

KARAKTERISTIK ISOLAT KAPANG ENDOGENUS PENDEGRADASI LIMBAH PLASTIK

Emita Hardiyanti ¹⁾, Cicilia Novi Primiani ²⁾, Pujiati ³⁾
^{1,2,3)}Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas PGRI Madiun
¹⁾emita_h@yahoo.com, ²⁾primiani@unipma.ac.id, ³⁾pujiati@unipma.ac.id

ABSTRACT

The aim of this paper was to know the characteristic of fungal with plastic polymer degradation potency that isolated from TPA Madiun soil. The analysis was carried out using makroskopis and mikroskopis characteristic identification. A colony of fungal was developed in a PDA medium that modified by polythene powder. The colony was developed showed that in each of petridish appearance of clear zone only after two day. The highest efficient fungal was EA2 colony with clear zone colony ratio 1,4 cm. EA1 and EA3 colony showed 0 cm in each patridish. This study showed that three species fungal which isolated from TPA Madiun soil, had the degradation potential of plastic polymer. Three species from isolated treatment (EA1, EA2, EA3) has been identified as Thricoderma sp, Aspergillus flavus, and Aspergillus niger characters.

Keywords: *Endogenous Fungus Morphology and Plastic.*

PENDAHULUAN

Plastik merupakan suatu polimer yang memiliki sifat unik dan luar biasa. Polimer adalah suatu bahan yang terdiri dari unit molekul yang disebut dengan monomer. Monomer yang sejenis akan membentuk polimer yang disebut dengan homopolimer, dan jika monomernya berbeda maka akan disebut dengan kopolimer. Polimer alam yang biasa kita kenal yaitu selulosa, protein, karet alam dan sejenisnya (Mujiarto, 2005). Polimer alam memiliki beberapa kelemahan seperti sifat mekaniknya rendah, tidak tahan terhadap suhu tinggi dan getas. Sehingga diperlukan campuran antara polimer sintesis dengan polimer alam yang memiliki sifat mekanik yang tinggi tetapi mampu terurai oleh mikroorganisme (Inggaweni dan Suyanto, 2015).

Kota Madiun sebagai kota yang berkembang memiliki TPA dengan luas lahan sebesar 6,4 hektar yang terletak di daerah Kecamatan Mangunharjo, Desa Winongo, Kota Madiun. Kapasitas TPA Wionongo berdasarkan laporan RTRW (Rencana Tata Ruang Wilayah) telah berisi 80% sampah. Sampah di TPA Winongo tersebut didominasi oleh sampah organik sebesar 65% dan sampah plastik sebesar 13,71% (Kiswandayani dkk, 2016). Pemerintah kota Madiun terutama Dinas Kebersihan dan Pertamanan telah melakukan upaya pemanfaatan sampah selain program 3R

(*Reduce, Reuse and Recycle*). Program pemanfaatan sampah dari DKP ini disebut *waste to energy* yang terdiri dari 2 kegiatan utama, yaitu pengolahan plastik menjadi minyak, dengan kapasitas 2m³ plastik menjadi 2 liter minyak per hari dan program pengolahan limbah sampah organik menjadi bahan penghilang bau. Sampah organik yang terkumpul juga dimanfaatkan sebagai kompos dengan menyediakan fasilitas komposter, biogas, bank sampah, dan destilasi plastik menjadi minyak. Pengolahan sampah di TPA Winongo menggunakan sistem *control landfill*, dan sekitar 70% lahan di TPA Winongo telah terisi oleh timbunan sampah. Terdapat 6 zona pasif dan 1 zona aktif yaitu pada zona 7 yang digunakan sebagai tempat pengelolaan sampah (Pemerintah Kota Madiun Dinas Kebersihan dan Pertamanan, 2013).

