

Degradasi Plastik Oleh Jamur *Aspergillus terreus* (LM 1021) Pada pH 5 dan 6; Serta Suhu 25⁰C dan 35⁰C

U.M. Rohmah, M. Shovitri, dan N.D. Kuswytasari

Departemen Biologi, Fakultas Ilmu Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: mshovitri@bio.its.ac.id

Abstrak—Polietilen merupakan polimer penyusun plastik yang sulit didegradasi secara alami, dan berpotensi menjadi limbah lingkungan. Jamur dapat menjadi alternatif dalam mendegradasi plastik. Jamur *Aspergillus terreus* diketahui memiliki kemampuan dalam mendegradasi plastik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pH 5 dan 6 serta suhu 25⁰C dan 35⁰C terhadap degradasi plastik oleh jamur *A. terreus* (LM 1021) selama 20 hari pada *Minimal Salt Medium* (MSM) dengan potongan plastik. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah berat kering biomassa, persentase degradasi (ED) dan analisis *fourier transform infrared* (FTIR). Hasil dari penelitian setelah 20 hari inkubasi menunjukkan bahwa biomassa tertinggi didapat pada pH 5 suhu 25⁰C yang mencapai 65 mg. Sedangkan nilai ED mencapai 3,25% pada pH 6 suhu 25⁰C. Analisis FTIR menunjukkan telah terjadi perubahan persentase transmisi *peak* untuk gugus CH, CH₂, dan C=C yang merupakan indikasi adanya perubahan gugus fungsional atau molekul kimia.

Kata Kunci—degradasi, jamur, plastik, pH, suhu.

I. PENDAHULUAN

PLASTIK merupakan polimer yang terdiri dari monomer dengan ikatan kimia. Polimer tersebut termasuk *polyethylene*, *polypropylene*, *polystyrene*, *polyurethane*, dan *nylon* [1]. *Polyethylene* atau polietilen banyak digunakan sebagai bahan pembuat plastik [2], karena sifatnya yang sangat stabil dan kuat [1]. Polietilen memiliki sifat kuat, fleksibel, meleleh pada suhu 70⁰C [3], mudah dibentuk [4], serta transparan. Strukturnya yang solid, menyebabkan polietilen sulit untuk didegradasi. Hal ini menjadikan polietilen sebagai limbah/sampah yang berbahaya bagi lingkungan.

Terdapat beberapa cara dalam mendegradasi polietilen, antara lain dengan kimia, *thermal*, maupun secara biologis. Secara biologis, polietilen dapat didegradasi oleh mikroorganisme [5]. Biodegradasi merupakan proses pemecahan polimer, baik polimer alami maupun sintetik oleh agen biologis seperti jamur atau bakteri [6]. Saat ini, penelitian mengenai kemampuan jamur sebagai agen pendegradasi plastik telah banyak dilakukan [7][8]. Berbeda dengan bakteri, jamur masih dapat tumbuh meskipun bukan pada substrat spesifik, bahkan pada kondisi lingkungan asam [9]. Kemampuannya tumbuh pada kondisi tercekam menyebabkan jamur mampu menghasilkan beberapa enzim yang mampu digunakan dalam mendegradasi senyawa organik [10].

Dalam penelitian [11] telah berhasil diisolasi dan dipurifikasi 37 isolat jamur tanah dari Wonorejo Surabaya.

Dari 37 isolat, jamur *Aspergillus terreus* (LM 1021) telah diketahui memiliki kemampuan dalam degradasi plastik. Pada penelitian [12][11][13] diketahui bahwa *A. terreus* (LM 1021) mampu mendegradasi plastik PHB sebesar 44,96%, kantong plastik 4,28% serta LDPE murni sebesar 4,9%. Jamur *A. terreus* (LM 1021) termasuk jamur kelompok Askomisetes, yang memiliki ciri khas membentuk spora dalam askus dan membentuk askospora sebanyak 2-8 [14][15]

Dalam proses biodegradasi dipengaruhi oleh pertumbuhan biomassa jamur. Suhu, kelembaban, pH dan cahaya mempengaruhi pertumbuhan biomassa jamur [16][17]. Pada skala laboratorium, jamur mampu tumbuh pada kisaran pH yang luas yaitu antara 4,5-8,0 dengan pH optimum 5,5-7,7 tergantung jenis jamurnya [18]. Pertumbuhan pada suhu di bawah suhu optimum dapat menurunkan rata-rata metabolisme selnya. Suhu di atas optimum, menyebabkan pertumbuhan menurun dan dimungkinkan terjadinya kematian jika melampaui suhu maksimumnya [19].

