

Biodegradasi Bioplastik Berbasis Pati Menggunakan Isolat Fungi Indigenous Asal Tempat Pembuangan Akhir Gunung Tugel, Kabupaten Banyumas

Jimmy Al Fa'is¹, Ratna Stia Dewi^{1*}, Ajeng Arum Sari²

¹ Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman

² Loka Penelitian Teknologi Bersih, LIPI Bandung

*Email : ratna.dewi0509@unsoed.ac.id

Rekam Jejak Artikel:

Diterima : 27/07/2021

Disetujui : 18/05/2022

Abstract

The use of plastic in Indonesia, especially as packaging, is very popular among the public, because it is practical and has many uses. Plastic consumption in 2020 even reached 67.8 million tons per day. Therefore, one way to overcome this problem is to use and produce biodegradable plastics or bioplastics. Biodegradation of bioplastics can be done with fungi. The potential place to find bioplastic degrading fungi is the Gunung Tugel Ex-Final Disposal Site (TPA). Considering the fact that bioplastics have a fairly good level of degradation, in this study a starch-based biodegradation test will be carried out using isolates of indigenous fungi originating from Ex-TPA Gunung Tugel using the method of calculating the weight loss of bioplastics (weight loss). This study aims to obtain starch-based bioplastic degrading fungi isolates from Ex-TPA Gunung Tugel, Banyumas Regency and determine the highest biodegradability ability of starch-based bioplastics by fungal isolates from Ex-TPA Gunung Tugel, Banyumas Regency. The results showed that isolates of indigenous fungi that had the potential to degrade starch-based bioplastics from Ex-TPA Gunung Tugel, Banyumas Regency were obtained from the genus *Aspergillus* (GT2 isolate) and *Penicillium* (GT1, GT3, GT4, GT5, and GT6) isolate. The highest biodegradability of starch-based bioplastics was found by fungi from the genus *Aspergillus*, namely, isolate GT2 with a weight loss of 21.84%. The biodegradation occurs due to the activity of endoamylase, exoamylase, and glucanase enzymes produced by fungi. The observation of the texture of the bioplastic resulted in a significant change in color, namely from the white bioplastic sheet to brownish. These observations also showed the attachment of fungal mycelium on the surface of the bioplastic accompanied by a hollow and uneven surface of the bioplastic.

Key words: *Biodegradation, Starch-based bioplastic, Indigenous Fungi, TPA.*

Abstrak

Penggunaan plastik di Indonesia khususnya sebagai kemasan sangat populer di kalangan masyarakat, karena bersifat praktis dan memiliki banyak kegunaan. Konsumsi plastik pada tahun 2020 bahkan mencapai 67,8 juta ton per hari. Oleh karena itu, salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan memproduksi dan menggunakan plastik biodegradable atau bioplastik. Agen pendegradasi bioplastik yang cukup efektif adalah fungi. Biodegradasi bioplastik dapat dilakukan dengan fungi. Tempat potensial ditemukannya fungi pendegradasi bioplastik adalah Ex-Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Gunung Tugel. Mengingat fakta bahwa bioplastik memiliki tingkat degradasi cukup baik, maka pada penelitian ini dilakukan uji biodegradasi bioplastik berbasis pati dengan menggunakan isolat fungi *indigenous* yang berasal dari Ex-TPA Gunung Tugel dengan menggunakan metode penghitungan pengurangan bobot bioplastik (*weight loss*). Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh isolat fungi pendegradasi bioplastik berbasis pati dari Ex-TPA Gunung Tugel, Kabupaten Banyumas dan mengetahui kemampuan biodegradasi tertinggi pada bioplastik berbasis pati oleh isolat fungi dari Ex-TPA Gunung Tugel, Kabupaten Banyumas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa diperoleh isolat fungi *indigenous* yang berpotensi mendegradasi bioplastik berbasis pati dari Ex-TPA Gunung Tugel, Kabupaten Banyumas berasal dari genus *Aspergillus* (isolat GT2 & GT3) dan *Penicillium* (isolat GT1, GT4, GT5, dan GT6). Kemampuan biodegradasi bioplastik berbasis pati tertinggi oleh fungi dari genus *Aspergillus*, isolat GT1, GT2, dan GT5 dengan pengurangan bobot bioplastik (*weight loss*) sebesar 17,87%, 21,84%, dan 18,68% dalam waktu 30 hari. Pengamatan tekstur bioplastik menghasilkan perubahan warna yang cukup signifikan, yaitu dari lembaran bioplastik yang berwarna putih menjadi kecoklatan. Pengamatan tersebut juga menunjukkan pelekatan miselium fungi di atas permukaan bioplastik disertai dengan permukaan bioplastik yang berongga dan tidak rata.

Key words: *Biodegradasi, Bioplastik berbasis pati, Fungi Indigenous, TPA.*

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya selama dua dekade terakhir, telah meningkatkan jumlah polimer sintesis yang diproduksi di seluruh dunia. Salah satu polimer sintetik yang sering dikenal dengan polimer buatan adalah plastik (Shimao 2001). Penggunaan plastik di Indonesia khususnya sebagai kemasan sangat populer di kalangan masyarakat, karena praktis dan memiliki banyak kegunaan. Konsumsi plastik di Indonesia tercatat 1,9 juta ton pada tahun 2013 dengan jumlah peningkatan sekitar 22,58% dibandingkan tahun 2012 sebanyak 1,55 juta ton, sedangkan pada akhir 2017, konsumsi plastik meningkat hingga 5,6 juta ton (Aziz *et al.*, 2019). Badan Pusat Statistik (2020) bahkan menyebutkan bahwa jumlah sampah plastik per hari bisa mencapai 67,8 juta ton. Volume limbah plastik yang meningkat akan mengurangi kapasitas Tempat Pembuangan Akhir (TPA) untuk dapat menampung lonjakan yang cukup tinggi. Laju degradasi plastik yang sangat lambat di lingkungan telah menyebabkan proses pengolahan limbah cenderung lebih lama (Wati, 2020).

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan solusi untuk mengurangi penggunaan limbah plastik yang sudah menjadi kebutuhan bagi masyarakat, baik itu konsumen maupun produsen plastik. Salah satu cara untuk mengatasi masalah tersebut adalah mengurangi penggunaan plastik konvensional dan beralih dengan bioplastik. Penggunaan bioplastik dalam skala besar akan membantu mengurangi ketergantungan masyarakat dalam menggunakan plastik komersial yang cenderung sulit terdegradasi. Salah satu jenis bioplastik yang dikembangkan untuk digunakan oleh masyarakat adalah bioplastik berbasis pati. Bioplastik tersebut tersusun atas bahan utama berupa pati yang mudah terdegradasi oleh mikroorganisme, namun belum banyak laporan mengkaji efektifitasnya. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai mikroorganisme untuk mendegradasi bioplastik berbasis pati. Salah satu agen pendegradasi yang diketahui cukup efektif adalah fungi. Menurut Ainiyah & Shovitri (2014), mikroorganisme seperti fungi termasuk komponen utama dari biosfer yang berperan dalam memecah senyawa organik dan siklus lingkungan, sehingga dapat mempercepat proses degradasi.

Beberapa penelitian telah melaporkan tentang degradasi bioplastik oleh fungi, yaitu ditemukannya *Aspergillus* sp. pada lahan pertanian yang berperan dalam proses biodegradasi bioplastik (Adhikari *et al.* 2016). Folino *et al.* (2020) menambahkan bahwa terdapat beberapa beberapa jenis fungi yang ditemukan dari tanah TPA seperti *Penicillium* sp., *Trichoderma pseudokoningii*, *Paecilomyces lilacinus*, *Cogronella* sp., *Acremonium recifei*, dan *Aspergillus* sp.