Keragaman hayati Indonesia merupakan megabiodiversitas yang menjadi salah satu kekayaan budaya Bangsa (Primiani dan Pujiati, 2007). Tanah TPA memiliki banyak potensi mikroba yang mampu mengurai berbagai limbah sampah. Zufahair, dkk (2010) menemukan adanya mikroorganisme bakteri yang diisolasi dari tanah TPA yang mampu memproduksi enzim lipase. Enzim lipase digunakan sebagai katalisator untuk reaksi hidrolisis lipid menjadi asam lemak dan gliserol. Bakteri yang mampu menghasilkan enzim lipase memiliki peran penting dalam pembusukan makanan sehingga bahan makanan yang dibuang dapat terurai kembali. Bakteri teridentifikasi tersebut adalah *Acinobacter* sp. Zufahair (2007) juga menyatakan *Acinotebacter*, sp mampu mendegradasi plastik. Bakteri pendegradasi plastik ini mampu mengakibatkan perubahan secara fisik pada film plastik yang tipis.

Nathania (2013) menemukan kemampuan mikroorganisme lain dari sampel tanah yang juga mampu mendegradasi plastik. Mikroorganisme tersebut adalah kapang yang mampu mensekresi enzim dan memecah polimer pada plastik. Hasil isolasi dari 21 isolat menunjukkan hanya 5 isolat kapang yang mampu mendegradasi polimer plastik. 5 isolat kapang tersebut antara lain *Gliomastix* sp., *Chaetomium* sp., *Fusarium* sp., *Mortierella* sp., dan *Paecilomyces* sp.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Labuzek, Nowak dan Pajak (2004) dari mengisolasi mikroba tanah TPA, ditemukan beberapa jenis kapang yang mampu mendegradasi limbah plastik. Kapang yang teridentifikasi antara lain adalah *Aspergillus niger* dan *Penicillium feniculosum*. Mikroba kapang diisolasi dan ditumbuhkan pada media yang dimodifikasi dengan campuran plastik jenis LDPE

(*Low Density Polyethylene*). Isolat kapang yang tumbuh menghasilkan secret enzim yang mampu mendegradasi plastik. Polyethylene yang terdapat pada plastik digunakan sebagai sumber karbon dan sumber energi bagi kapang, sebagai timbal baliknya kapang mengeluarkan enzim yang mengoksidasi LDPE yang selanjutnya digunakan untuk menguraikan plastik tersebut. Lee, Gilmore dan Huss pada tahun (2005) juga melakukan penelitian dimana kapang yang diisolasi menunjukkan kemampuan mendegradasi plastik sebesar 0,1 sampai 0,02%. Kemampuan isolat kapang dalam mendegradasi PHB, dilihat dengan mengukur zona bening yang dihasilkan pada media yang telah termodifikasi serbuk *polyethylene*.

Kapang (*mold*) tergolong jamur/ fungi bentuk benang. Golongan fungi ini memiliki tubuh atau talus yang terdiri dari dua bagian yaitu, bagian vegetatif berupa benang dan bagian generatif berupa spora. Bagian vegetatif biasanya berupa benang-benang halus yang bersekat atau tidak bersekat. Bagian yang berupa benang disebut hifa dan kumpulan dari hifa disebut miselium. Setiap hifa lebarnya hanya sekitar 2 - 10 μ m (Purnomo, 2005). Kapang merupakan mikroorganisme yang juga paling banyak berperan dalam proses degradasi limbah.

Pemerintah dan masyarakat selama ini belum banyak mengetahui potensi kapang dalam mendegradasi limbah terutama plastik. Kurangnya pengetahuan mengenai penguraian limbah oleh kapang disebabkan kurangnya ketersediaan bacaan mengenai kapang pendegradasi limbah plastik. Kurangnya informasi, menjadi salah satu penyebab kecenderungan masyarakat membakar limbah plastik yang justru menyebabkan pencemaran udara. Selain itu kurangnya referensi mengenai kapang pendegradasi plastik menjadi faktor kurangnya ketersediaan suatu produk yang dapat membantu mengurai limbah plastik lebih cepat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik isolat kapang tanah TPA Kota Madiun dengan potensi mendegradasi limbah plastik. Hasil penelitian ini diharapkan Memberikan informasi kepada masyarakat mengenai cara kerja mikroba dalam mendegradasi limbah plastik yang memerlukan waktu relatif lama, sehingga menumbuhkan kesadaran masyarakat, untuk meminimalisir penggunaan kantong plastik dan beralih pada bahan ramah lingkungan, serta melakukan pengolahan sampah skala rumah tangga seperti 3R (*Reduse, reuse and recycyle*). Informasi ini juga diharapkan mampu menambah referensi penelitian bagi pemerintah/instansi

