.* (2000) dengan isolat RH, diantaranya terdapat stolon hialin yang lebar, rizoid berpigmen dan memiliki empat sampai delapan cabang, sporangiofor muncul secara tunggal maupun berkelompok dari stolon dengan panjang 750 – 2000 µm berbentuk bulat dan bertekstur seperti tepung. Isolat RJ memiliki hifa bersekat, sama seperti hasil penelitian yang didapatkan oleh Sulistiyono & Mahyuni (2019) dalam identifikasi jamur terduga *Rhizopus*.

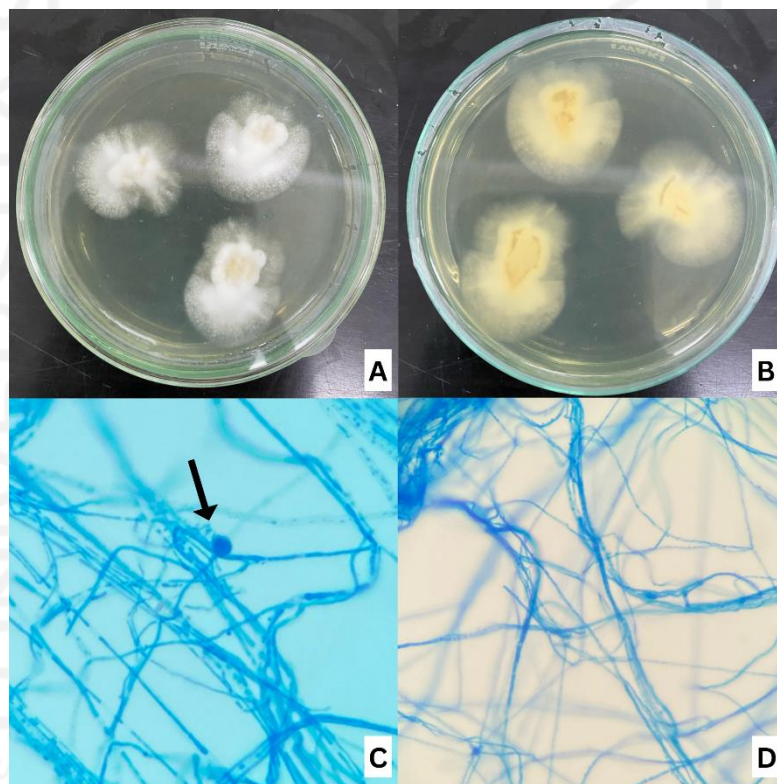
4.2.5 Isolat RJ

Pengamatan isolat RJ dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Hasil pengamatan tersaji pada Tabel 7. Ditinjau secara makroskopis, isolat RJ memiliki tekstur seperti kapas (*cottony*) dengan warna permukaan putih dan bentuk koloni *verrucose*. Karakter pertumbuhannya berfokus pada titik kultur namun miselium cepat menyebar.

Tabel 9. Pengamatan Isolat RJ Secara Makroskopis dan Mikroskopis

Karakter	Isolat RJ
Tekstur	Seperti kapas (<i>cottony</i>)
Tampak atas	Miselium berwarna putih dengan pertumbuhan tidak terlalu cepat dan tidak menyebar
Tampak belakang	Putih kekuningan
Bentuk	<i>Verrucose</i>
Hifa	Hifa tidak bersekat, memiliki cabang
Dugaan Genus	<i>Rhizopus</i>

Pengamatan isolat RJ secara makroskopis menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40X. Terdapat kesamaan morfologi antara isolat RJ dengan ciri morfologi jamur terduga *Rhizopus* dalam penelitian Sulistiyono & Mahyuni (2019) yang menggunakan media *Malt Extract Agar* (MEA) sebagai media identifikasi jamur endofit. Kesamaan tersebut diantaranya tekstur isolat seperti kapas tebal dan sporangium terletak di ujung hifa. Isolat RJ secara makroskopis dan mikroskopis dapat dilihat pada Gambar 13.

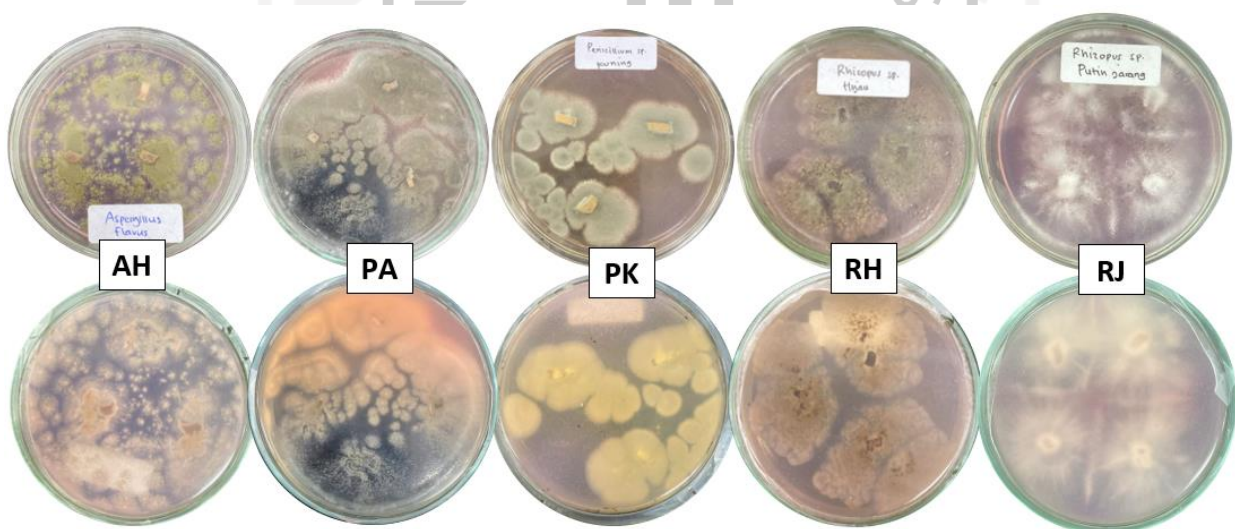


Mikroskopis. (A) Tampak depan (B) Tampak belakang (C) Perbesaran mikroskop 40X (D) Hifa

Hasil penelitian lain yang menguatkan bahwa isolat RJ merupakan terduga jamur *Rhizopus* berdasarkan ciri morfologinya dilakukan oleh Hidayatullah (2018) dan Moesanku *et al.* (2021). Kesamaan hasil pengamatan isolat secara makroskopis dan mikroskopis dengan isolat RJ diantaranya koloni berwarna putih, terdapat miselium, hifa bercabang dan tidak bersekat.

4.3 Kultur Isolat Jamur Pada Media Modifikasi Untuk Melihat Kemampuan Tumbuh Jamur Pada Kondisi Ekstrim

Jamur yang ditargetkan sebagai pendegradasi plastik berjumlah 5 (lima) isolat. Isolat-isolat tersebut kemudian dilihat kemampuan tumbuh dan adaptasinya pada media modifikasi. Media modifikasi dibuat dengan nutrisi yang minim untuk melihat kemampuan jamur dalam memanfaatkan plastik sebagai sumber nutrisi. Selama masa uji coba pada media modifikasi, isolat hanya dilihat sebatas kemampuan tumbuhnya pada media dengan minim nutrisi. Apabila isolat mampu tumbuh pada media modifikasi, maka isolat akan ditargetkan sebagai pendegradasi. Namun sebaliknya, apabila tidak mampu tumbuh pada media modifikasi maka isolat tidak akan dipilih sebagai target pendegradasi plastik. Dalam uji coba ini, semua isolat mampu tumbuh pada media modifikasi minim nutrisi sehingga semua isolat ditargetkan menjadi pendegradasi. Menurut Pramila & Ramesh (2011), jamur yang memiliki kemampuan tumbuh pada media yang diberikan LDPE menandakan jamur memiliki efisiensi lebih tinggi sebagai pendegradasi LDPE. Pada hari ke-1 setelah kultur, miselium tiap isolat mulai terlihat muncul dari potongan agar dan pada hari ke-6 isolat mulai membentuk koloni seperti yang terlihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Isolat-isolat yang Mampu Tumbuh Pada Media Modifikasi. Media mengandung 1% plastik LDPE. Gambar diambil pada hari ke-6 kultur

4.4 Pemilihan Isolat Jamur yang Mampu Menghasilkan Zona Bening (*Clear Zone*) Pada Media Modifikasi dengan *Bromothymol Blue* (BTB)

Uji coba pertumbuhan isolat jamur pada media modifikasi minim nutrisi mendapatkan hasil positif tumbuh oleh seluruh target isolat. Uji selanjutnya yaitu melakukan kultur tiap isolat pada media modifikasi yang telah ditambah larutan *bromothymol blue* (BTB). Penambahan larutan tersebut dimaksudkan agar mempermudah identifikasi apabila isolat mampu mendegradasi plastik pada media. Perubahan warna pada media oleh BTB sebagai indikator pH menunjukkan adanya aktivitas enzim pada media (Elsababty *et al.*, 2015). Warna kuning menunjukkan nuansa asam, hijau netral dan biru basa.

Eksresi enzim ekstraseluler dibutuhkan mikroorganisme untuk melakukan biodegradasi plastik (Mohanani *et al.*, 2020). Biodegradasi merupakan kemampuan dari mikroorganisme dalam mempengaruhi degradasi abiotik secara fisik, kimia, maupun enzimatik. Jamur akan menghasilkan biomassa yang lebih tinggi, memproduksi lebih banyak enzim lignolitik, dan melepaskan CO₂. Hal ini menunjukkan kemampuan isolat dalam memecah dan memakan LDPE (Ameen *et al.*, 2015). Dalam penelitian ini, adanya aktivitas enzim saat degradasi plastik ditandai dengan adanya zona bening (*clear zone*) di sekitar koloni, serupa dengan yang disebutkan Hankin & Anagnostakis (1975) bahwa zona bening di sekitar koloni jamur setelah 3 – 5 hari inkubasi pada suhu 25°C digunakan sebagai deteksi kualitatif diproduksinya enzim. Togheo *et al.* (2017) dan Faradila *et al.* (2020) juga menyebutkan, kehadiran zona bening sekitar koloni menyiratkan enzim pendegradasi (amilase dan lipase) yang dihasilkan oleh *strain* sedang disekresikan ke dalam media.

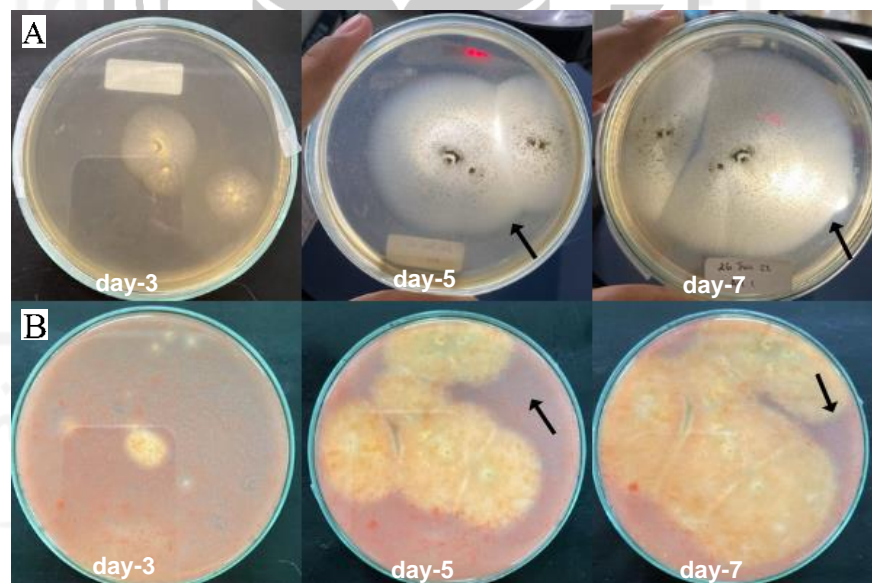
Tabel 10. Keberadaan Zona Bening Pada Tiap Isolat

Kode Isolat	Zona Bening
AH	+
PA	+
PK	+
RH	+
RJ	+

Uji degradasi dengan penambahan bubuk LDPE dibagi ke dalam 2 jenis media dengan konsentrasi berbeda. Media pertama mengandung 1% LDPE dan media kedua mengandung 5% LDPE. Pembagian dua jenis media tersebut dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh kemampuan jamur dalam mendegradasi plastik apabila dikultur pada media minim nutrisi dengan konsentrasi plastik yang berbeda. Zona bening pada media dengan konsentrasi LDPE 1% dan 5% berhasil dibentuk oleh semua isolat seperti yang tertera pada Tabel 8.