Salah satu tempat potensial ditemukannya fungi pendegradasi bioplastik adalah Ex-TPA Gunung

Tugel. TPA tersebut terletak di Gunung Tugel, Desa Kedungrandu Kecamatan Patikraja Kabupaten Banyumas dengan area seluas 5 hektar. Sampah yang dibuang berupa sampah organik (80,03%) dan sisanya berupa sampah anorganik (19,97%) (Oktifani, 2000). Sistem pengelolaan TPA Gunung Tugel menggunakan sistem *controlled landfill* yaitu penutupan sampah dengan lapisan tanah yang dilakukan setelah TPA penuh dengan timbunan sampah yang dipadatkan. Hal tersebut memberikan peluang besar bahwa tanah di Ex-TPA Gunung Tugel mengandung banyak fungi pendegradasi bioplastik. Bioplastik menjadi salah satu alternatif pengganti plastik komersial. Komponen bioplastik berbasis pati tersusun atas bahan utama berupa pati dan komponen tambahan seperti selulosa, gliserol dan *Polypropylene (PP)*. Komponen PE merupakan salah satu penyusun plastik konvensional. Oleh karena itu, dilakukan penelitian untuk mengeksplorasi fungi *indigenous* dari Ex-TPA Gunung Tugel yang berpotensi mendegradasi bioplastik berbasis pati tersebut.

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan, menarik untuk dikaji tentang fungi *indigenous* pendegradasi bioplastik berbasis pati yang dapat diisolasi dari Ex-TPA Gunung Tugel, Kabupaten Banyumas dan bagaimana kemampuan isolat fungi tersebut dalam mendegradasi bioplastik berbasis pati. Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh isolat fungi pendegradasi bioplastik berbasis pati dari Ex-TPA Gunung Tugel, Kabupaten Banyumas.
2. Mengetahui kemampuan biodegradasi tertinggi pada bioplastik berbasis pati oleh isolat fungi dari Ex-TPA Gunung Tugel, Kabupaten Banyumas.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi ilmiah tentang isolat fungi yang berpotensi dalam mendegradasi bioplastik berbasis pati hasil isolasi dari Ex-TPA Gunung Tugel, Kabupaten Banyumas, serta mengetahui kemampuan isolat fungi tersebut dalam mendegradasi bioplastik berbasis pati.

MATERI DAN METODE

Alat-alat yang akan digunakan adalah *Laminar Air Flow (LAF)* (Jisico), autoklaf (Hiclave), *incubator shaker* (U-Tech), oven (Mammert), *hot plate and magnetic stirrer* (Scorex), mikroskop (Olympus), timbangan analitik (Ohaus), cawan petri (Iwaki), *beaker glass* (Pyrex), tabung reaksi (Pyrex), mikropipet (Scorex), labu Erlenmeyer (Pyrex), *spreader*, bunsen, jarum ose, gunting, pinset, dan *plug*. Bahan-bahan yang akan digunakan adalah sampel tanah dari Ex-TPA Gunung Tugel dan bioplastik berbasis pati yang berasal dari produk penelitian Loka Penelitian dan Teknologi Bersih, LIPI Bandung. Adapun medium yang digunakan adalah *Bushnell Haas Agar (BHA)*, *Bushnell Haas Broth (BHB)*, medium *Potato Dextrose Agar (PDA)*, medium *Potato Dextrose Broth (PDB)*. Bahan

selanjutnya adalah alkohol 70%, antibiotik kloramfenikol, spiritus, akuades, *Aluminium Foil wrapper*, plastik, dan kapas.

Percobaan akan dilakukan secara deskriptif dan eksperimental. Penelitian deskriptif meliputi identifikasi fungi dari Ex-TPA Gunung Tugel, Banyumas yang berpotensi dalam mendegradasi bioplastik berbasis pati, sedangkan penelitian eksperimental meliputi uji kemampuan isolat fungi dari Ex-TPA Gunung Tugel, Banyumas dalam mendegradasi bioplastik berbasis pati. Penelitian eksperimental disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang ditentukan dengan menguji masing-masing fungi yang terisolasi sebanyak 4 kali ulangan. Penelitian secara eksperimental terdiri atas satu uji, yaitu uji biodegradasi bioplastik berbasis pati menggunakan isolat fungi hasil isolasi dari Ex-TPA Gunung Tugel dengan metode *purposive sampling* (Ainiyah & Shovitri, 2014).

Pengambilan Sampel (Ainiyah & Shovitri, 2014)

Pengambilan sampel tanah mengacu pada metode Ainiyah & Shovitri (2014). Sampel tanah diambil dari Ex-TPA Gunung Tugel, Banyumas dengan menggunakan teknik *purposive sampling* sebanyak 5 titik. Pemilihan titik berdasarkan adanya timbunan sampah plastik yang mulai terdegradasi yaitu ditandai dengan adanya plastik yang berlubang-lubang. Tanah dari kelima titik diambil 250 gram pada kedalaman 10 cm dengan menggunakan sendok steril, kemudian dimasukkan kedalam plastik steril. Selanjutnya sampel tanah disimpan ke dalam lemari pendingin.

Pembuatan Medium

Pembuatan medium diawali dengan menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan. Medium yang dibuat pada penelitian ini yaitu medium PDA, medium PDB, medium BHA dan medium BHB (Lampiran 3). Masing-masing medium ditimbang dan ditempatkan ke dalam labu Erlenmeyer. Medium dipanaskan di atas *string hot plate* sambil dihomogenkan hingga mendidih. Kemudian pada bagian mulut labu Erlenmeyer ditutup menggunakan kapas dan dilapisi dengan kertas untuk selanjutnya dilakukan sterilisasi (Kumar *et al.*, 2013).

Sterilisasi alat dan Bahan

Medium yang telah dibuat dan alat yang akan digunakan dilakukan sterilisasi terlebih dahulu menggunakan autoklaf.

Preparasi Bioplastik Uji

Bioplastik uji disiapkan dan dipotong dengan ukuran 2x2 cm. Kemudian bioplastik disterilisasi dengan alkohol 70% selama 30 menit. Bioplastik tersebut dikeringkan di dalam oven dengan suhu 50°C selama 1x24 jam. Selanjutnya, potongan plastik dikeringkan dengan sinar UV selama 30 menit, lalu disimpan di dalam oven dengan suhu 50 °C (Kumar *et al.*, 2013).

Isolasi Fungi Pendegradasi Plastik

Isolasi fungi pendegradasi plastik dilakukan dengan menggunakan metode pengenceran terhadap sampel tanah dari Ex-TPA Gunung Tugel seperti dilakukan oleh Kumar *et al.* (2013). Selanjutnya dilakukan pengenceran 10^{-2} di dalam tabung reaksi dengan menggunakan akuades. Suspensi tanah yang telah diencerkan kemudian dilakukan *pipeting* diambil sebanyak 1 mL dengan menggunakan pipet steril ke dalam labu Erlenmeyer yang telah berisi medium 100 ml PDB. Suspensi tanah tersebut diinkubasi menggunakan *shaker* selama 7x24 jam agar isolat fungi dapat tumbuh dengan baik.