terkait (Dinas Lingkungan Hidup), sehingga dapat dikembangkan untuk suatu metode penanganan limbah plastik menggunakan kapang, sehingga proses degradasi gunung sampah di TPA dapat lebih cepat.

METODE PENELITIAN

Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif dengan mendeskripsikan data yang diperoleh dengan mengidentifikasi morfologi kapang yang terdiri dari pengamatan permukaan isolat, warna sebalik, garis radial, tetes-tetes eksudat, lingkaran kosentris (zonasi), jenis hifa, bentuk hifa, bentuk spora aseksual sederhana, bentuk khusus spora aseksual, pengaturan spora aseksual, variasi spora seksual dan sel spora seksual.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah tabung reaksi, cawan petri, *erlenmeyer*, *beakerglass*, rak tabung, *blue tip*, mikropipet, neraca digital, oven, *autoclave*, *laminar air flow* (LAF), *hot plate*, *magnetic stirrer*, pengaduk, *shaker rotation*, bunsen, mikroskop, objek glass, kamera handphone, sarung tangan, masker dan jas laboratorium.

Bahan yang digunakan adalah sampel tanah TPA, kantong kresek hitam, PDA (*Potato Dextrose Agar*), chloramphenicol, aquadestila steril, serbuk PE (*Polyethylene*), 1% tween-80, 1% gelatin, 1% amilum, alkohol dan spirtus.

Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian meliputi obsevasi. Pengamatan morfologi kapang meliputi pengamatan secara makroskopis dan mikroskopis kapang. Pengamatan makroskopis kapang meliputi pengamatan permukaan isolat dan warna koloni dilihat dari tepi dan atas cawan petri, warna sebalikdengan melihat warna koloni kapang dari permukaan bagian bawah cawan petri, garis radial dengan melihat dari sisi atas cawan petri, tetes-tetes eksudat dilihat dari sisi atas cawan petri, lingkaran kosentris (zonasi) dengan melihat bagian atas cawan petri Rakhmawati (2012). Pengamatan mikroskopis kapang meliputi jenis hifa, bentuk hifa, bentuk spora aseksual sederhana, bentuk khusus dengan menggunakan mikroskop dengan mengambil beberapa helai dari hifa koloni kapang.

spora aseksual, pengaturan spora aseksual, variasi spora seksual dan sel spora seksual (Gandjar, 2000).

Analisis Data

Biakan murni isolat diperlukan untuk dapat mengetahui karakterisasi isolat pada setiap koloni. Biakan murni perlu dilakukan untuk dapat membedakan karakter dari setiap koloni kapang yang tumbuh. Pembuatan biakan murni memasukkan ± 5 ml media PDA dalam tabung reaksi kemudian ditutup dengan kapas dan aluminium foil kemudian di sterilkan. Media agar dimiringkan sampai mengeras supaya terbentuk agar miring. Spora kapang diambil dengan ose dari isolasi mikroba dan ditumbuhkan di media miring dengan metode zig-zag (Pujiati, 2014). Tabung reaksi kemudian disimpan dalam inkubator dengan suhu 37°C selama 48 jam (Raaman, 2012).

Isolat kapang yang telah tumbuh kemudian dikarakterisasi dengan mengamati pengamatan permukaan isolat, warna sebalik, garis radial, tetes-tetes eksudat, lingkaran kosentris (zonasi). Pengamatan mikroskopis kapang meliputi jenis hifa, bentuk hifa, bentuk spora aseksual sederhana, bentuk khusus spora aseksual, pengaturan spora aseksual, variasi spora seksual dan sel spora seksual (Gandjar, 2000).