4.4.1 Uji Degradasi Oleh Isolat AH

Perlakuan isolat AH pada media minim nutrisi dengan konsentrasi plastik 1% dan 5% positif menghasilkan zona bening. Pada hari ke-3, 5 dan 7 pada media dengan 1% LDPE menghasilkan ukuran zona bening yang berturut-turut 3 mm, 2 mm dan 1 mm. Sedangkan pada hari ke-3, 5, dan 7 masa pengujian dengan media dengan 5% LDPE menghasilkan zona bening berturut-turut 1 mm, 1 mm dan 2 mm.



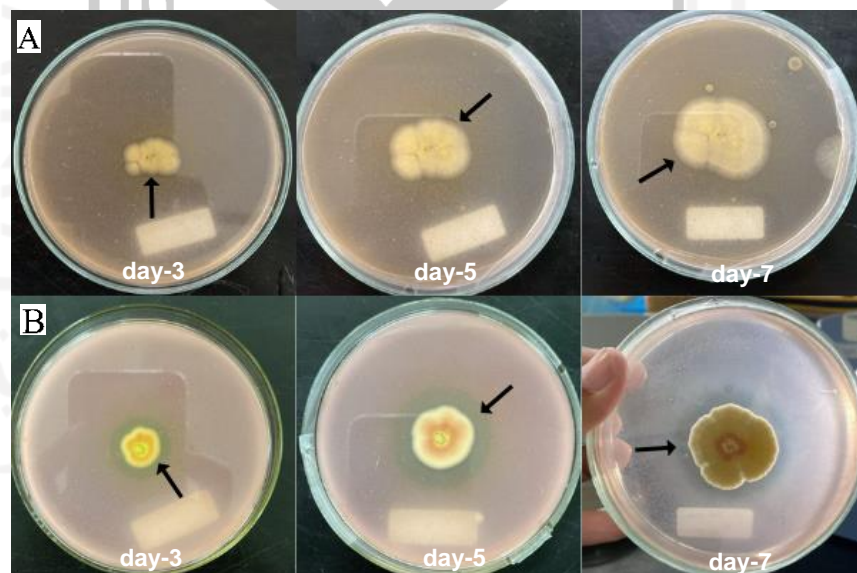
Gambar 15. Isolat AH pada Media Minim Nutrisi (A) Konsentrasi Plastik LDPE 1% dan (B) Konsentrasi Plastik LDPE 5%

Isolat AH diketahui merupakan jamur terduga *Aspergillus* berdasarkan perbandingan morfologi dengan penelitian sebelumnya. Kehadiran zona bening di sekitar isolat mengindikasikan adanya aktivitas enzim yang berlangsung (Rahim & Nasruddin, 2019) salah satunya berupa

enzim amilase (Saleem & Ebrahim, 2014). Beberapa penelitian lain yang turut menguatkan potensi terduga *Aspergillus* yang berasal dari TPA dapat mendegradasi plastik LDPE telah dilakukan oleh Gajendiran *et al.* (2016), Verma & Gupta (2019) dan Suharpina *et al.* (2021). Hasil penelitian-penelitian tersebut menunjukkan *Aspergillus sp.* mampu mendegradasi LDPE dengan merubah struktur fisik lembar LDPE yang menyebabkan penurunan berat kering, meregangnya struktur karbon (berdasarkan analisa FTIR), dan dihasilkannya CO₂ (berdasarkan analisa *strum test*).

4.4.2 Uji Degradasi Oleh Isolat PA dan PK

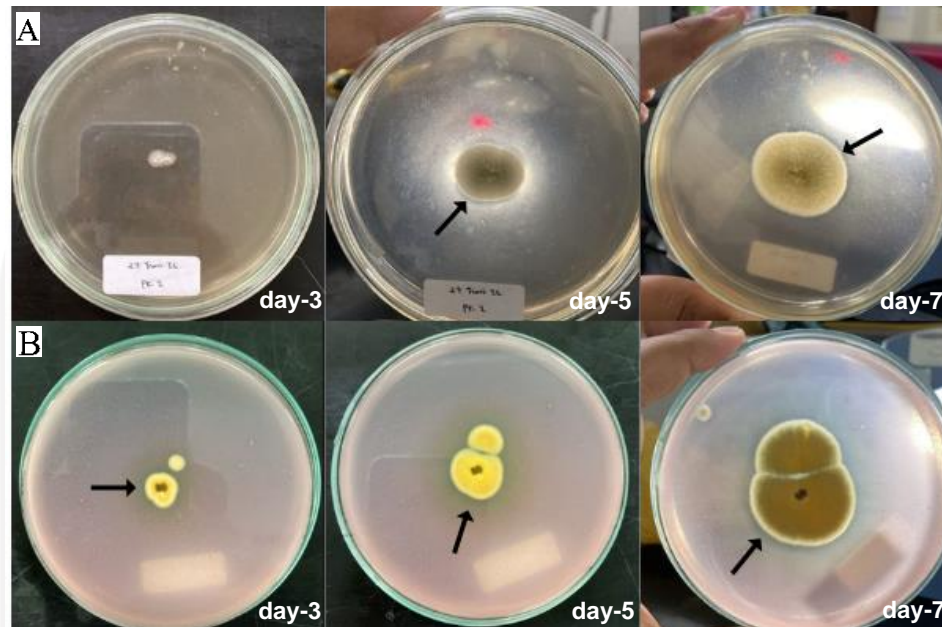
Perlakuan isolat PA dan PK pada media minim nutrisi dengan konsentrasi plastik 1% dan 5% menghasilkan zona bening. Isolat PA pada hari ke-3, 5 dan 7 di media dengan konsentrasi 1% plastik LDPE menghasilkan zona bening berturut-turut 0 mm, 1 mm dan 3 mm sedangkan pada konsentrasi 5% berturut-turut 10 mm, 10 mm dan 15,5 mm. Zona bening isolat PA dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Isolat PA pada Media Minim Nutrisi (A) Konsentrasi Plastik LDPE 1% dan (B) Konsentrasi Plastik LDPE 5%

Sedangkan pengamatan zona bening oleh isolat PK pada media dengan konsentrasi 1% plastik hari ke-3, 5 dan 7 berturut-turut 0 mm, 2 mm

dan 1 mm sedangkan pada konsentrasi 5% berturut-turut 6 mm, 14 mm dan 23 mm. Gambar 17 menampilkan zona bening oleh isolat PK.



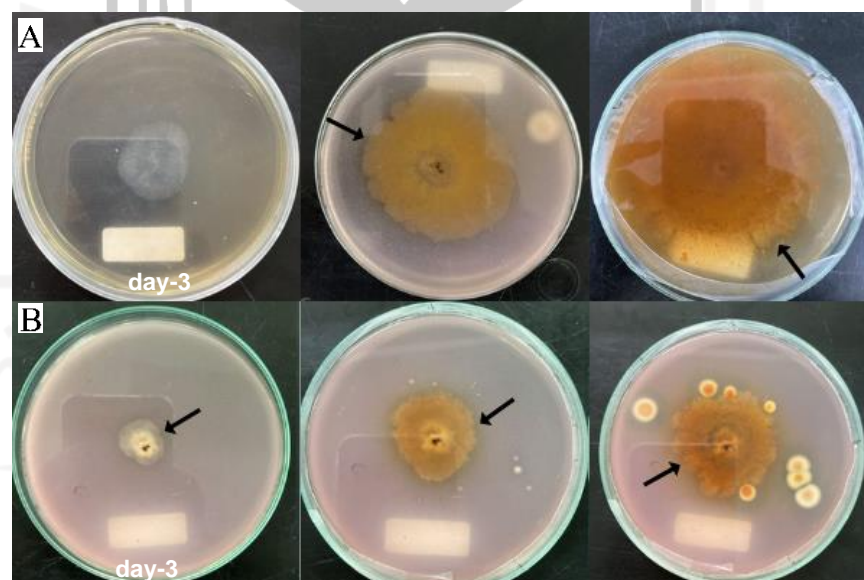
Gambar 17. Isolat PK pada Media Minim Nutrisi (A) Konsentrasi Plastik LDPE 1% dan (B) Konsentrasi Plastik LDPE 5%

Isolat PA dan PK diketahui merupakan jamur terduga *Penicillium*. Kehadiran zona bening di sekitar isolat mengindikasikan adanya aktivitas enzim yang berlangsung (Rahim & Nasruddin, 2019). Beberapa penelitian lain yang turut menguatkan potensi terduga *Penicillium* yang berasal dari TPA dapat mendegradasi plastik LDPE telah dilakukan oleh Khan *et al.* (2022) dan Sowmya *et al.* (2015). Hasil penelitian-penelitian tersebut menunjukkan *Penicillium sp.* mampu menghasilkan enzim yang mendegradasi hidrokarbon berdasarkan analisa FTIR dan *Penicillium simplicissimum* mampu mendegradasi *polyethylene* dengan perlakuan 38% lebih efektif dibanding *polyethylene* di autoklaf (16%) dan *polyethylene* dengan permukaan yang telah di steril sebelumnya (7,7%). Enzim yang berperan dalam degradasi yaitu lakase dan mangan peroksidase berdasarkan hasil spektrofotometri. Selama masa pengujian di laboratorium, isolat PA dan PK menghasilkan zona bening berwarna kuning. Hal tersebut mengindikasikan adanya proses degradasi yang menyebabkan suasana asam

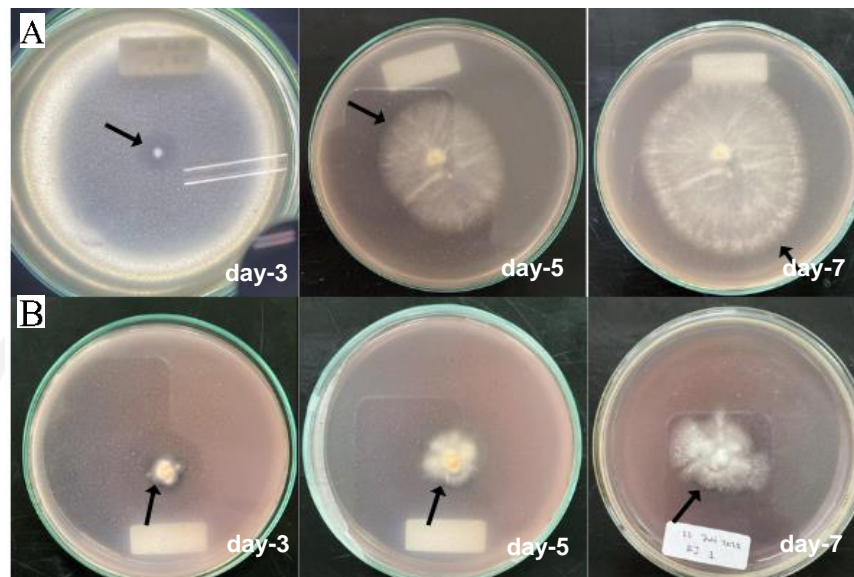
pada agar sehingga indikator *bromothymol blue* (BTB) berubah menjadi kuning.