Setelah fungi telah tumbuh pada medium PDB, suspensi tanah dari labu Erlenmeyer diambil sebanyak 100 µl dan diletakkan pada cawan petri yang berisi medium BHA+Bioplastik, kemudian diratakan dengan *spreader*. Biakan diinkubasi pada suhu 37°C selama 7x24 jam hingga terbentuk koloni fungi yang dapat tumbuh pada permukaan media dengan bioplastik.

Pemurnian Fungi

Fungi yang tumbuh pada medium BHA+Bioplastik kemudian dimurnikan. Masing-masing isolat fungi diambil secara aseptis dengan menggunakan *plug* dan diinokulasikan dengan jarum ose pada permukaan medium PDA yang baru, selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 7x24 jam. Proses ini dilakukan berulang kali hingga didapatkan kultur fungi murni. Kemurnian isolat fungi ditandai dengan adanya karakteristik makroskopik isolat yang seragam (Kumar *et al.*, 2013).

Seleksi Fungi Pendegradasi Bioplastik Berbasis Pati

Selanjutnya dilakukan proses seleksi pada medium BHA+Bioplastik. Inokulum diinkubasi pada suhu 37°C selama 7x24 jam hingga terbentuk koloni fungi yang dapat tumbuh pada permukaan media dengan bioplastik. Selanjutnya dipilih 6 isolat terbaik yang dapat tumbuh pada medium tersebut (Kumar *et al.*, 2013).

Identifikasi Fungi Pendegradasi Bioplastik

Sebanyak 6 isolat fungi yang berpotensi mendegradasi bioplastik yang telah dimurnikan selanjutnya ditumbuhkan pada medium PDA. Selanjutnya diinkubasi pada suhu 37°C selama 7x24 jam. Setelah fungi dapat tumbuh dengan baik, dilakukan proses identifikasi yang meliputi pengamatan makroskopik dan mikroskopis. Pengamatan makroskopik berupa warna, tekstur dan tepi koloni. Adapun identifikasi secara mikroskopis berupa struktur hifa, bentuk konidia, dan konidiofor yang mengacu pada buku *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species 2th edition* (Watanabe, 2010) dan *Fungi and Food Spoilage* (Pitt & Hocking, 2009).

Degradasi Bioplastik Berbasis Pati (Muhonja *et al.* 2018)

Sebanyak 6 isolat fungi yang telah diketahui memiliki kemampuan mendegradasi bioplastik kemudian masing-masing ditumbuhkan kembali dalam medium PDB. Sekitar 10% (25 mL) dari kultur kemudian diinokulasi di labu Erlenmeyer yang berisi 250 ml medium BHB dan bioplastik berukuran 2x2 cm² yang sudah disterilkan untuk pengujian biodegradasi plastik. Inkubasi dilakukan selama 30 hari pada suhu 28°C. Semua eksperimen dilakukan dengan pengulangan sebanyak 4 kali. Pengukuran terhadap pengurangan bobot bioplastik (*weight loss*), tekstur bioplastik dan miselium fungi dilakukan pada hari ke-0 dan 30 (Muhonja *et al.*, 2018).

Uji Kemampuan Biodegradasi (Deepika & Jaya, 2015)

Bioplastik berbasis pati pada medium inkubasi melalui penyaringan kemudian dicuci sebanyak 4x menggunakan etanol 70% dan dikeringkan pada oven 50 °C *overnight*. Berat awal bioplastik dan residu polimer tersebut ditimbang untuk mengetahui pengurangan bobot bioplastik.. Persentase degradasi dihitung berdasarkan rumus:

$$\% \text{ Weight Loss} = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100\%$$

Keterangan :

W1 = Berat Awal Bioplastik

W2 = Berat Akhir Bioplastik
(Deepika & Jaya, 2015)

Adapun isolat yang digunakan merupakan hasil skrining berupa 6 isolat terbaik yang berpotensi dalam mendegradasi bioplastik. Penentuan isolat tersebut berdasarkan kemampuannya untuk tumbuh di medium dengan bioplastik. Berikut adalah rancangan perlakuan biodegradasi bioplastik berbasis pati menggunakan isolat fungi hasil isolasi dari TPA:

- a. Kontrol (K) : kontrol
- b. Isolat 1 (GT1) : isolat 1 hasil seleksi
- c. Isolat 2 (GT2) : isolat 2 hasil seleksi
- d. Isolat 3 (GT3) : isolat 3 hasil seleksi
- e. Isolat 4 (GT4) : isolat 4 hasil seleksi

- f. Isolat 5 (GT5) : isolat 5 hasil seleksi
 - g. Isolat 6 (GT6) : isolat 6 hasil seleksi
- Setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali, sehingga terdapat 28 unit percobaan.

Analisis Data

Data yang didapatkan meliputi data identifikasi fungi dari Ex-TPA Gunung Tugel, Banyumas yang berpotensi dalam mendegradasi bioplastik berbasis pati dianalisis secara deskriptif. Sedangkan data kemampuan isolat fungi dari Ex-TPA Gunung Tugel, Banyumas dalam mendegradasi bioplastik berbasis pati dianalisis menggunakan *Analysis of Varians* (ANOVA) dengan tingkat kesalahan sebesar 5%. Apabila terdapat hasil analisis yang signifikan, maka akan dilakukan uji lanjut dengan menggunakan Uji Duncan.

Variabel dan Parameter yang diamati

Variabel terdiri dari variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas meliputi isolat fungi hasil isolasi. Variabel terikat meliputi kemampuan isolat fungi hasil isolasi dalam mendegradasi bioplastik berbasis pati. Adapun parameter yang diamati parameter utama berupa persentase pengurangan bobot bioplastik (*weight loss*) dan parameter pendukung berupa pengamatan tekstur bioplastik dan pengamatan miselium fungi.

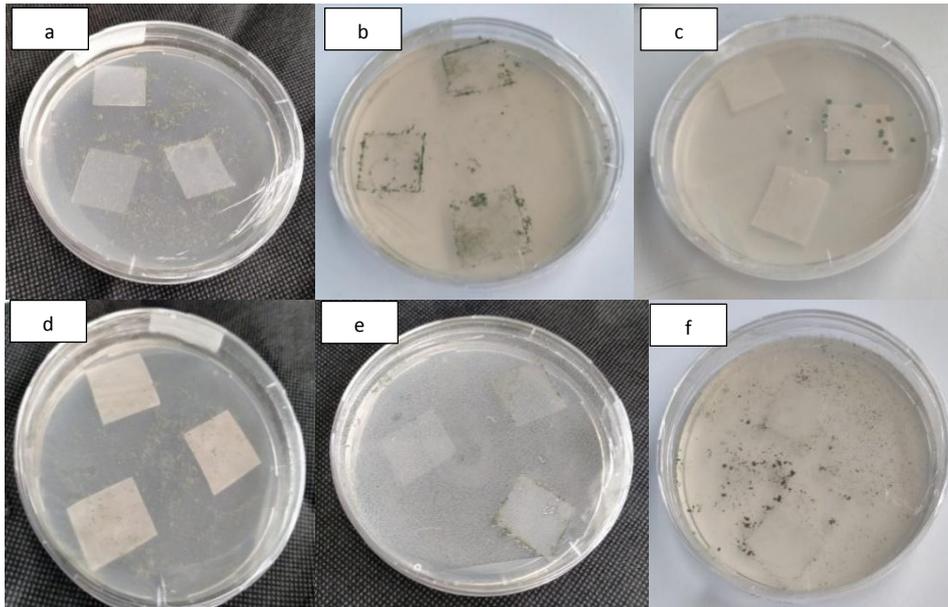
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil isolasi fungi dari Ex-TPA Gunung Tugel, Kabupaten Banyumas diperoleh 8 isolat, yaitu isolat GT1, GT2, GT3, GT4, GT5, GT6, GT7, dan GT8. Masing-masing isolat didapatkan dari 5 sampel tanah yang berbeda. Data isolat tersebut disajikan dalam Tabel 1