Prosedur Penelitian

Isolasi Kapang

Isolasi kapang dilakukan untuk memindahkan mikroba kapang dari habitat alamnya ke medium buatan. 1 g sampel tanah dimasukkan kedalam tabung pengenceran 10^{-1} selanjutnya dilakukan pengenceran bertingkat 10^{-8} . 1 ml dari 3 pengenceran terakhir, ditanam secara *spread plate* pada medium PDA yang telah dituang dalam cawan petri steril ± 15 ml, kemudian digoyangkan membentuk angka 8 sampai mengeras (Pujiati, 2014). Cawan selanjutnya disimpan dalam inkubator dengan suhu 37°C selama 48 jam (Raaman, 2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan dengan mengambil sampel tanah TPA Kota Madiun, di Kelurahan Winongo Kecamatan Mangunharjo, Kota Madiun. TPA Kota Madiun memiliki area zona pasif pengolahan *landfill control* sebanyak 6 zona dan 1 area

untuk zona aktif. Hasil observasi menunjukkan area zona 5 saat ini dijadikan sebagai zona aktif, sementara zona 1, 2, 3, 4, 6 dan 7 menjadi area zona pasif. Sampel tanah yang diambil merupakan tanah dari area zona pasif 4.

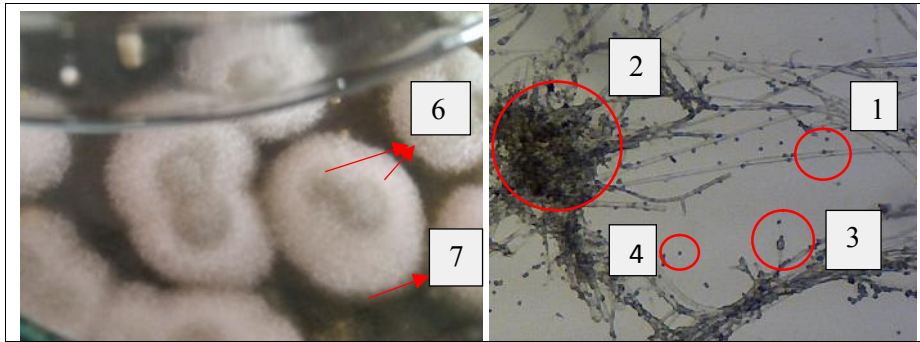
Tanah dari zona pasif 4 memiliki warna kehitaman dengan tekstur tanah sedikit berlumpur dan belum keras memadat. Tanah pada area zona 4 memiliki timbunan sampah yang mulai menyusut sehingga diduga mikroba tanah pada zona tersebut masih aktif mengurai sampah. Area 4 dipilih karena belum banyak ditumbuhi oleh tanaman dan masih adanya tumpukan sampah yang menggunung tetapi belum banyak yang teruai. Karakteristik tanah pada area tersebut diasumsikan berpotensi memiliki beragam mikroba kapang yang dapat menguraikan sampah baik organik maupun anorganik dan dapat diamati aktivitas metabolisemenya dalam proses penguraian.

Isolasi dilakukan dari sampel tanah TPA pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*) dan diinkubasi pada suhu ruang selama 48 jam. Isolasi dilakukan dengan menggunakan air aquadest steril dan diambil dari pengenceran 10^{-4} dan 10^{-5} . Hasil pengamatan dari isolasi menunjukkan adanya 3 koloni kapang yang masing-masing diberi nama EA1, EA2 dan EA3. Koloni kapang yang tumbuh diamati lebih lanjut untuk melihat karakteristik makroskopis dan mikroskopis kapang.