4.4.2 Uji Degradasi Oleh Isolat RH dan RJ

Perlakuan isolat RH dan RJ pada media minim nutrisi dengan konsentrasi plastik 1% dan 5% menghasilkan zona bening. Gambar 18 menampilkan zona bening oleh isolat RH selama pengujian. Isolat RH pada media dengan konsentrasi 1% plastik LDPE hari ke-3, 5, dan 7 menghasilkan zona bening berturut-turut 0 mm, 3 mm dan 3 mm. Isolat RH pada media 5% hari ke-3, 5, dan 7 pengujian menghasilkan zona bening sebesar 3 mm, 5,5 mm dan 4 mm. Sedangkan untuk isolat RJ, pada media dengan konsentrasi 1% plastik LDPE diameter zona bening yang dihasilkan pada hari ke-3, 5, dan 7 masa pengujian menghasilkan zona bening berukuran 3 mm, 2 mm dan 2 mm. Sedangkan pada konsentrasi 5% berturut-turut berukuran 1 mm, 6 mm dan 3 mm. Gambar 19 menampilkan zona bening oleh isolat RJ.



Gambar 18. Isolat RH pada Media Minim Nutrisi (A) Konsentrasi Plastik LDPE 1% dan (B) Konsentrasi Plastik LDPE 5%



Gambar 19. Isolat RJ pada Media Minim Nutrisi (A) Konsentrasi Plastik LDPE 1% dan (B) Konsentrasi Plastik LDPE 5%

Isolat RH dan RJ diketahui merupakan jamur terduga *Rhizopus*. Kehadiran zona bening di sekitar isolat mengindikasikan adanya aktivitas enzim yang berlangsung (Rahim & Nasruddin, 2019). Beberapa enzim yang berperan dalam mendegradasi plastik diantaranya yaitu lipase yang dihasilkan oleh *R. delemer* yang mampu mendegradasi 53% lembar poliester tipe-poliuretan (ES-PU) setelah 24 jam (Tokiwa *et al.*, 2009) dan enzim protease oleh *Rhizopus* (Souza *et al.*, 2015). Penelitian mengenai potensi terduga *Rhizopus* yang berasal dari TPA dapat mendegradasi plastik LDPE telah dilakukan oleh Harrat *et al.* (2022) yang menunjukkan *Rhizopus sp.* mampu menurunkan berat plastik sebesar 20%. Selain itu penelitian lain mengenai degradasi *polyethylene* dengan *Rhizopus sp.* dilakukan oleh Awasthi *et al.* (2017), hasil yang didapatkan diantaranya penurunan berat sekitar $8,4 \pm 3\%$ berdasarkan analisa gravimetri, pengurangan kekuatan tarik *polyethylene* sebesar 60% dan adanya hifa yang menetrasi dan mendegradasi permukaan *polyethylene* berdasarkan analisa mikroskop elektron.

4.5 Peran Jamur Sebagai Pendegradasi LDPE

Penggunaan jamur berfilamen sebagai agen bioremediasi plastik dapat membantu memecahkan masalah kompleksitas biodegradasi terhadap plastik. Kompleksitas proses biodegradasi terhadap plastik disebabkan oleh sifat kimia dan fisiknya, seperti berat molekul yang tinggi, hidrofobisitas dan ketidaklarutannya (Wei & Zimmermann, 2017). Jamur memiliki hifa apikal yang memungkinkan jamur mampu memperluas jaringan miselium ke berbagai jenis bahan (Daccò *et al.*, 2020). Kemampuan penetrasi oleh hifa berhubungan dengan sekresi eksoenzim dan hidrofobinitasnya yang menyebabkan meningkatnya adhesi jamur ke substrat hidrofobik yang dimiliki plastik (Sánchez, 2020). Selain itu, eksoenzim non-spesifik yang dimiliki jamur mampu memecah polimer plastik yang berbeda-beda (da Luz *et al.*, 2019). Dalam penelitian ini, didapatkan hasil ukuran diameter zona bening yang dihasilkan isolat pada media dengan 5% konsentrasi plastik lebih besar dibandingkan dengan zona bening pada media dengan 1% konsentrasi plastik. Roudlotus (2021) menyatakan, adanya aktivitas enzim ekstraseluler pada diameter zona bening paling besar mengindikasikan kemampuan isolat dalam memanfaatkan bubuk LDPE sebagai sumber karbon. Menurut Zhang *et al.* (2018), semakin besar zona bening yang dihasilkan maka efek biodegradasi plastik semakin baik. Selain itu penelitian ini juga mendapatkan semakin besar koloni yang terbentuk maka zona bening yang dihasilkan semakin kecil, sebaliknya apabila koloni yang terbentuk kecil maka zona bening yang terbentuk rata-rata berukuran besar. Hal ini disebabkan karena semakin besar konsentrasi ekstrak yang diberikan maka difusi juga semakin cepat yang menyebabkan meluasnya diameter zona hambat. Perbedaan tersebut sesuai dengan hasil penelitian Kumala & Indriani (2008) dan Mirqatul (2019). Sehingga, berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan urutan isolat-isolat dari TPA Piyungan yang berpotensi sebagai pendegradasi LDPE sesuai dengan urutan diameter zona bening yang dihasilkan yaitu PK>PA>RH>RJ>AH. Jamur terduga *Penicillium* memiliki kemampuan sebagai pendegradasi paling baik, diikuti terduga *Rhizopus* kemudian terduga *Aspergillus* dengan kemampuan paling kecil terhadap degradasi LDPE.

4.6 Alternatif Bioteknologi Jamur Sebagai Pendegradasi LDPE di Lapangan

Teknologi mikoremediasi memanfaatkan jamur sebagai agen penghilang kontaminan di lingkungan. Sejauh ini, implementasi degradasi LDPE menggunakan jamur hanya tersedia dalam skala laboratorium dan belum ditemukan adanya penerapan secara langsung di lapangan. Tantangan yang dihadapi untuk menumbuhkan jamur di lapangan diantaranya memastikan suhu, pH, dan kelembapan lingkungan sesuai dengan kadar tumbuh optimal jamur. Namun begitu, beberapa contoh penerapan jamur sebagai penghilang kontaminan diantaranya diterapkan dalam menghilangkan tumpahan minyak berbasis petroleum, penghilang radioaktif dan penghilang bakteri *coliform* dan *nutrients* pada daerah aliran sungai.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari dilaksanakannya penelitian ini diantaranya:

1. Uji potensi isolat jamur yang berasal dari TPA Piyungan sebagai pendegradasi terhadap bubuk *low density polyethylene* (LDPE) menghasilkan hasil positif oleh semua isolat berdasarkan keberadaan zona bening di sekitar isolat. Kehadiran zona bening yang dihasilkan pada tiap isolat selama masa uji mengindikasikan terjadinya aktivitas enzim. Isolat-isolat yang menjadi target pendegradasi teridentifikasi sebagai jamur terduga *Penicillium*, terduga *Rhizopus*, dan terduga *Aspergillus*.
2. Kemampuan paling baik dalam mendegradasi plastik dilihat dari besarnya zona bening. Urutan isolat berdasarkan diameter zona bening dari paling besar ke kecil yaitu PK>PA>RH>RJ>AH. Jamur terduga *Penicillium sp.* memiliki kemampuan paling baik sebagai pendegradasi, diikuti oleh terduga *Rhizopus sp.*, dan terduga *Aspergillus sp.* dengan kemampuan paling rendah.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan apabila penelitian ini dilanjut yaitu:

1. Penelitian selanjutnya diharapkan membahas lebih dalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi proses degradasi seperti jenis enzim-enzim yang berperan, kadar keasaman (pH) sebelum dan sesudah uji, serta uji molekular terhadap isolat jamur menggunakan analisa FTIR.
2. Penelitian ini telah melakukan uji potensi isolat dengan media yang ditambah bubuk LDPE. Diharapkan penelitian selanjutnya dapat meneliti lebih lanjut menggunakan lembar LDPE agar mengetahui potensi lebih jauh dari tiap isolat terhadap degradasi lembar LDPE.



"Halaman ini sengaja dikosongkan"

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, A. S., & Mohamed, F. A. (2015). Production and Evaluation of Liquid Hydrocarbon Fuel from Thermal Pyrolysis of Virgin Polyethylene Plastics. *Iraqi Journal of Chemical and Petroleum Engineering*, 16(1), 21-33.
- Adryan, A., Widyastuti, R., & Djajakirana, G. (2017). Isolasi Dan Identifikasi Mikroba Tanah Pendegradasi Selulosa Dan Pektin Dari Rhizosfer *Aquilaria Malaccensis* Isolation And Identification Of Cellulose And Pectin-Degrading Soil Microbes From Rhizosphere Of *Aquilaria Malaccensis*.
- Al Ikhsani, D. W. (2021). *Biodegradasi LDPE oleh bakteri dari tempat pemrosesan akhir Supit Urang dengan metode evolusi CO2* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Ameen, F., Moslem, M., Hadi, S., & Al-Sabri, A. E. (2015). Biodegradation of Low Density Polyethylene (LDPE) by Mangrove fungi from the red sea coast. *Progress in Rubber Plastics and Recycling Technology*, 31(2), 125-143.
- Amobonye, A., Bhagwat, P., Singh, S., & Pillai, S. (2021). Plastic biodegradation: frontline microbes and their enzymes. *Science of The Total Environment*, 759, 143536.
- Awasthi, S., Srivastava, N., Singh, T., Tiwary, D., & Mishra, P. K. (2017). Biodegradation of thermally treated low density polyethylene by fungus *Rhizopus oryzae* NS 5. *3 Biotech*, 7(1), 1-8.
- Bednařík, M., Mañas, D., Mañas, M., Mizera, A., & Řezníček, M. (2016). Effect of ionizing beta radiation on the mechanical properties of poly (ethylene) under thermal stress. In *MATEC Web of Conferences 20th International Conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2016)*. EDP Sciences.

- Brijwani, K., Rigdon, A., & Vadlani, P. V. (2010). Fungal laccases: production, function, and applications in food processing. *Enzyme Research*, 2010.
- Bungu, P. E., & Pasch, H. (2017). Comprehensive analysis of branched polyethylene: the multiple preparative fractionation concept. *Polymer Chemistry*, 8(31), 4565-4575.
- Chen, Y. P., Rekha, P.D., Arun, A.B., Shen, F.T., Lai, W.A., Young, C.C, 2006. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Applied Soil Ecology*, 34: 33-41
- Chiellini, E., & Solaro, R. (1996). Biodegradable polymeric materials. *Advanced Materials*, 8(4), 305-313.
- Chourasia Dr Ekta. (2008). Colony Morphology (macroscopic features). King Saud University.
- Daccò, C., Girometta, C., Asemoloye, M. D., Carpani, G., Picco, A. M., & Tosi, S. (2020). Key fungal degradation patterns, enzymes and their applications for the removal of aliphatic hydrocarbons in polluted soils: A review. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 147, 104866.
- Dada, E. O., & Aruwa, C. E. (2014). Microorganisms associated with urine contaminated soils around lecture theatres in Federal University of Technology, Akure, Nigeria. *International Journal of Applied Microbiology and Biotechnology Research*, 2(6), 79-85.
- da Luz, J. M. R., da Silva, M. D. C. S., dos Santos, L. F., & Kasuya, M. C. M. (2019). Plastics polymers degradation by fungi. In *Microorganisms* (pp. 261-270). London, UK: IntechOpen.
- Delfiyana, M., Umar, S., & Ginting, N. (2018). Isolation and Characteristics of Corn-Based Cellulolytic Fungi as Fibrous Feed Bioactivators. *Jurnal Peternakan Integratif*, 6(3).