Beberapa isolat yang telah diisolasi dari penelitian ini merupakan isolat yang sering dijumpai pada lingkungan tanah, terutama yang telah tercemar oleh sampah plastik. Keragaman isolat tanah pada lingkungan tersebut dikuatkan oleh pernyataan Indumathi & Kavitha (2020) bahwa isolat fungi banyak ditemukan pada tanah TPA Thanjavur di India, dengan serpihan plastik yang tercampur di

Tabel 1. Hasil Isolasi Fungi dari Ex-TPA Gunung Tugel

No	Sampel	Kode sampel	Kode isolat
1	Tanah dengan timbunan plastik 5 cm	TPA1	GT1 dan GT4
2	Tanah dengan timbunan plastik 10 cm	TPA2	GT3
3	Tanah dengan serpihan plastik kedalaman 5 cm	TPA3	GT5 dan GT6
4	Tanah dengan serpihan plastik kedalaman 10 cm	TPA4	GT2
5	Tanah tanpa plastik kedalaman 10 cm	TPA5	GT7 dan GT8



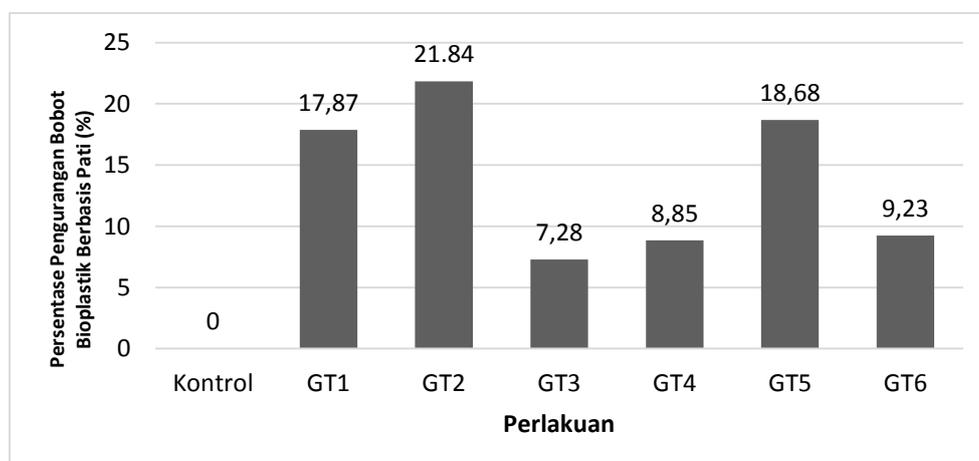
Gambar 1. Hasil Seleksi fungi pendegradasi bioplastik berbasis pati pada medium BHA
Keterangan: (a) Isolat GT1; (b) Isolat GT2; (c) Isolat GT3; (d) Isolat GT4; (e) Isolat GT5; (f) Isolat GT6

Pengamatan pada isolat hasil seleksi menunjukkan bahwa ke-6 isolat fungi memiliki ciri pertumbuhan dengan adanya miselium fungi yang tumbuh di sekitar bioplastik dan bertambahnya ukuran koloni fungi. Fungi yang mampu tumbuh pada medium BHA merupakan fungi yang berpotensi dalam mendegradasi bioplastik. Lazuardi & Sari (2013) menambahkan bahwa medium tersebut tidak memiliki kandungan karbon yang sangat dibutuhkan oleh fungi untuk hidup di dalamnya. Oleh karena itu, hanya beberapa jenis fungi saja yang mampu memanfaatkan bioplastik sebagai sumber nutrisinya dalam keadaan terdesak. Penelitian Aburas (2016) menyebutkan dengan proses seleksi atau skrining yang sama, yaitu melalui pengamatan miselium yang tumbuh pada medium selektif seperti *Mineral Medium* (MM), menghasilkan 13 isolat yang

berpotensi dalam mendegradasi bioplastik. Isolat-isolat tersebut berasal dari genus *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, dan *Trichoderma*.

Hasil perlakuan biodegradasi bioplastik berbasis pati menggunakan isolat fungi *indigenus* asal Ex-TPA Tugel, Kabupaten Banyumas pada waktu inkubasi 30 hari menunjukkan hasil rata-rata persentase *weight loss* terendah yaitu 7,28% dengan perlakuan isolat GT3, sedangkan hasil rata-rata persentase *weight loss* tertinggi adalah 21,84% dengan perlakuan isolat GT2. Hasil rata-rata persentase *weight loss* dari setiap perlakuan yang dilakukan dapat dilihat pada Grafik 1.

Salah satu cara mengukur tingkat biodegradasi bioplastik berbasis pati adalah menentukan persentase *weight loss*. Fungi yang mengkolonisasi permukaan plastik dan memanfaatkan polimernya



Grafik 1. Hasil rata-rata persentase pengurangan bobot biopastik berbasis pati

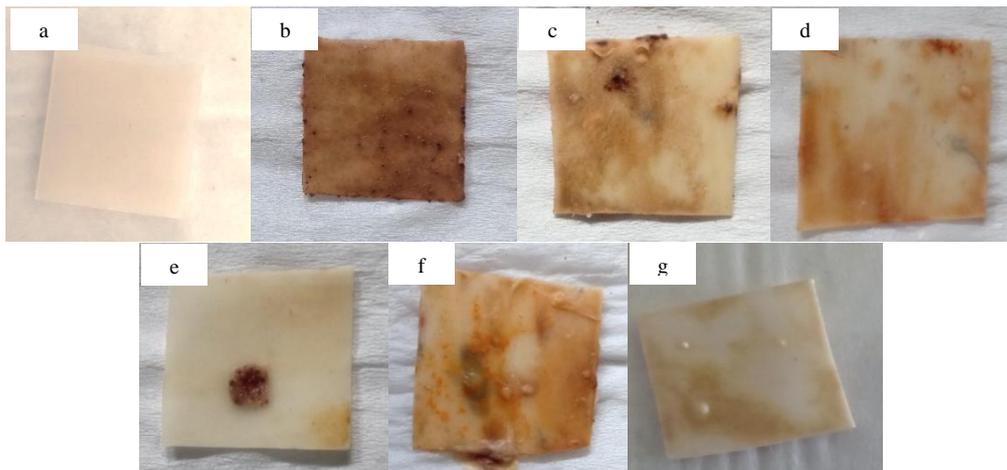
akan menunjukkan ciri pertumbuhan yang dapat diamati secara langsung melalui pertumbuhan miselia dan hifa, sementara itu integritas dari polimer akan menurun dan mengarah kepada *weight loss* lembaran bioplastik (Gajendiran *et al.* 2016). Data persentase *weight loss* yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan uji F dengan tingkat kepercayaan 95% untuk mengetahui pengaruh perlakuan isolat yang berbeda terhadap proses biodegradasi bioplastik berbasis pati. Kemampuan biodegradasi bioplastik berbasis pati tertinggi ditunjukkan oleh fungi dari genus *Aspergillus* dengan pengurangan bobot bioplastik (*weight loss*) mencapai lebih dari 20,18%, yaitu sebesar 21,84%. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Nissa *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa isolat dari genus *Aspergillus*, yaitu *Aspergillus niger* memiliki kemampuan mendegradasi bioplastik berbasis pati sebesar 20,18% pada medium minimum *Salt Agar* (SA) dan sejumlah 11,46% dengan metode *dip-hanging* atau menggantung lembaran bioplastik bersama inokulum *A. niger* di dalam wadah yang berisi akuades steril. Selanjutnya diperkuat oleh Urbanek *et al.* (2017) bahwa pada penelitian dengan biakan cair (*liquid culture*), isolat *Aspergillus* sp. memiliki kemampuan untuk mendegradasi bioplastik berbasis pati sebesar 12,07% dalam waktu satu bulan.