Pengamatan makroskopis pada koloni kapang meliputi beberapa parameter, diantaranya yaitu warna koloni, permukaan/tekstur koloni, warna sebalik (*reverse colony*), tetes-tetes eksudat (*exudat drop*), zonasi, garis radial (*radial furrow*) dan zona pertumbuhan (*growing zone*). Parameter lain yang digunakan dalam penelitian untuk mengamati karakteristik mikroskopis kapang antara lain jenis hifa, bentuk hifa, bentuk spora aseksual sederhana, bentuk khusus spora aseksual, pengaturan spora aseksual, variasi spora seksual dan bentuk sel spora seksual. Kenampakan morfologi kapang secara makroskopis dan mikroskopis dapat dilihat pada gambar 1 sampai dengan gambar 3. Data hasil pengamatan morfologi kapang disajikan pada tabel 1 dan 2.

1. Pengamatan Morfologi Kapang EA1

Hasil Pengamatan Morfologi Koloni EA1 menunjukkan beberapa ciri-ciri makroskopis seperti berwarna putih kehijauan. Hasil isolasi kapang EA1 dapat dilihat pada gambar 2 berikut.

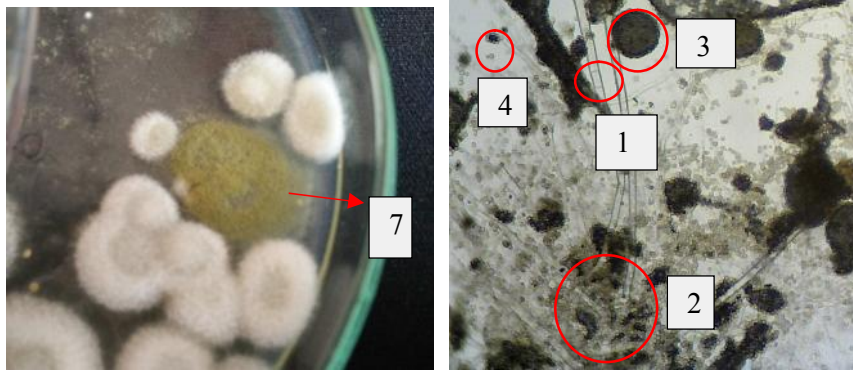


Gambar 1. Kenampakan Morfologi Kapang EA1 Secara Makroskopis (Kiri) dan Secara Mikroskopis (Kanan). Perbesaran 400x. Pencitraan Obtilab 680 x 480 (Sumber : Hardiyanti, 2017). Nomor 1 menunjukkan jenis hifa bersekat; 2. menunjukkan bentuk hifa yang memiliki rhizoid; 3. bentuk spora aseksual yang diproduksi tunggal; 4. bentuk spora aseksual bulat; 6. zonasi pada kapang; 7. zona tumbuh kapang.

Koloni kapang EA1 memiliki beberapa ciri makroskopis antara lain warna putih kehijauan dengan adanya zonasi. Zonasi di tunjukkan dengan adanya perbedaan warna seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 terdapat warna hijau dan putih yang berselang-seling. Tepi koloni kapang juga terdapat adanya zonasi yang ditandai dengan adanya hifa berwarna putih transparan. Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan adanya beberapa karakteristik penting yang ditemukan diantaranya kapang memiliki hifa yang bersekat dan juga pada hifa kapang memiliki rhizoid. Spora kapang EA1 diproduksi pada suatu bagian yang terapat pada ujung hifa yang disebut dengan konidiofor. Konidiofor kapang EA1 diproduksi secara tunggal pada ujung hifa, spora yang dihasilkan memiliki bentuk bulat. Hasil pengamatan kapang EA1 selengkapnya dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

2. Pengamatan Morfologi Kapang EA2

Hasil pengamatan kpag EA2 menunjukkan kapang memiliki warna yang sangat mencolok yaitu hijau kekuningan. Karakteristik yang diamati dan dicatat, beberapa ciri makroskopis dan mikroskopisnya belum dapat ditemukan. Hasil pengamatan morfologi kapang EA2 dapat dilihat pada gambar 3.