- Diba, K., Kordbacheh, P., Mirhendi, S. H., Rezaie, S., & Mahmoudi, M. (2007). Identification of *Aspergillus* species using morphological characteristics. *Pakistan journal of medical sciences*, 23(6), 867.
- DSouza, G. C., Sheriff, R. S., Ullanat, V., Shrikrishna, A., Joshi, A. V., Hiremath, L., & Entoori, K. (2021). Fungal biodegradation of low-density polyethylene using consortium of *Aspergillus* species under controlled conditions. *Heliyon*, 7(5), e07008.
- Dwicania, E. (2019). *Biodegradasi Limbah Plastik Oleh Mikroorganisme*.
- Elsababty, Z., Ali, A. M., & Houbraken, J. (2015). Cellulolytic and pectinolytic enzymes of some selected heat resistant fungi. *J Microbiol Exp*, 2(2), 00042.
- Fachrul, M. F., & Rinanti, A. (2018). Bioremediasi Pencemar Mikroplastik Di Ekosistem Perairan Menggunakan Bakteri Indigenous. *Prosiding Seminar Nasional Kota Berkelanjutan, 2015*, 302–312.
- Faradila, S., Oetari, A., & Sjamsuridzal, W. (2020, June). Detection of tributyrin utilization by *Rhizopus azygosporus* UICC 539 at various temperatures. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2242, No. 1, p. 050003). AIP Publishing LLC.
- Fleming, A. (1929). On the antibacterial action of cultures of a penicillium, with special reference to their use in the isolation of *B. influenzae*. *British journal of experimental pathology*, 10(3), 226.
- Gajendiran, A., Krishnamoorthy, S., & Abraham, J. (2016). Microbial degradation of low-density polyethylene (LDPE) by *Aspergillus clavatus* strain JASK1 isolated from landfill soil. *3 Biotech*, 6(1), 1-6.
- Gots, R. E., Layton, N. J., & Pirages, S. W. (2003). Indoor health: background levels of fungi. *AIHA journal*, 64(4), 427-438.

- Gunaedi, T., & Margino, S. (2011). Kajian Mikroorganisme Penyebab Kemasaman Pada Tepung Sagu Basah Hasil Penyediaan Secara Tradisional (Doctoral Dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Hamid, S. H. (2000). *Handbook of polymer degradation*. CRC Press.
- Hankin, L., & Anagnostakis, S. L. (1975). The use of solid media for detection of enzyme production by fungi. *Mycologia*, 67(3), 597-607.
- Harms, H., Schlosser, D., & Wick, L. Y. (2011). Untapped potential: exploiting fungi in bioremediation of hazardous chemicals. *Nature Reviews Microbiology*, 9(3), 177-192.
- Harrat, R., Bourzam, G., Ouled-Haddar, H., & Soumati, B. (2022). In Vitro and Ex Situ Biodegradation of Low-Density Polyethylene by a *Rhizopus* sp. Strain Isolated from a Local Dumpsite in North-East Algeria: 10.32526/enrj/20/202200026. *Environment and Natural Resources Journal*, xx-xx.
- Hidayatullah, T. (2018). *Identifikasi Jamur Rhizopus Sp Dan Aspergillus Sp Pada Pada Roti Bakar Sebelum Dan Sesudah Dibakar Yang Dijual Di Alun-Alun Jombang* (Doctoral dissertation, STIKES Insan Cendekia Medika Jombang).
- Hynčák, L., Kochová, P., Špička, J., Bońkowski, T., Cimrman, R., Kaňáková, S., ... & Pašek, M. (2021). Identification of the LLDPE Constitutive Material Model for Energy Absorption in Impact Applications. *Polymers*, 13(10), 1537.
- Iiyoshi, Y., Tsutsumi, Y., Nishida, T., Chandra, R., Rustgi, R. 2014. Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences Biodegradation of Low Density Polyethylene by Micro- Organisms from Garbage Soil. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 3(2): 1–4.
- Islami, A. N. (2019). Biodegradasi Plastik oleh Mikroorganisme.

- Kathiresan, K. (2003) Polythene and Plastic-Degrading Microbes in an Indian Mangrove Soil. *Revista de Biologia Tropical*, 51, 629-633.
- Kershaw, M. J., & Talbot, N. J. (1998). Hydrophobins and repellents: proteins with fundamental roles in fungal morphogenesis. *Fungal Genetics and Biology*, 23(1), 18-33.
- Kim, W. K., Sang, H. K., Woo, S. K., Park, M. S., Paul, N. C., & Yu, S. H. (2007). Six species of *Penicillium* associated with blue mold of grape. *Mycobiology*, 35(4), 180-185.
- Khalil, N. M., Ali, M. I. A., Ouf, S. A., & Abd El-Ghany, M. N. (2016). Characterization of *Aspergillus flavus* NG 85 laccase and its dye decolorization efficiency. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 7(4), 829-817.
- Khan, S., Ali, S. A., & Ali, A. S. (2022). Biodegradation of low density polyethylene (LDPE) by mesophilic fungus '*Penicillium citrinum*' isolated from soils of plastic waste dump yard, Bhopal, India. *Environmental Technology*, 1-15.
- Kumala, Shirly, dan Dian Indriani. 2008. Efek Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Black Garlic. *Jurnal Farmasi Indonesia* , 4(2):82-86
- LAMPS, L. W. (2009). Infectious disorders of the GI tract. *Surgical Pathology of the GI Tract, Liver, Biliary Tract, and Pancreas*, 51.
- Langlois, D. K., Sutton, D. A., Swenson, C. L., Bailey, C. J., Wiederhold, N. P., Nelson, N. C., ... & Peterson, S. W. (2014). Clinical, morphological, and molecular characterization of *Penicillium canis* sp. nov., isolated from a dog with osteomyelitis. *Journal of clinical microbiology*, 52(7), 2447-2453.
- Lechuga, E. G. O., Zapata, I. Q., & Niño, K. A. (2016). Detection of extracellular enzymatic activity in microorganisms isolated from waste vegetable oil contaminated soil using plate methodologies. *African Journal of Biotechnology*, 15(11), 408-416.

- Leck, A. (1999). Preparation of lactophenol cotton blue slide mounts. *Community Eye Health*, 12(30), 24.
- Lehmann, A., Leifheit, E. F., Feng, L., Bergmann, J., Wulf, A., & Rillig, M. C. (2020). Microplastic Fiber And Drought Effects On Plants And Soil Are Only Slightly Modified By Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Soil Ecology Letters*, 1-13.
- Lestari, W., Ariyanti, N., Pandu, J., Saifuddin, F., Utama, W., Bahri, A. S., & Wijaya, I. P. K. (2018). Studi Kelayakan Perangkap Co₂ Berdasarkan Analisa Fisik Sedimen (Studi Kasus: Formasi Kabuh, Cekungan Jawa Timur Utara). *Iptek Journal Of Proceedings Series*, (2).
- Martina, A. Zuliani, A. (2021). Skrining Jamur Pendegradasi Plastik Low Density Polyethylene (LDPE). Universitas Riau.
- Mirqatul, M. (2019). *UJI DAYA HAMBAT EKSTRAK BLACK GARLIC TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI Eschericia coli* (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Mataram).
- Moensaku, E., Sine, Y., & Pardosi, L. (2021). Isolasi dan identifikasi kapang *Rhizopus* pada tempe kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.). *Jurnal Pendidikan Biologi undiksha*, 8(2), 61-69.
- Mohanan, N., Montazer, Z., Sharma, P. K., & Levin, D. B. (2020). Microbial and enzymatic degradation of synthetic plastics. *Frontiers in Microbiology*, 11, 580709.
- Moreno-Sánchez, M., Villanueva-Alcojol, L., González-García, R., Arias, J. M., & Monje, F. (2016). Intraorbital aspergilloma: a rare cause of orbital apex syndrome. *British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, 54(9), 1047-1048.
- 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), e0198446.

- Noman, E. A., HIDEYUKI, N., & KADIR, M. O. A. (2018). Phenotypic identification of *Penicillium* spp. isolated from clinical wastes based on microstructure characteristics. *Malaysian Journal of Microbiology*, 88-95.
- Pinedo-Rivilla, C., Aleu, J., & Collado, I. (2009). Pollutants Biodegradation By Fungi. *Current Organic Chemistry*, 13(12), 1194–1214.
- Pramila, R., & Ramesh, K. V. (2011). Biodegradation of low density polyethylene (LDPE) by fungi isolated from marine water a SEM analysis. *Afr J Microbiol Res*, 5(28), 5013-5018.
- Priyanka, N., & Archana, T. (2011). Biodegradability of polythene and plastic by the help of microorganism: a way for brighter future. *J Environ Anal Toxicol*, 1(4), 1000111.
- Rahim, I., & Nasruddin, A. (2019, May). The ability of rot fungi from cocoa plant in producing lignocellulosic enzymes. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 270, No. 1, p. 012037). IOP Publishing.
- Rheisa Mutiara Diarrukmi, R. M. D. (2021). *Efektivitas Hasil Pertumbuhan Jamur Aspergillus Flavus Pada Media Sda (Sabouraud Dextrose Agar) Dan Mea (Malt Extract Agar) Yang Dibandingkan Dengan Media Pda (Potato Dextrose Agar)* (Doctoral Dissertation, Poltekkes Kemenkes Yogyakarta).
- Ribes, J. A., Vanover-Sams, C. L., & Baker, D. J. (2000). Zygomycetes in human disease. *Clinical microbiology reviews*, 13(2), 236-301.
- Rohaeti, E. (2009). Karakterisasi Biodegradasi Polimer. *Prosiiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan Mipa*, 47, 248–257.
- Rohmah, U. M., Shovitri, M., & Kuswyasari, K. (2019). Degradasi Plastik Oleh Jamur *Aspergillus Terreus* (Lm 1021) Pada Ph 5 Dan Ph 6; Serta Suhu 25 Dan 35 Celcius. *Jurnal Sains Dan Seni Its*, 7(2), 5–10.
- Rosa, E., Ekowati, C. N., HANDAYANI, T. T., IKHSANUDIN, A., APRILIANI, F., & Arifiyanto, A. (2020). Characterization of entomopathogenic fungi as

- a natural biological control of American cockroaches (*Periplaneta americana*). *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(11).
- Roudlotus, S. (2021). *Isolasi dan identifikasi bakteri pendegradasi Low Density Polyethylene (LDPE) dari tempat pemrosesan akhir Supit Urang, Malang* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Ruijter, G. J. G., Kubicek, C. P., & Visser, J. (2002). Production of organic acids by fungi. In *Industrial Applications* (pp. 213-230). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Sanchez, S. Demain, A.L. (2011). *Comprehensive biotechnology*. Elsevier.
- Sánchez, C. (2020). Fungal potential for the degradation of petroleum-based polymers: An overview of macro-and microplastics biodegradation. *Biotechnology advances*, 40, 107501.
- Saleem, A., & Ebrahim, M. K. (2014). Production of amylase by fungi isolated from legume seeds collected in Almadinah Almunawwarah, Saudi Arabia. *Journal of taibah university for science*, 8(2), 90-97.
- Selke, S. E., & Hernandez, R. J. (2011). Packaging: polymers in flexible packaging. *Encyclopedia of Materials: Science and Technology*, 6652-6656.
- Sarker, Aniruddha. (2014). Phosphate solubilizing rhizobacteria in phosphorus nutrition of wheat. 10.13140/RG.2.1.4824.0162.
- Sen, S. K., & Raut, S. (2015). Microbial degradation of low density polyethylene (LDPE): A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3(1), 462-473.
- Seneviratne G, Tennakoon NS, Weerasekara MLMAW, Nanadasena KA (2006). LDPE biodegradation by a developed *Penicillium* – *Bacillus* biofilm. *Curr. Sci.*, 90: 20-21.

- Seydametova, E., & Zainol, N. (2021). Morphological, physiological, biochemical and molecular characterization of statin-producing *Penicillium* microfungi isolated from little-explored tropical ecosystems. *Current Research in Microbial Sciences*, 2, 100044.
- Shah, A. A., Hasan, F., Hameed, A., & Ahmed, S. (2008). Biological degradation of plastics: a comprehensive review. *Biotechnology advances*, 26(3), 246-265.
- Shivasharana, C. T., & Kesti, S. S. (2019). Physical and chemical characterization of low density polyethylene and high density polyethylene. *Journal of advanced Scientific research*, 10(03), 30-34.
- Souza, P. M. D., Bittencourt, M. L. D. A., Caprara, C. C., Freitas, M. D., Almeida, R. P. C. D., Silveira, D., ... & Magalhães, P. O. (2015). A biotechnology perspective of fungal proteases. *Brazilian Journal of Microbiology*, 46, 337-346.
- Srikanth, M., Sandeep, T. S. R. S., Sucharitha, K., & Godi, S. (2022). Biodegradation of plastic polymers by fungi: a brief review. *Bioresources and Bioprocessing*, 9(1), 1-10.
- Suganda, H., Rachman, A., & Sutono, S. (2006). Petunjuk Pengambilan Contoh Tanah. *Bogor: Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian*.
- Suharpina, S., Aziz, I. R., & Sugiharto, A. (2021). BIODEGRADASI PLASTIK LDPE OLEH *Aspergillus niger* DAN *Pleurotus* sp. *Teknosains: Media Informasi Sains dan Teknologi*, 15(3), 381-388.
- Sulistiyono, F. D., & Mahyuni, S. (2019). Isolasi Dan Identifikasi Jamur Endofit Pada Umbi Talas (*Colocasia esculenta* (L.) Schoot). *Jurnal Sains Natural*, 9(2), 66-70.
- Suwandi, U. 1989. Mikroorganisme Penghasil Antibiotik. *Cermin Dunia Kedokteran*. 58. 37-40.