Beberapa jenis fungi dari genus *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Penicillium*, dan *Fusarium* memiliki kemampuan dalam mendegradasi bioplastik. Yunar (2011) menjelaskan bahwa fungi memiliki enzim yang berperan penting dalam mengurai polimer bioplastik. Enzim yang dapat menghidrolisis pati terdiri dari 3 kelompok. Pertama terdapat enzim α -amilase (α -1,4-*glucan glucanohydrolase*) atau biasa disebut endoamilase. Enzim ini menghidrolisis ikatan

α -1,4 glukosidik pada amilosa dan amilopektin secara acak untuk menghasilkan dextrin dan maltose. Selanjutnya produk tersebut akan dihidrolisis oleh enzim glukogenik menjadi glukosa. Kedua, terdapat enzim α -amilase (α -1,4-*glucan maltohydrolase*) disebut juga eksoamilase. Enzim tersebut menghidrolisis rantai utama pada pati. Adapun enzim ketiga adalah glucoamilase yang berperan dalam proses depolimerisasi komponen glukosa menjadi rantai yang lebih sederhana. Beberapa komponen yang sering disebutkan adalah CO₂ dan H₂O.

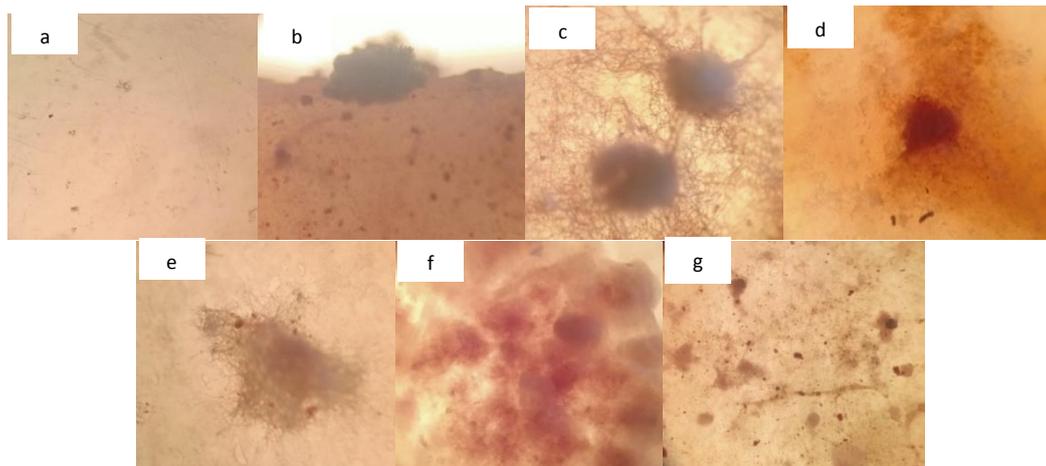
Lembaran bioplastik selanjutnya diamati tekstur permukaan bioplastik dan miseliumnya. Pengamatan tersebut dapat dilakukan secara langsung dan mikroskopis melalui mikroskop. Pengamatan secara langsung bertujuan untuk melihat miselium yang tumbuh pada permukaan bioplastik. Bagian yang diamati meliputi warna miselium, perubahan warna bioplastik, dan perubahan tekstur permukaan bioplastik. Adapun pengamatan secara mikroskopis dilakukan dengan bantuan mikroskop. Pengamatan ini bertujuan melihat miselium dan spora yang menempel pada permukaan bioplastik.

Pengamatan tekstur permukaan bioplastik setelah terdegradasi oleh fungi dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil pengamatan menunjukkan adanya miselium yang menempel pada perlakuan dengan isolat fungi. Perubahan warna bioplastik juga terlihat cukup signifikan, yaitu dari lembaran bioplastik yang berwarna putih menjadi kecoklatan. Tekstur permukaan bioplastik hanya mengalami sedikit perubahan, yaitu adanya rongga dan tonjolan yang terlihat cukup jelas. Lembaran bioplastik kemudian diamati teksturnya dengan mikroskop (Gambar 3).



Gambar 2. Pengamatan Tekstur Permukaan Bioplastik secara Langsung

Keterangan: (a) Bioplastik kontrol; (b) Bioplastik dengan isolat GT1; (c) Bioplastik dengan isolat GT2; (d) Bioplastik dengan isolat GT3; (e) Bioplastik dengan isolat GT4; (f) Bioplastik dengan isolat GT5; (g) Bioplastik dengan isolat GT6.



Gambar 3. Pengamatan Tekstur Permukaan Bioplastik secara Mikroskopis

Keterangan: (a) Bioplastik kontrol; (b) Bioplastik dengan isolat GT1; (c) Bioplastik dengan isolat GT2; (d) Bioplastik dengan isolat GT3; (e) Bioplastik dengan isolat GT4; (f) Bioplastik dengan isolat GT5; (g) Bioplastik dengan isolat GT6.