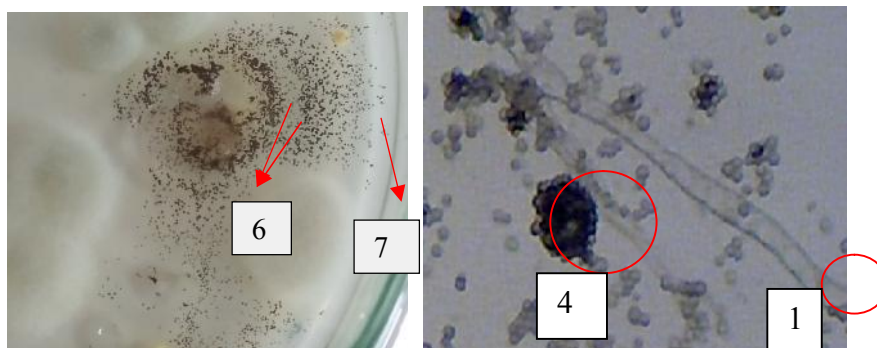


Gambar 2. Kenampakan Morfologi Kapang EA2 Secara Makroskopis (Kiri) dan Secara Mikroskopis (Kanan) Perbesaran 400x. Pencitraan Obtilab 680 x 480(Sumber : Hardiyanti, 2017). Nomor 1 menunjukkan jenis hifa kapang bersekat; 2. hifa kapang memiliki rhizoid; 3. bentuk spora aseksual diproduksi berkelompok; 4. bentuk spora aseksual bulat; 7 menunjukkan zona tumbuh kapang.

Kapang EA2 memiliki beberapa ciri makroskopis diantaranya warna hijau kekuningan dan memiliki zona tumbuh. Zona tumbuh kapang dapat terlihat ditandai dengan adanya hifa berwarna hijau yang transparan pada tepi koloni. Karakteristik makroskopis lainnya belum dapat ditemukan dalam pengamatan. Koloni kapang EA2 juga memiliki karakteristik mikroskopis penting diantaranya hifa kapang memiliki sekat. Kapang juga memiliki rhizoid pada hifanya. Bentuk spora aseksualnya erupa konidifor yang diproduksi secara berkelompok pada ujung hifa. Spora yang dihasilkan berbentuk bulat, sementara itu beberapa karakteristik mikroskopis kapang belum dapat ditemukan.

3. Pengamatan Morfologi Koloni Kapang EA3

Kapang EA3 yang berhasil diisolasi memiliki warna hitam. Awal pertumbuhan kapang berwarna putih sementara setelah 3 hari konidia kapang berwarna hitam. Hasil pengamatan karakteristik kapang EA3 dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Kenampakan Morfologi Kapang EA3 Secara Makroskopis dan Secara Mikroskopis (Bawah) Perbesaran 400x. Pencitraan Obtilab 680 x 480 (Sumber : Hardiyanti, 2017). Nomor 1 menunjukkan hifa bersekat; 4. menunjukkan spora berbentuk bulat dengan ornament tonjolan seperti duri yang tidak beraturan; 6. zonasi; 7. zona tumbuh.

Koloni kapang EA3 memiliki warna hitam. Awal pertumbuhan kapang, memiliki hifa berwarna putih. Setelah 3 hari penanaman kapang memiliki konidia berwarna hitam yang lebat. Karakterisasi secara makroskopis kapang memiliki zonasi yang ditandai adanya hifa berwarna gelap terang. Koloni juga menunjukkan adanya zona tumbuh pada kapang dengan hifa transparan pada tepi koloni. Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan hifa pada kapang EA3 memiliki sekat. Spora kapang juga berbentuk bulat dengan ornament adanya tonjolan seperti duri yang tidak beraturan. Karakteristik kapang EA3 pada beberapa parameter belum dapat diamati dalam penelitian.

Hasil isolasi menunjukkan adanya 3 koloni kapang yang masing-masing telah dikarakterisasi secara makroskopis dan mikroskopis. Hasil karakterisasi tersebut dapat dilihat pada tabel 2 dan 3.