- Sowmya, H. V., Krishnappa, M., & Thippeswamy, B. (2015). Degradation of polyethylene by *Penicillium simplicissimum* isolated from local dumpsite of Shivamogga district. *Environment, development and sustainability*, 17(4), 731-745.
- Toghueo, R. M. K., Iñigo Zabalgogea, BR Vázquez de Aldana, and F. F. Boyom. "Enzymatic activity of endophytic fungi from the medicinal plants *Terminalia catappa*, *Terminalia mantaly* and *Cananga odorata*." *South African Journal of Botany* 109 (2017): 146-153.
- Tokiwa, Y., Calabia, B. P., Ugwu, C. U., & Aiba, S. (2009). Biodegradability of plastics. *International journal of molecular sciences*, 10(9), 3722-3742.
- Thom, C. And M.B. Church. 1926. *The Aspergilli*. Williams & Wilkins Co., Baltimore, Md.
- Utami, I., & Liani, M. (2021). Identifikasi Mikroplastik Pada Air Sumur Gali Di Sekitar Tpa Piyungan Yogyakarta. *Jurnal Riset Daerah Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Bantul, Propinsi Diy*. 4003-4014.
- Valencia, P. E., & Meitiniarti, V. I. (2017). Isolasi dan karakterisasi jamur lignolitik serta perbandingan kemampuannya dalam biodelignifikasi. *Scripta Biologica*, 4(3), 169251.
- Verma, N., & Gupta, S. (2019). Assessment of LDPE degrading potential *Aspergillus* species isolated from municipal landfill sites of Agra. *SN Applied Sciences*, 1(7), 1-10.
- Walker, G. M., & White, N. A. (2017). Introduction to fungal physiology. *Fungi: biology and applications*, 1-35.
- Wardani, D. P. A. (2021). Isolasi dan identifikasi jamur pendegradasi low density polyethylene (LDPE) dari tempat pemrosesan akhir Supit Urang, Malang (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).

- Wei, R., & Zimmermann, W. (2017). Microbial enzymes for the recycling of recalcitrant petroleum-based plastics: how far are we?. *Microbial biotechnology*, 10(6), 1308-1322.
- Wijaya, B. A., Trihadiningrum, Y., Distribusi, K. K., & Sampling, A. M. (2019). Pencemaran Meso- Dan Mikroplastik Di Kali Surabaya Pada Segmen Driyorejo Hingga Karang Pilang. *Jurnal Teknik Its*, 8(2), 2–7.
- Yastanto, A. J. Karakteristik Pertumbuhan Jamur pada Media PDA dengan Metode Pour Plate. *Indonesian Journal of Laboratory*, 2(1), 33-39.
- Zhang, J., Chen, J., Jia, R., Dun, Z., Wang, B., Hu, X., & Wang, Y. (2018). Selection and evaluation of microorganisms for biodegradation of agricultural plastic film. *3 Biotech*, 8(7), 1-8.
- Zhang, J., & Elser, J. J. (2017). Carbon: nitrogen: phosphorus stoichiometry in fungi: a meta-analysis. *Frontiers in microbiology*, 8, 1281.
- Zulkifli, N. A., & Zakaria, L. (2017). Morphological and molecular diversity of *Aspergillus* from corn grain used as livestock feed. *HAYATI Journal of Biosciences*, 24(1), 26-34.

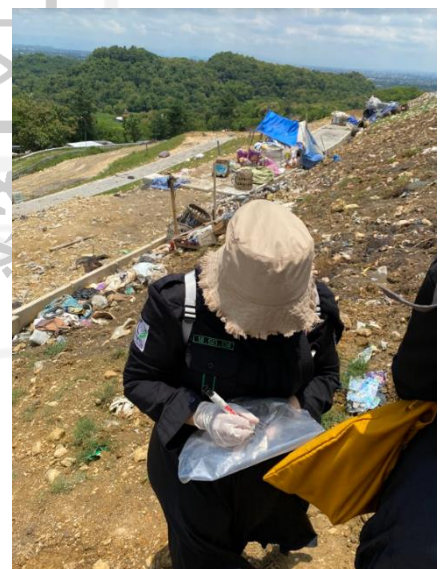


"Halaman ini sengaja dikosongkan"

LAMPIRAN

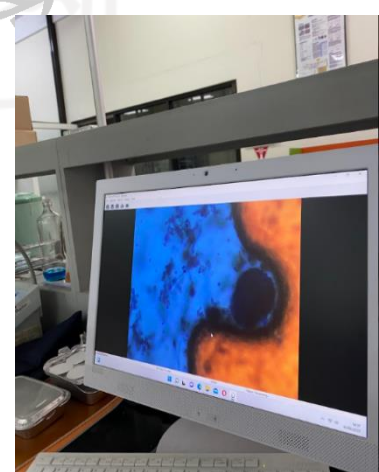
Lampiran 1. Dokumentasi *Sampling*

Gambar-gambar di bawah merupakan hasil dokumentasi saat pengambilan sampel di TPA Piyungan pada 08 Maret 2022.




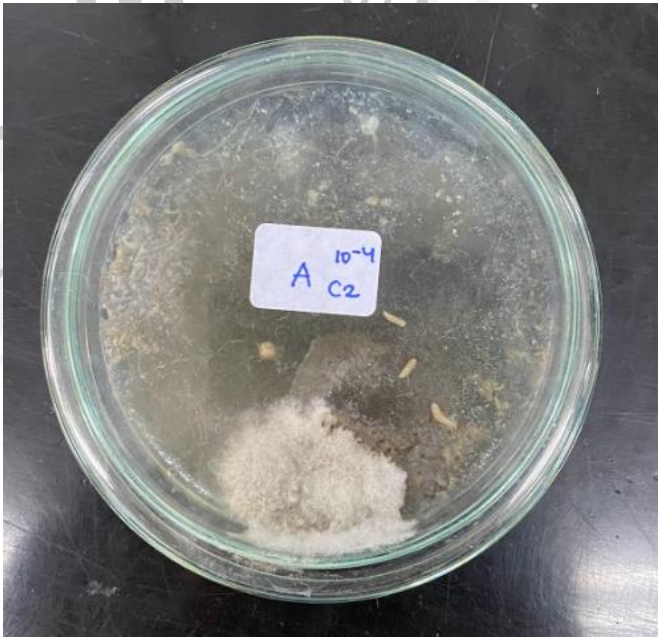
Lampiran 2. Dokumentasi di Laboratorium

Gambar-gambar di bawah merupakan hasil dokumentasi saat melakukan penelitian di laboratorium bioteknologi FTSP UII sejak Februari 2022.

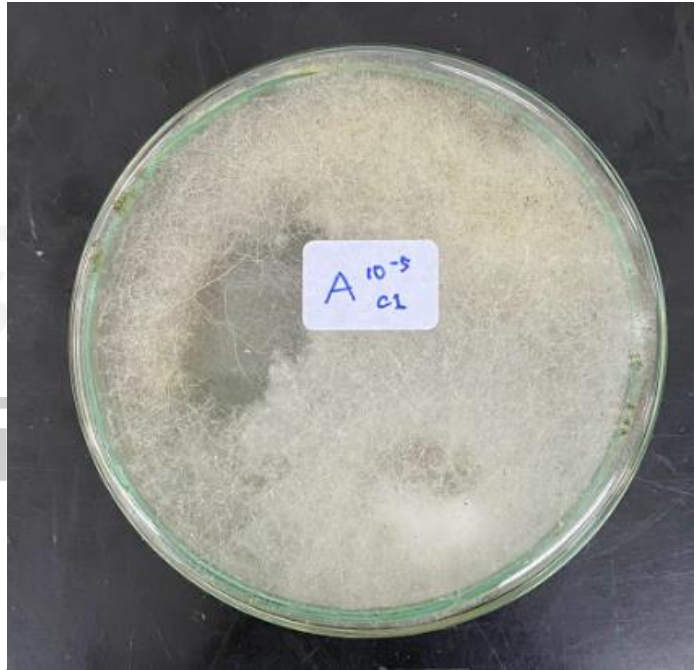


Lampiran 3. Hasil Kultur Pengenceran 10^{-4} – 10^{-7}

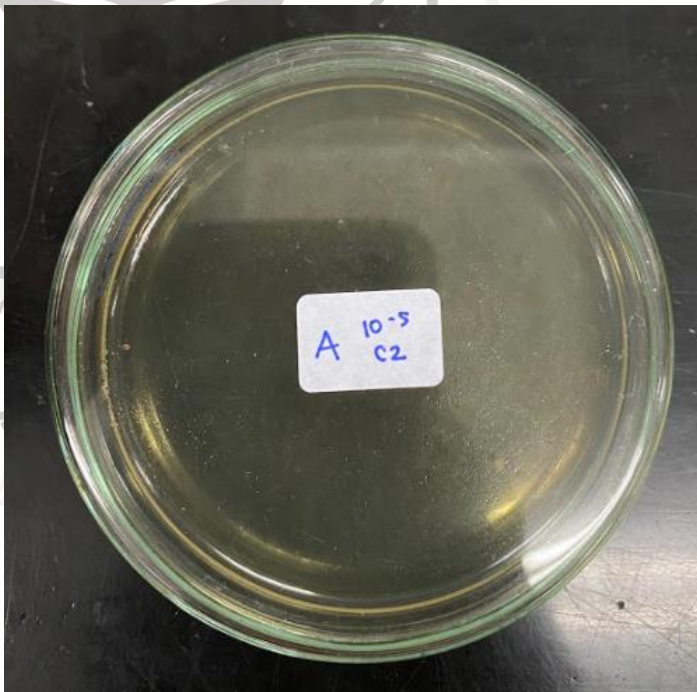
Gambar pada tabel merupakan hasil kultur pertama kali pada media MEA dari titik 1 (A), titik 2 (B) dan titik 3 (C).