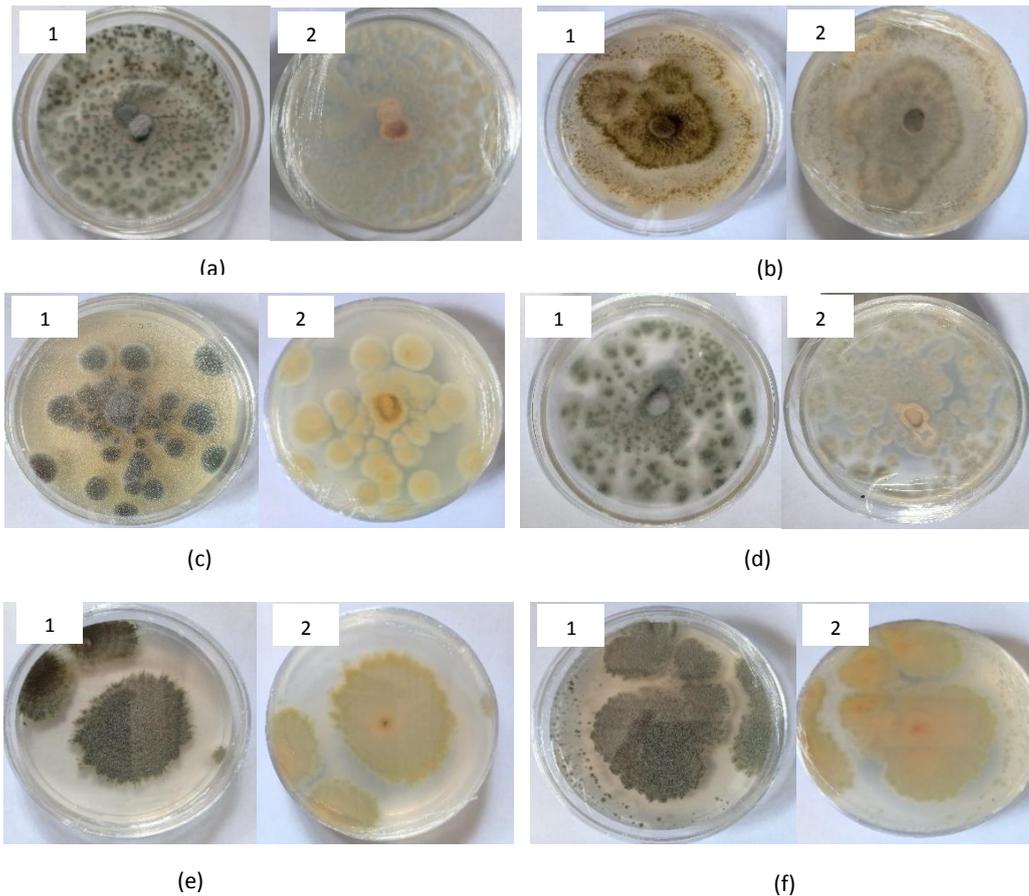
Pengamatan tersebut menunjukkan pelekatan fungi di atas permukaan bioplastik, pembentukan rongga-rongga, ketidakteraturan permukaan, sedangkan permukaan lembaran kontrol terlihat halus, tidak memiliki lubang, keretakan, ataupun partikel-partikel yang melekat pada permukaannya (Nissa *et al.* 2019). Bhardwaj *et al.* (2012) menambahkan bahwa pengamatan secara visual menunjukkan adanya miselium fungi yang melekat pada permukaan bioplastik. Fungi memanfaatkan polimer organik kompleks dan mengubahnya menjadi molekul yang lebih sederhana dengan mensekresikan enzim pendegradasi sehingga akan memutuskan rantai polimer dan menghasilkan rantai-rantai pendek, seperti oligomer, dimer dan monomer namun berat molekul bioplastik yang besar, struktur 3 dimensi, sifat hidrofobik dan minimnya gugus-gugus fungsional sangat mempengaruhi upaya pelekatan mikroba (*microbial attack*) pada polimer bioplastik. Fungi berfilamen umumnya mampu melekat pada permukaan hidrofobik dengan membentuk protein hidrofobik (Kershaw & Talbot, 1998). Enzim-enzim ekstraseluler terlalu besar untuk penetrasi lebih dalam ke dalam material polimer sehingga bekerja hanya di permukaan polimer saja. Akibatnya biodegradasi bioplastik umumnya hanya merupakan suatu proses

erosi permukaan (Gajendiran *et al.* 2016). Nissa *et al.* (2019) menambahkan bahwa proses biodegradasi bioplastik terdiri atas tiga tahap, yaitu *Bio-deterioration*, *Bio-fragmentation*, dan *Bioplastik assimilation*. Tahap pertama atau *Bio-deterioration* merupakan proses terjadinya perubahan struktur kimia, fisik, dan biologi dari polimer bioplastik sebagai akibat adanya aktifitas biologis oleh isolat fungi, seperti pelekatan miselium maupun penetrasi enzim ekstraseluler fungi. Proses *Bio-deterioration* mengakibatkan porositas yang cukup tinggi pada permukaan bioplastik. Selanjutnya pada tahap kedua atau *Bio-fragmentation* terjadi penguraian polimer bioplastik menjadi oligomer dan monomer. Tahap akhir dari biodegradasi bioplastik terjadi ketika monomer dan oligomer yang telah terfragmentasi akan diubah menjadi produk biodegradasi yang sangat sederhana, seperti CO₂ dan H₂O.

Sejumlah 6 isolat terpilih diamati berdasarkan karakter makroskopis dan mikroskopis. Secara makroskopis, isolat dapat diamati pada media PDA setelah 7x24 jam masa inkubasi. Karakteristik makroskopis ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 4.

Tabel 2. Karakter makroskopis isolat fungi

Karakter	Kode isolat					
	GT1	GT2	GT3	GT4	GT5	GT6
Warna permukaan koloni	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau	Hijau
Warna sebalik koloni	Kuning	Hijau	Kuning	Kuning	Kuning	Kuning
Tekstur koloni	Beludru	Beludru	Kapas	Beludru	Beludru	Beludru
Tepi koloni	<i>irregular</i>	<i>irregular</i>	<i>circular</i>	<i>irregular</i>	<i>irregular</i>	<i>irregular</i>



Gambar 5. Karakter makroskopis koloni isolat fungi dari Ex-TPA Gunung Tugel
Keterangan: (a) Isolat GT1; (b) Isolat GT2; (c) Isolat GT3; (d) Isolat GT4; (e) Isolat GT5; (f) Isolat GT6;
(1) Permukaan koloni; (2) Sebalik koloni

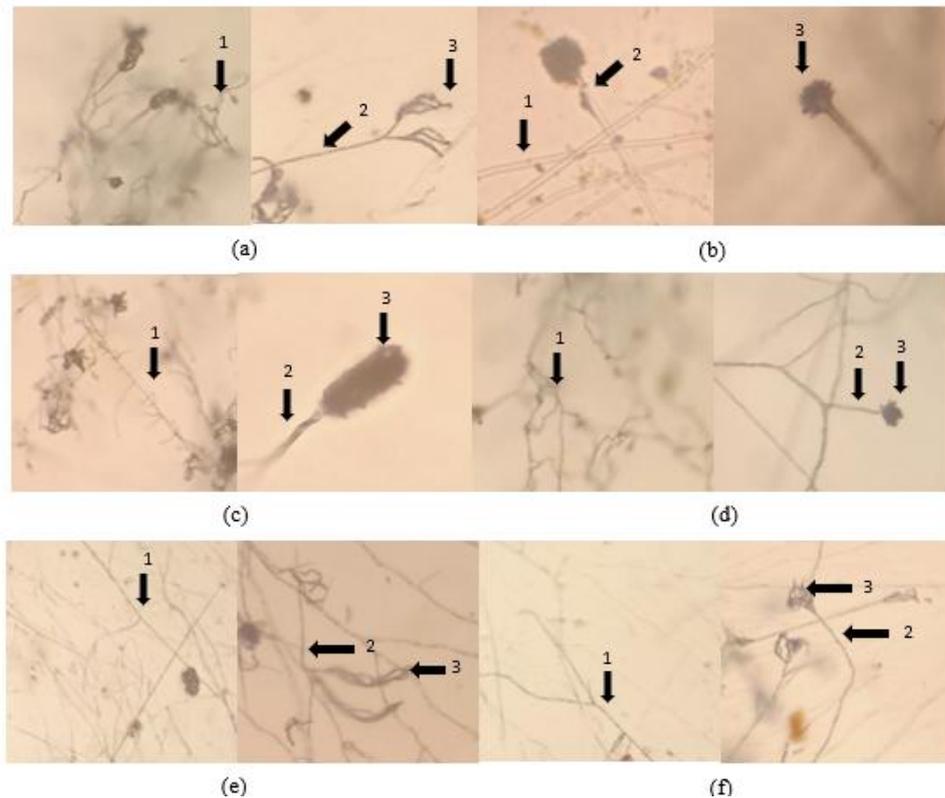
Pengamatan secara makroskopis pada isolat GT1 dan GT4 terlihat serupa, diketahui bahwa permukaan atas koloni berwarna hijau, sedangkan permukaan sebalik koloni berwarna kuning, tekstur koloni seperti beludru/dry, dan tepi koloni berbentuk *irregular*. Sementara itu, isolat GT2 memiliki permukaan atas koloni berwarna hijau, permukaan sebalik koloni kuning, tekstur koloni seperti beludru/dry, dan tepi koloni berbentuk *irregular*. Adapun isolat GT3 memiliki permukaan atas koloni berwarna hijau, sedangkan permukaan sebalik koloni berwarna kuning, tekstur koloni seperti kapas, dan tepi koloni berbentuk *circular*. Isolat GT5 dan GT6 juga memiliki karakter yang serupa, yaitu permukaan atas koloni berwarna hijau, sedangkan permukaan sebalik

koloni berwarna kuning, tekstur koloni seperti beludru/dry, dan tepi koloni berbentuk *irregular*. Selanjutnya untuk karakteristik mikroskopis disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 6.