Tabel 1. Karakteristik Makroskopis Isolat Kapang

Koloni	Warna	Tekstur	Warna Sebalik	Garis Radial	Tetes Eksudat	Zonasi	Zona Tumbuh
EA1	Putih kehijauan	Seperti kapas	Putih	-	-	Ada	Ada
EA2	Hijau kekuningan	Beludru	Hijau kekuningan	-	-	-	Ada
EA3	Hitam	Seperti tepung	Hitam	-	-	Ada	Ada

Tabel 2. Karakteristik Mikroskopis Isolat Kapang

Koloni Kapang	Jenis Hifa	Bentuk Hifa	Bentuk Spora Aseksual Sederhana	Bentuk Spora Aseksual Khusus	Pengaturan Spora	Variasi spora seksual	Sel spora seksual
EA1	Septum	Mempunyai rhizoid	Konidiofor	Bulat	Diproduksi tunggal	-	-
EA2	Septum	Mempunyai rhizoid	Konidiofor	Bulat	Diproduksi Kelompok berbentuk klaster	-	-
EA3	Septum	Mempunyai rhizoid	Konidiofor	Bulat dengan ornamen	Diproduksi tunggal	-	-

Hasil karakterisasi yang diperoleh dari mengamati 3 isolat (EA1, EA2 dan EA3) kapang tersebut berupa karakter makroskopis dan mikroskopis, selanjutnya dicocokkan dengan karakteristik kapang yang ditulis oleh Gandjar(2000). Perbandingan tersebut dilakukan untuk dapat mengetahui jenis kapang sampai pada tingkat *genus*, akan tetapi prosedur tersebut tidak dapat dilakukan karena minimnya sumber yang diperoleh dari isolat yang diteliti.

Isolat kapang EA1 memiliki warna putih kehijauan, memiliki tekstur seperti kapas, warna sebalik koloni putih, tidak terdapat garis radial dan tetes eksudat, memiliki zonasi dan zona tumbuh, jenis hifa septum (bersekat), hifa memiliki rhizoid, spora aseksual sederhana konidiofor, bentuk spora khusus aseksual bulat dan pengaturan spora diproduksi tunggal. Ciri mikroskopis lain seperti variasi spora seksual dan bentuk sel spora belum dapat terlihat karena minimnya sumber alat. Dugaan sementara isolat kapang EA1 yang disesuaikan dengan buku Gandjar (2000) adalah jenis *Thricoderma*.

Koloni kapang EA2 memiliki warna hijau kekuningan, tekstur kapang seperti beludru, warna sebalik hijau kekuningan, tidak ditemukan adanya garis radial, tetes eksudat dan zonasi, terdapat zona tumbuh pada bagian tepi. Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan kapang memiliki hifa bersekat dan memiliki rhizoid, spora aseksual berupa konidiofor dengan bentuk spora khusus bulat, spora diproduksi kelompok. Variasi spora seksual dan sel spora seksual juga belum ditemukan seperti pada kapang EA1. Dugaan sementara kapang EA2 merupakan jenis *Aspergillus flavus*.

Koloni kapang EA3 berwarna hitam, tekstur permukaan seperti tepung, warna sebalik koloni hitam, tidak ditemukan garis radial dan tetes eksudat, terdapat zonasi dan zona tumbuh. Hifa kapang bersekat dan mempunyai rhizoid, dengan spora aseksual berupa konidiofor dengan bentuk spora bulat dengan ornament berupa tonjolan duri-duri. Pengaturan spora diproduksi tunggal, variasi spora seksual dan sel spora seksual belum dapat ditemukan dalam pengamatan ini. Dugaan sementara hasil pencandraan menurut Gandjar (2000) tergolong *Aspergillus niger*.