A 10^{-4} C1	
A 10^{-4} C2	

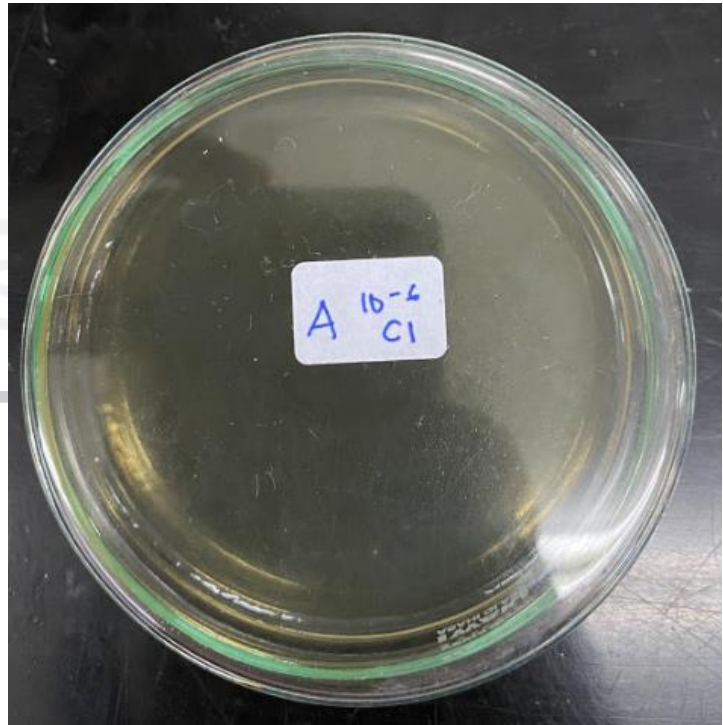
A 10^{-5} C1



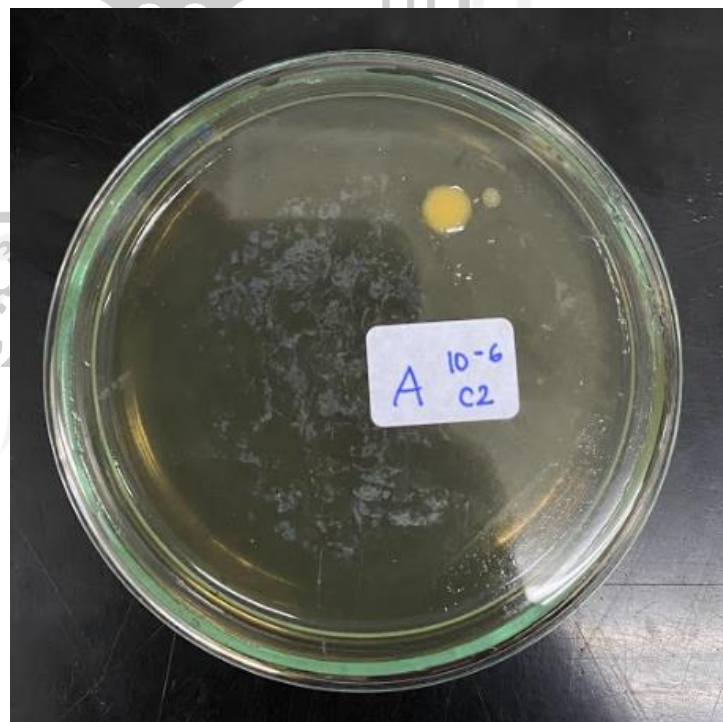
A 10^{-5} C2



A 10^{-6} C1



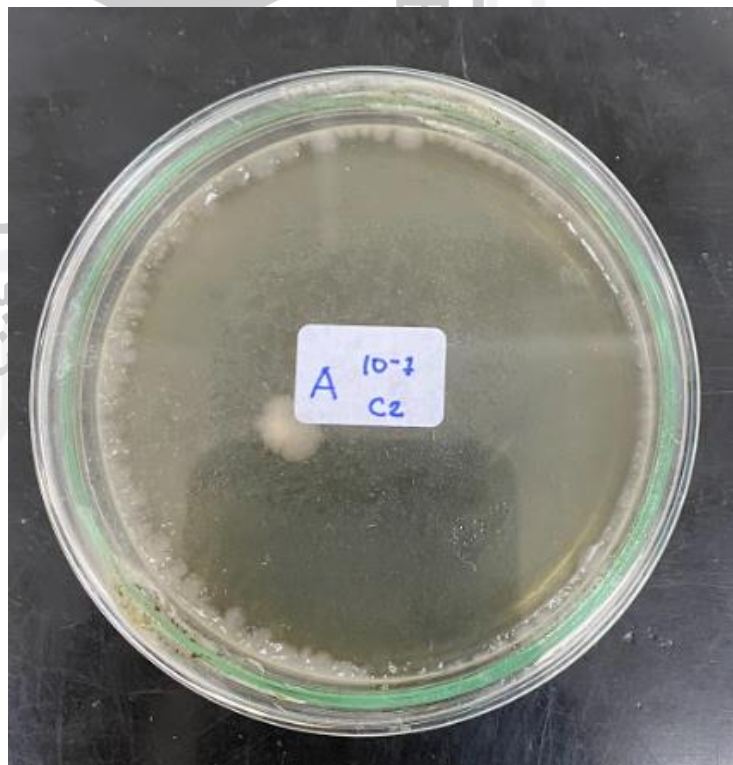
A 10^{-6} C2



A 10^{-7} C1



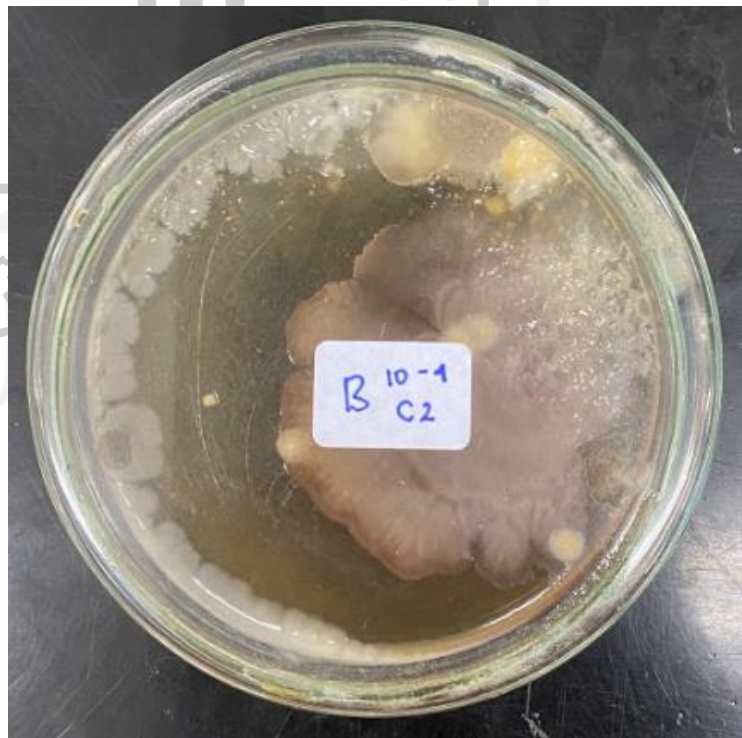
A 10^{-7} C2



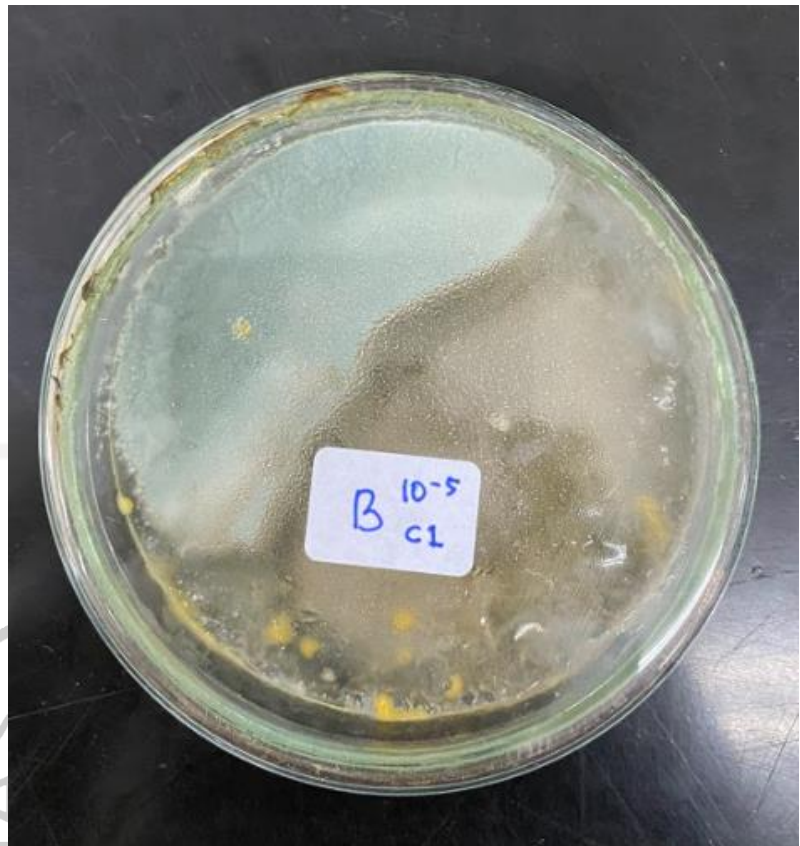
B 10^{-4} C1



B 10^{-4} C2



B 10^{-5} C1



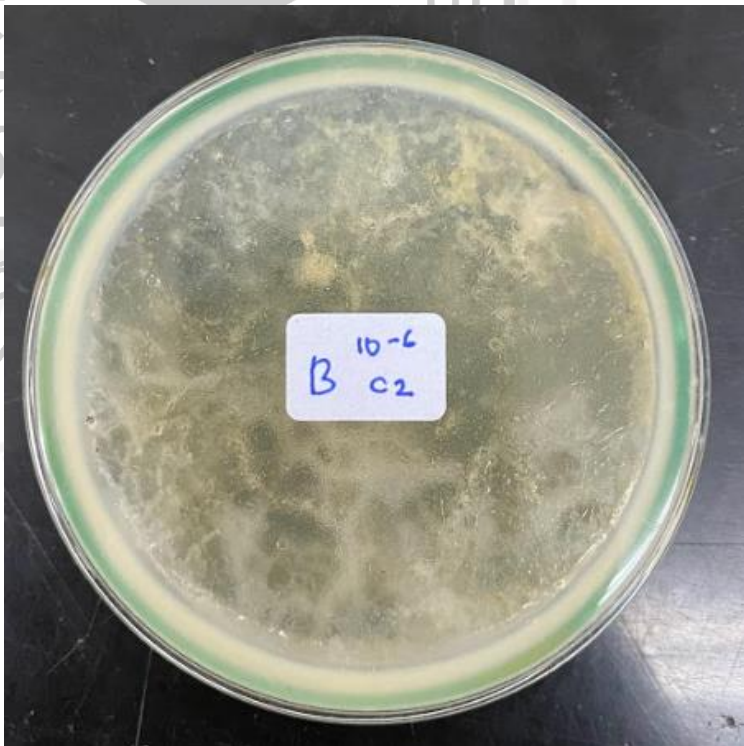
B 10^{-5} C2



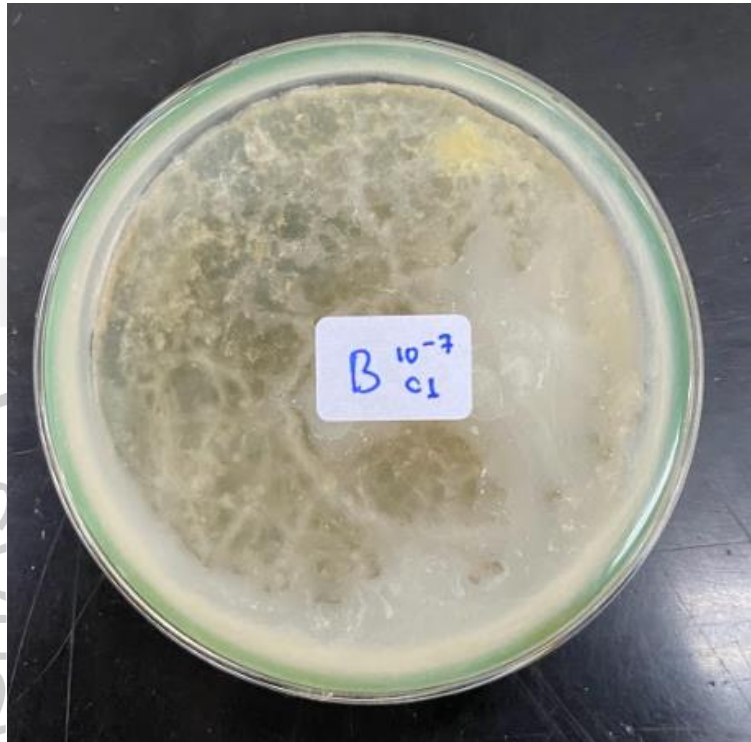
B 10^{-6} C1



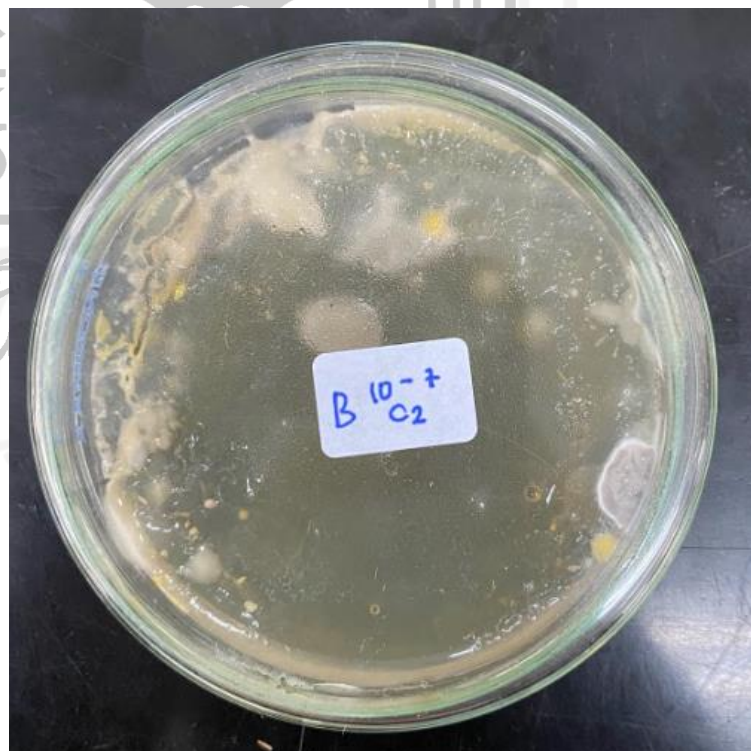
B 10^{-6} C2



B 10^{-7} C1



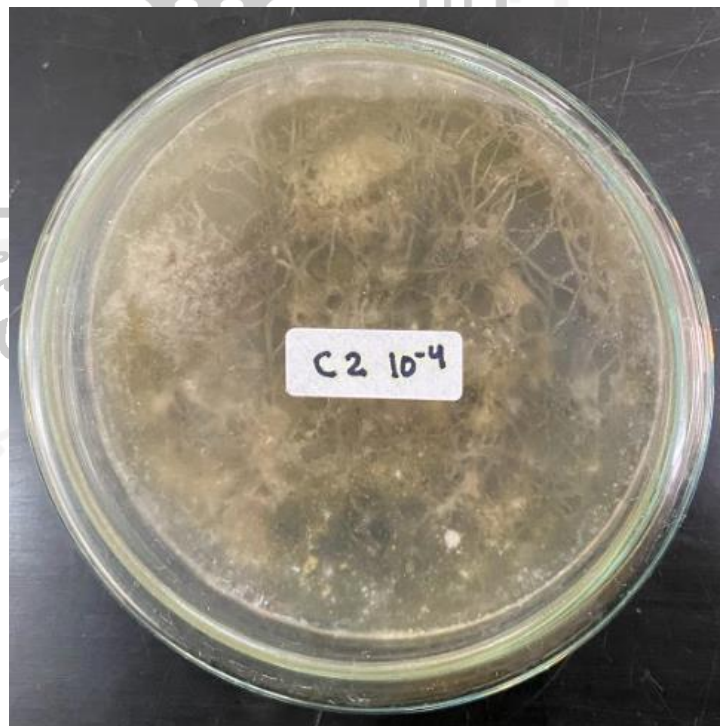