Pengamatan secara makroskopis pada isolat GT1, GT3, GT4, GT5, dan GT6 memiliki ciri yang serupa, diketahui isolat-isolat tersebut memiliki hifa bersepta, konidiofor yang bercabang dan bentuk konidia bulat/oval. Sementara itu, isolat GT2 memiliki karakter yang sedikit berbeda, isolat tersebut diketahui mempunyai hifa bersepta, konidiofor yang tidak bercabang dan bentuk konidia bulat/oval.

Tabel 3. Karakter makroskopis isolat fungi

Karakter	Kode isolat					
	GT1	GT2	GT3	GT4	GT5	GT6
Hifa	Septa	Septa	Septa	Septa	Septa	Septa
Konidiofor	Bercabang	Tidak bercabang	Tidak bercabang	Bercabang	Bercabang	Bercabang
Konidia	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat	bulat



Gambar 6. Karakter mikroskopis isolat fungi dari Ex-TPA Gunung Tugel dengan Perbesaran 100x
Keterangan: (a) Isolat GT1; (b) Isolat GT2; (c) Isolat GT3; (d) Isolat GT4; (e) Isolat GT5; (f) Isolat GT6;
(1) Hifa; (2) Konidiofor; (3) Konidia

Berdasarkan data hasil pengamatan karakter isolat pada Tabel 3, Tabel 4, Gambar 4.2, dan Gambar 4.3, yang dicocokkan dengan buku identifikasi Pitt & Hocking (2009), menunjukkan bahwa isolat GT1, GT3, GT4, GT5, dan GT6 diduga berasal dari genus *Penicillium*. Pengamatan Mikroskopis isolat tersebut juga disesuaikan dengan buku identifikasi Watanabe (2010) yang menyatakan bahwa genus *Penicillium* secara mikroskopis memiliki bentuk konidiofor yang khas. Konidiofor muncul tegak dan bercabang mendekati ujungnya. *Penicillium* sp memiliki konidiofor bercabang secara melingkar baik tunggal maupun ganda dan menyerupai bentuk percabangan semak-semak. Konidia dihasilkan di ujung dalam rangkaian, bentuknya bulat. Konidiofor yang menjari dan terdapat 2 –3 hifa percabangan. Hasil yang sama juga ditemukan pada identifikasi oleh Angraini & Usman (2015), koloni *Penicillium* sp. awalnya berwarna putih, kemudian berubah menjadi biru kehijauan, abu-abu kehijauan, abu-abu zaitun, dan warna sebaliknya biasanya berwarna kuning pucat, sedangkan bentuk mikroskopis fungi *Penicillium* sp. yaitu memiliki hifa yang hialin dan konidia yang berbentuk bulat. Yanti *et al.* (2019) menambahkan dalam hasil penelitiannya bahwa Ciri-ciri makroskopik dari genus *Penicillium* yang diisolasi pada medium PDA dengan umur 7 hari, berwarna hijau tua agak redup, sebaliknya koloni berwarna krem

kekuningan. Permukaan koloni mendarat dengan tekstur permukaan seperti beludru, margin koloni rata. Ciri-ciri mikroskopis yang diperoleh adalah hifa tidak bersepta, konidiofor berbentuk bening dan halus, serta memiliki banyak percabangan. Samson *et al.* (2010) menambahkan bahwa bentuk dari koloni *Penicillium* adalah pertumbuhan cepat, datar, berserabut, beludru atau seperti tekstur kapas. Koloni awalnya adalah putih dan berubah menjadi biru kehijauan, abu-abu kehijauan, abu zaitun terkadang kuning atau kemerah-merahan. Secara mikroskopis genus *Penicillium* memiliki kemiripan ciri dan berada pada genus yang dekat dengan genus *Paecilomyces*. Ciri utama yang membedakan *Penicillium* dan *Paecilomyces* adalah bentuk dari konidia.

Sementara itu, berdasarkan buku identifikasi Pitt & Hocking (2009), isolat GT2 diduga berasal dari genus *Aspergillus*. Pernyataan tersebut diperkuat oleh hasil penelitian Samson *et al.* (2010), bahwa fungi anggota genus *Aspergillus* ada yang memiliki konidia berbentuk semi bulat dengan konidiofor panjang dan kolumnar. Vesikel berbentuk semi bulat, menyerupai corong berukuran pendek ditutupi oleh fialid yang berbentuk oval dan metula berbentuk silindris. Konidia melekat pada ujung satu baris sterigmata yang teratur melingkar pada permukaan ujung konidiaspora. Gautam & Bhaduria (2012) menambahkan bahwa anggota genus *Aspergillus*

yang tumbuh mula-mula berwarna putih kemudian pada hari ke empat berubah menjadi hijau kekuningan dengan pinggiran putih dan permukaan bawah koloni berwarna kekuningan sampai coklat. Genus *Aspergillus* secara makroskopis koloni yang terlihat berwarna hijau kekuningan dan pada bagian bawahnya berwarna kekuningan sampai coklat.

Beberapa isolat yang telah diisolasi dari penelitian ini merupakan isolat yang sering dijumpai pada lingkungan rizosfer tanah, terutama yang telah tercemar oleh plastik. Keragaman isolat tanah pada lingkungan tersebut dikuatkan oleh pernyataan Dineshraj & Ganesh (2016) yang telah mengisolasi fungi dari sampah plastik di berbagai tempat pembuangan sampah kota Cuddalore dan mendapatkan sembilan isolat fungi, yaitu *Aspergillus niger*, *A. flavus*, *A. nidulans*, *A. fumigatus*, *A. glaucus*, *Penicillium* sp., *Fusarium* sp., *Mucor* sp., dan *Alternaria* sp. Obire *et al.* (2002) juga mendapatkan enam isolat fungi dari tempat pembuangan akhir, diantaranya *Aspergillus flavus*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *Fusarium* sp., *Mucor* sp., dan *Penicillium* sp. Williams & Hakam (2016) melaporkan bahwa dari empat tempat pembuangan akhir yang berbeda di Nigeria didapatkan 5 isolat fungi *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Mucor* sp., *Penicillium* sp. dan *Saccharomyces* sp.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan disimpulkan bahwa diperoleh 6 isolat fungi *indigenous* yang berpotensi mendegradasi bioplastik berbasis pati dari Ex-TPA Gunung Tugel, Kabupaten Banyumas berasal dari genus *Aspergillus* (isolat GT2) dan *Penicillium* (isolat GT1, GT3, GT4, GT5, dan GT6). Kemampuan biodegradasi bioplastik berbasis pati tertinggi oleh fungi dari genus *Aspergillus*, yaitu isolat GT2 dengan pengurangan bobot bioplastik (*weight loss*) sebesar 21,84%.