Hasil pengamatan karakteristik dilakukan pada usia biakan 3 hari setelah penanaman. Usia 3 hari dari penanaman tergolong masih sangat muda sehingga beberapa karakteristik kapang menjadi tidak terlihat. Beberapa karakteristik tersebut antara lain garis radial dan tetes eksudat. Pengamatan secara mikroskopis juga memerlukan pengamatan lebih teliti terutama untuk dapat melihat spora seksual kapang.

DAFTAR PUSTAKA

- Gandjar, I., Samson, R. A., Vermulen, K., V., Oetari, A., & Santoso, I. (2000). *Pengenalan Kapang Tropik Umum*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Inggaweni, L., & Suyatno. (2015). Karakteristik Sifat Mekanik Plastik *Biodegradable* dari Komposit *High Density Polyethyelene* (HDPE) dan Pati

- Kulit Singkong (pp41-46). *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. Surabaya: Jurusan Kimia FPMIPA. Universitas Negeri Surabaya.
- Kiswandayani, A.V., Susanawati, L.D., & Wirosodarmo, R. (2016). Komposisi Sampah dan Potensi Emisi Gas Rumah Kaca pada Pengelolaan Sampah Domestik: Studi Kasus TPA Winongo Kota Madiun. *Jurnal Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, 9-17.
- Labuzek, S., Nowak, B., & Pajak, J. (2003). The Susceptibility of Polyethylene Modified with Bionolle to Biodegradation by Filamentous Fungi. *Polish Journal of Environmental Studies*, 13(1): 59-68.
- Lee, K.-M., Gilmore, D.F., & Huss, M.J. (2005). Fungal Degradation of the Bioplastic PHB (Poly-3-Hydroxy-Butyric Acid). *Journal of Polymers and the Environment*, 13(3): 213-219.
- Mujiarto, I. (2005). Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Zat Aditif. *Jurnal Traksi*, 3(2): 65.
- Nathania. T.R., & Kuswyasari, N.D. (2013). Studi Potensi Isolat Kapang Wonorejo Surabaya dalam Mendegradasi Polimer Bioplastik *Poly Hydroxy Butyrate (PHB)*. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, 2(2): 55-58.
- Pemerintah Kota Madiun Dinas Kebersihan dan Pertamanan. (2013). *Laporan Akhir: Penyusunan Rencana Induk Pengelolaan Sampah*. Madiun.
- Primiani, C. N., & Pujiati, P. (2017, February). Leguminosae Kacang Gude (Cajanus Cajan) Dan Manfaatnya Untuk Kesehatan. In *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian LPPM Universitas PGRI Madiun* (pp. 31-35).
- Pujiati, P., Kiswardianta, R. B., & Solikati, W. (2014). Pengaruh Konsentrasi Dan Lama Inkubasi Terhadap Aktivitasenzim Selulase Darikapang *Aspergillusniger*. *Jurnal Penelitian LPPM (Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat) IKIP PGRI MADIUN*, 2(1), 19-24.
- Purnomo, B. (2005). *Bahan Bacaan Kuliah: Dasar-dasar Mikrobiologi*. PS. IHPT. Faperta Unib.
- Raaman, N., Rajitha, N., Jayshree, A., & Jegadeesh, R. (2012). Biodegradation of Plastic by *Aspergillus* spp. Isolated from Polythene Polluted Sites Around Chennai. *J. Acad. Indus. Res*, 1(6): 313-316.
- Rakhmawati, A. (2012). *Klasifikasi Jamur* <http://staff.uny.ac.id>.
- Zusfahair, Lestari, P., Ningsih, D. R., & Widyaningsih, S. (2007). Biodegradasi Polietilena Menggunakan Bakteri dari TPA (Tempat Pembuangan Akhir) Gunung Tugel Kabupaten Banyumas. *Molekul*, 2(2): 98-106.
- Zusfahair, Setyaningtyas, T., & Fatoni, A. (2010). Isolasi, Pemurnian dan Karakterisasi Lipase Bakteri Hasil Skrining dari Tanah Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Gunung Tugel Banyumas. *Jurnal Natur Indonesia*, 12(12): 124-129.