B 10^{-7} C2



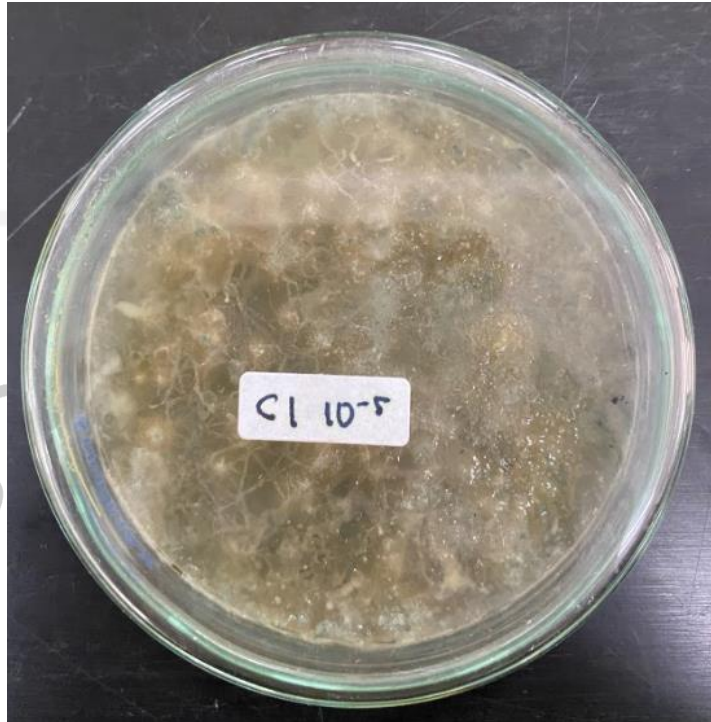
C 10^{-4} C1



C 10^{-4} C2



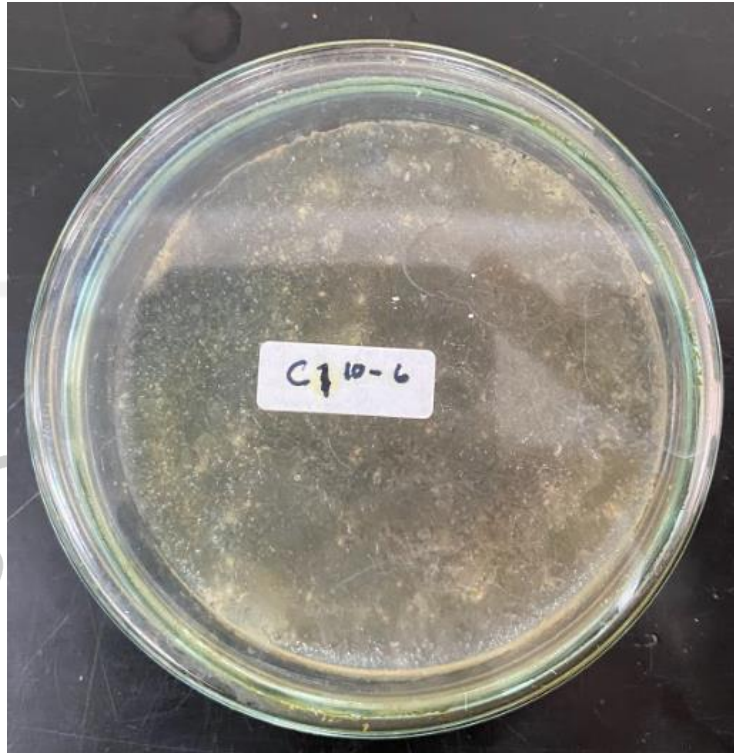
C 10^{-5} C1



C 10^{-5} C2



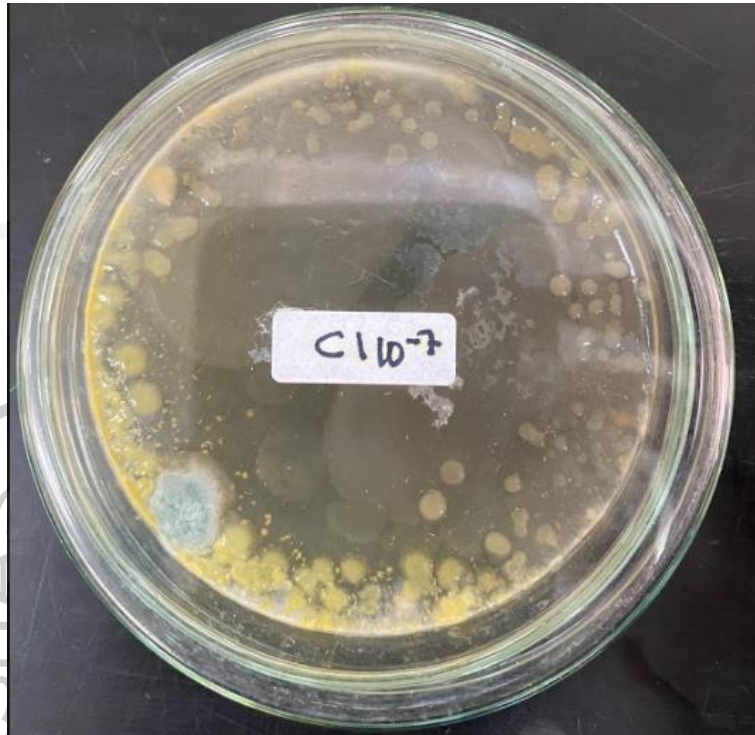
C 10^{-6} C1



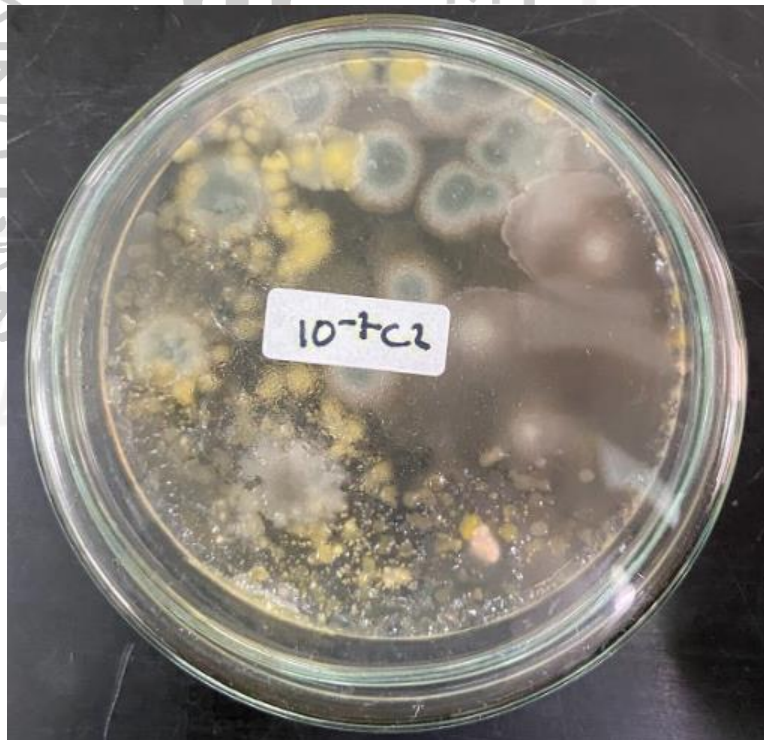
C 10^{-6} C2



C 10^{-7} C1



C 10^{-7} C2

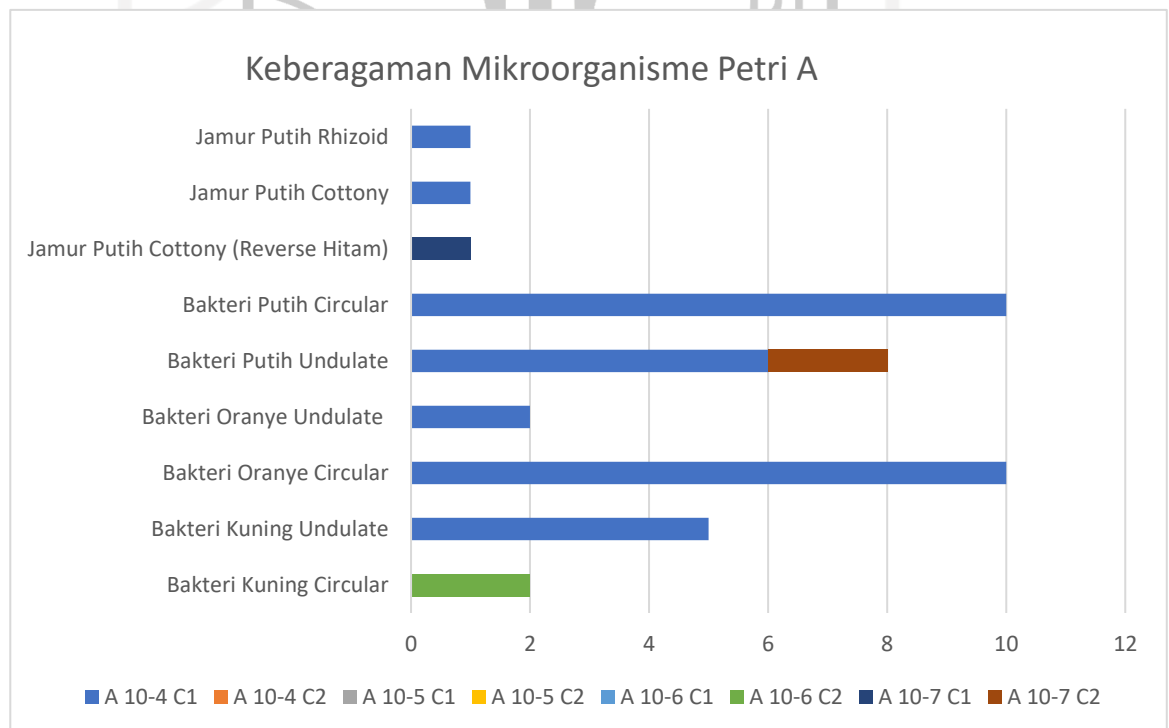


Lampiran 4. Perhitungan dan Perbandingan Kultur Pengenceran 10^{-4} – 10^{-7}

Di bawah ini tersaji tabel perhitungan koloni dari tiga titik yang ditandai dengan kode A, B, dan C serta grafik perbandingan jumlah koloni pada tiap titik.