DAFTAR REFERENSI

Aburas, M.M.A., 2016. Degradation of poly (3-hydroxybutyrate) using *Aspergillus oryzae* obtained from uncultivated soil. *Life Sci. J.* 13 (3), pp. 51-56

Ade, S., & Purba, R. 2018. Isolasi dan Identifikasi Jamur Pendegradasi Bioplastik Berbasis Pati. *Skripsi*. Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada.

Adhikari, D. et al. 2016. Degradation of Bioplastiks In Soil and Their Degradation Effects on Environmental Microorganisms. *Journal Of Agricultural Chemistry And Environment*, 5 (1), pp.23-34.

Ainiyah, D., & Shovitri, M. 2014. Bakteri Tanah Sampah Pendegradasi Plastik Dalam Kolom Winogradsky. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits* 3

(2), pp. 63-66.

Angraini, Dewi N., & Usman, M. 2015. Biolink Uji Aktivitas dan Identifikasi Jamur Rhizosfer Pada Tanah Perakaran Tanaman Pisang (*Musa paradisiaca*) Terhadap Jamur *Fusarium*. *Jurnal Biologi Lingkungan, Industri, dan Kesehatan*, 1(2), pp. 89-98.

Atlas, R.M. 2010. *Handbook of Microbiological Media Fourth Edition*. Francis: CRC Press.

Aziz, I.R., Muthiadin, C., & Hafsan, H. 2019. Biodegradasi Plastik Ldpe Hitam Dan Putih Pada Sampah Tpa Antang Dalam Kolom Winogradsky. *Al-Kauniyah: Jurnal Biologi* 12(2), pp. 164-170.

Badan Pusat Statistik. 2020. *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia*. BPS. Jakarta

Bhardwaj, H., Gupta, R. and Tiwari, A. 2012. Microbial Population Associated with Plastic Degradation. *Open Access Scientific Reports*. 1(5), pp. 1-4.

Deepika, S., & Madhuri, R.J. 2015. Biodegradation Of Low Density Polyethylene By Micro-Organisms From Garbage Soil. *Journal Of Experimental Biology And Agricultural Sciences* 3(1): P.15-21. Available At: [Http://www.Jebas.Org](http://www.Jebas.Org).

Dineshraj, D., & Ganesh, P. 2016. Screening And Characterization of Isolatd Fungi From Plastic Waste Dump Yard Sites. *Ijsr -International Journal of Scientific Research* 301(1), pp. 301-302.

Emita, H., Cicilia, N.P., & Pujiati. 2017. Karakteristik Isolat Kapang Endogenus Pendegradasi Limbah Plastik. *Prosiding Seminar Nasional Simbiosis Ii* (September), pp. 378-388.

Folino, A., Karageorgiou, A., Calabrò, P.S., & Komilis, D. 2020. Biodegradation of Wasted Bioplastiks in Natural and Industrial Environments: A Review. *Sustainability (Switzerland)* 12(15), pp. 1-37.

Gajendiran, A., Krishnamoorthy, S. and Abraham, J., 2016. Microbial degradation of low-density polyethylene (LDPE) by *Aspergillus clavatus* strain JASK1 isolatd from landfill soil. *3 Biotech*, 6(1), pp. 52.

Gandjar, I., R.A. Samson, K. van den Tweel-Vermeulen, A. Oetari & I. Santoso. 1999. *Pengenalan kapang tropik umum*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.

Gautam, A.K., & Bhadauria, R. 2012. Characterization of *Aspergillus* Species Associated With Commercially Stored Triphala Powder. *African Journal of Biotechnology* 11(104), pp. 16814-16823.

Hoegh-Guldberg, O. et al. 2015. Plastic Waste Inputs From Land Into The Ocean. *Science*

- (September 2014), pp.1655–1734.
- Indumathi, A., & Kavitha, K.K. 2020. High Density Polyethylene (HDPE) Degradation in Aqueous Solution by Fungi Isolatd from Garbage Landfills at Thanjavur, Tamil Nadu, India. *International Journal of Current Microbiology And Applied Sciences* 9(8), pp. 1874-1882.
- Intandiana, S., Dawam, A.H., Denny, Y.R., Septiyanto, R.F., & Affifah, I. 2019. Pengaruh Karakteristik Bioplastik Pati Singkong dan Selulosa Mikrokristalin Terhadap Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas. *Educhemia (Jurnal Kimia Dan Pendidikan)* 4(2), pp. 185.
- Janet, O.W., & Kelechi, H. 2016. Microorganisms Associated With Dump Sites in Port Harcourt Metropolis, Nigeria. *Journal of Ecology And The Natural Environment* 8(2), pp. 9-12.
- Kumar, S., Das, M.P., Jeyanthi Rebecca, L., & Sharmila, S. 2013. Isolation and Identification of LDPE Degrading Fungi from Municipal Solid Waste. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research* 5(3), pp. 78-81.
- 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), pp. 1–17.
- Munir, E., Harefa, R.S.M., Priyani, N., & Suryanto, D. 2018. Plastic Degrading Fungi *Trichoderma Viride* And *Aspergillus Nomius* Isolatd from Local Landfill Soil in Medan. *Iop Conference Series: Earth And Environmental Science* 126(1).
- Nchedo Ariole, C., & George-West, O. 2020. Bioplastik Degradation Potential of Microorganisms Isolatd From The Soil. *American Journal of Chemical and Biochemical Engineering* 4(1), pp. 1.
- Nissa, R.C., Fikriyyah, A.K., Abdullah, A.H.D., & Pudjiraharti, S. 2019. Preliminary Study of Biodegradability of Starch-Based Bioplastiks Using Astm G21-70, Dip-Hanging, And Soil Burial Test Methods. *Iop Conference Series: Earth And Environmental Science* 277(1).
- Obire, O., Nwaubeta, O., & Adué, B.N. 2002. Microbial Community Of A Waste- Dump Site. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management* 6(1). pp.18-26.
- Lazuardi, G., & Sari E. 2013. Preparation And Characterization Based Bioplastik Chitosan And Cassava Starch With Glycerol Plazticizer. *UNESA Journal of Chemistry* 2(3), pp. 161–166.
- Shimao, M. 2001. Biodegradation of Plastics Masayuki Shimao. *Current Opinion In Biotechnology* 12, pp. 242–247.
- Urbanek, A.K. Rymowicz, W., Strzelecki, M.C., Kociuba, W., Franczak, Ł., Mirończuk, A.M., 2017. Isolation and Characterization of Arctic Microorganisms Decomposing Bioplastiks. *Amb Express* 7(1), pp. 148-158.
- Watanabe, T., 2010. *Pictorial atlas of soil and seed fungi: morphologies of cultured fungi and key to species*. CRC press.
- Williams, J.O. & Hakam, K., 2016. Microorganisms associated with dump sites in Port Harcourt Metropolis, Nigeria. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 8(2), pp. 9-12.
- Yanti, N.A., Sriwahyuni, E., La Omi, N.R., Muhiddin, N.H. & Ahmad, S.W., 2019. The Potential of Lipolytic Filamentous Fungi Isolatd from Landfill Soil as Poly-β-Hydroxybutirate (PHB) Bioplastik Degradar. *bioRxiv*.
- Yunar, V. 2011. Evaluasi Biodegradabilitas Plastik Berbahan Dasar Campuran Pati dan Polietilen Menggunakan ASTM G21-09, Uji Mikroorganisme dan Uji Lapangan. *Skripsi*. Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.