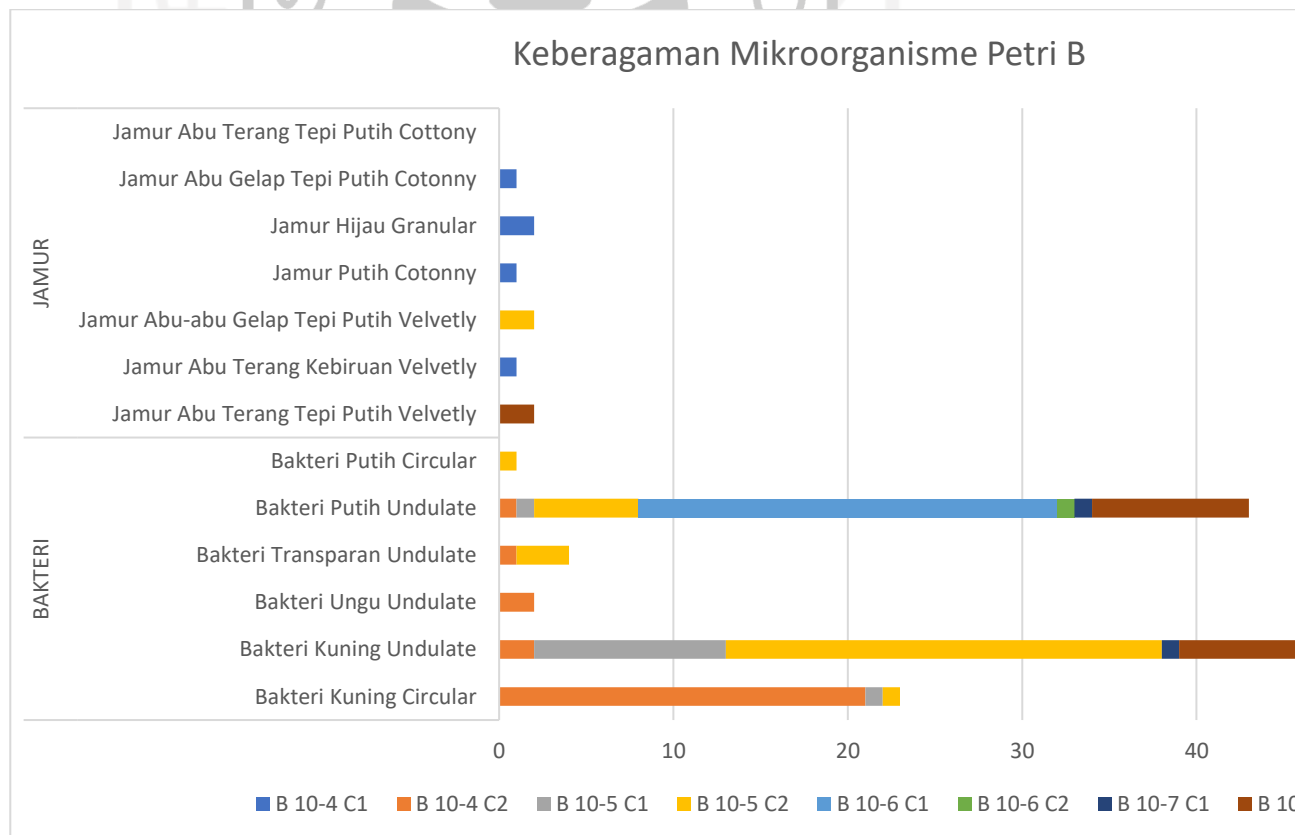
Tabel dan Grafik Titik 1 (Petri A)

Kode Petri	Jumlah Mikroorganisme yang Ditemukan								
	BAKTERI						JAMUR		
	Bakteri Kuning Circular	Bakteri Kuning Undulate	Bakteri Oranye Circular	Bakteri Oranye Undulate	Bakteri Putih Undulate	Bakteri Putih Circular	Jamur Putih Cottony (Reverse Hitam)	Jamur Putih Cottony	Jamur Putih Rhizoid
A 10-4 C1		5	10	2	6	10		1	1
A 10-4 C2	TERKONTAMINASI BELATUNG								
A 10-5 C1	TERKONTAMINASI BELATUNG								
A 10-5 C2	TIDAK TUMBUH								
A 10-6 C1	TIDAK TUMBUH								
A 10-6 C2	2								
A 10-7 C1							1		
A 10-7 C2					2				



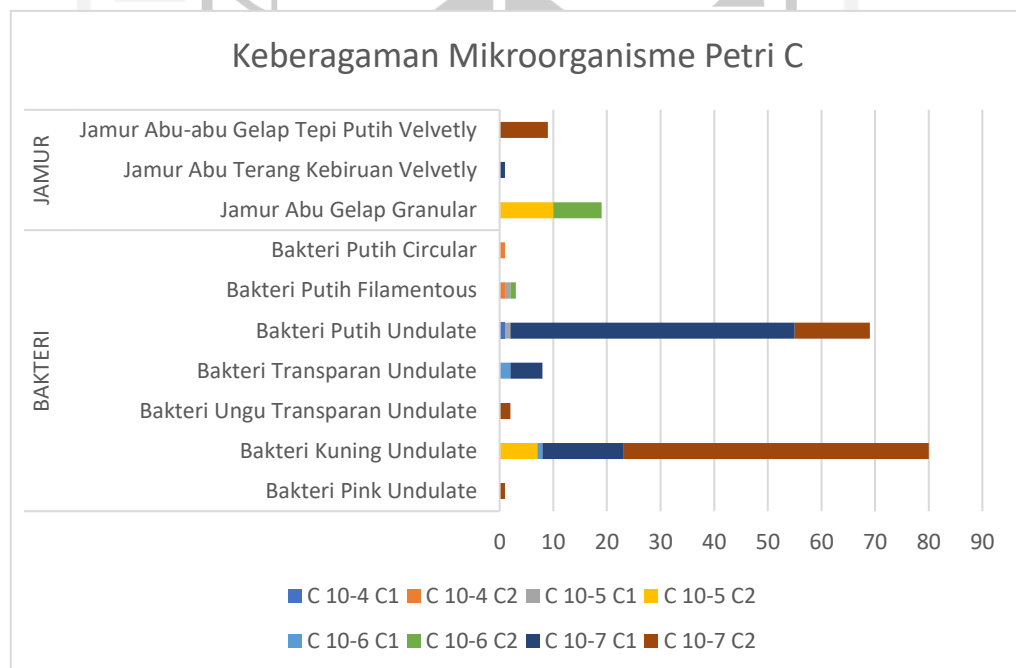
Tabel dan Grafik Titik 2 (Petri B)

Kode Petri	Jumlah Mikroorganisme yang Ditemukan							
	BAKTERI						Jamur Abu Terang Tepi Putih Velvetly	Jamur Abu Terang Kebiruan Velvetly
	Bakteri Kuning Circular	Bakteri Kuning Undulate	Bakteri Ungu Undulate	Bakteri Transparan Undulate	Bakteri Putih Undulate	Bakteri Putih Circular		
B 10-4 C1								1
B 10-4 C2	21	2	2	1	1			
B 10-5 C1	1	11			1			
B 10-5 C2	1	25		3	6		1	
B 10-6 C1					24			
B 10-6 C2					1			
B 10-7 C1		1			1			
B 10-7 C2		10			9		2	



Tabel dan Grafik Titik 3 (Petri C)

Kode Petri	Jumlah Mikroorganisme yang Ditemukan									
	BAKTERI							JAMUR		
	Bakteri Pink <i>Undulate</i>	Bakteri Kuning <i>Undulate</i>	Bakteri Ungu Transparan <i>Undulate</i>	Bakteri Transparan <i>Undulate</i>	Bakteri Putih <i>Undulate</i>	Bakteri Putih <i>Filamentous</i>	Bakteri Putih <i>Circular</i>	Jamur Abu Gelap <i>Granular</i>	Jamur Abu Terang Kebiruan Velvetly	Jamur Abu-abu Gelap Tepi Putih Velvetly
C 10-4 C1					1					
C 10-4 C2						1	1			
C 10-5 C1					1	1				
C 10-5 C2		7						10		
C 10-6 C1		1		2						
C 10-6 C2						1		9		
C 10-7 C1		15		6	53				1	
C 10-7 C2	1	57	2		14					9



Lampiran 5. Karakter Morfologi Makroskopis dan Mikroskopis

Hasil identifikasi morfologi isolat jamur secara makroskopis dan mikroskopis dengan mikroskop perbesaran 40X.

Karakter	Isolat AH	Isolat PA	Isolat PK	Isolat RH	Isolat RJ
Tekstur	Seperti serbuk (<i>granular</i>)	Beludru (<i>velvetly</i>)	Beludru (<i>velvetly</i>)	Seperti serbuk (<i>granular</i>)	Seperti kapas (<i>cottony</i>)
Tampak atas	Berwarna hijau dengan pertumbuhan yang merata	Berwarna abu-abu kebiruan dengan tepi berwarna putih	Berwarna abu-abu dengan pertumbuhan awal tepi berwarna putih kemudian berubah menjadi kuning	Berwarna hijau dengan tepi berwarna putih	Miselium berwarna putih dengan pertumbuhan tidak terlalu cepat dan tidak menyebar
Tampak belakang	Kuning	Kuning	Kuning	Oranye kemerahan	Putih kekuningan
Bentuk	<i>Flat</i>	<i>Rugose</i>	<i>Rugose</i>	<i>Flat</i>	<i>Verrucose</i>
Hifa	Hifa bersekat, memiliki cabang	Bersekat, memiliki cabang	Bersekat, memiliki cabang	Bersekat, memiliki cabang	Hifa tidak bersekat, memiliki cabang
Dugaan Genus	<i>Aspergillus</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Rhizopus</i>	<i>Rhizopus</i>

RIWAYAT HIDUP

Safinatun Najah atau kerap dipanggil Safina/Ina lahir di Bekasi pada 27 Januari 2000. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Khamim dan Suliyah. Jenjang pendidikan yang ditempuh penulis dimulai di SDN 01 Mangun Jaya Bekasi, SMP Negeri 1 Sangatta Utara dan SMA Negeri 1 Sangatta Utara.

Penulis diterima melalui jalur Penelurusan Siswa Berprestasi (PSB) tahun 2018 sebagai mahasiswa Teknik Lingkungan FTSP UII. Kegiatan non akademik yang diikuti penulis selama menempuh Pendidikan diantaranya: kepanitiaan (bergabung dalam divisi dekorasi dan dokumentasi dan kerohaninan), dan organisasi Lembaga Dakwah Fakultas (LDF) AI – Mustanir FTSP.

Pada Februari 2022, penulis diberi kesempatan untuk bergabung dalam penelitian yang digagaskan oleh Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si., M. Biotech., Ph.D. mengenai mikroorganisme jamur yang berasal dari TPA Piyungan, Yogyakarta. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.