Suhu dan pH merupakan beberapa faktor yang berpengaruh dalam proses pertumbuhan dan proses biodegradasi oleh jamur. Sehingga dalam penelitian ini, akan dilakukan uji biodegradasi plastik oleh jamur *Aspergillus terreus* (LM 1021) pada pH 5 dan 6; serta suhu 25⁰C dan 35⁰C pada *minimal salt medium* (MSM) selama 20 hari. Parameter yang diamati adalah berat kering biomassa jamur, persentase degradasi (ED) plastik, dan analisis perubahan gugus fungsi plastik dengan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)

II. METODOLOGI

A. Pembuatan Medium

Medium yang digunakan dalam penelitian meliputi *Potato Dextrose Agar* (PDA), *Potato Dextrose Agar* (PDA) Ditimbng *Potato Dextrose Broth* (PDB), serta *Minimal Salt Medium* (MSM). Pada pembuatan PDA, ditimbang PDA instan sebanyak 39 gram dan dilarutkan dalam 1000 ml aquades [20]. Sedangkan pada medium PDB, ditimbang kentang sebanyak 200 gram dan direbus 1000 ml aquades, lalu disaring ekstraknya. Ekstrak kentang ditambah dengan 20 gram dextosa. Masing-masing medium diberi *chloramphenicol* sebanyak 100 mg/L, kemudian dipanaskan dan dihomogenkan menggunakan *hot plate magnetic stirrer* dan diautoklaf pada suhu 121⁰C tekanan 1,5 atm selama 15 menit [20][21].

Medium MSM dibuat dengan komposisi $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 3 gram, KH_2PO_4 3 gram, NaCl 0,5 gram, NH_4Cl 1 gram, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,5 gram, CaCl_2 1 mg, $\text{FeCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 1 mg, yeast ekstrak 0,007% (w/v), Bacto-peptone 0,003% (w/v), dalam 1000 ml [22]. Semua bahan medium MSM dihomogenkan dan dipanaskan hingga mendidih menggunakan *hot plate magnetic stirrer*. Medium diautoklaf pada suhu 121°C tekanan 1,5 atm selama 15 menit [21].

B. Subkultur Isolat

Spora isolat stok diambil dengan jarum tanam tajam dan disubkultur pada medium miring PDA yang baru secara duplo. Satu kultur digunakan sebagai kultur stok baru, serta satu kultur lain digunakan sebagai kultur kerja. Kultur tersebut diinkubasi selama 7 hari pada suhu ruang dalam kondisi aerob [23]. Kultur diamati pada hari ke-3, 5 dan 7 untuk menghindari adanya kontaminasi pada kultur isolat.

C. Pembuatan Starter dan Kurva Pertumbuhan

Pembuatan starter dan kurva pertumbuhan dimulai dengan enumerasi spora. Tabung berisi isolat jamur diberi aquades steril 5 ml, dihomogenkan dan dihitung jumlah spora menggunakan *haemocytometer* dengan perbesaran 400x. Kepadatan kultur yang dicapai adalah sebanyak 10^6 spora/ml, yang dihitung menggunakan persamaan 1 [24].

$$\text{Kepadatan spora} = \frac{n \times fp}{\frac{1}{400} \times 80 \times 0,1} \times \frac{1000 \text{ mm}^2}{1 \text{ ml}}$$

keterangan :

- n : jumlah sel yang dihitung
- fp : faktor pengenceran
- 1/400 : luas kotak kecil
- 80 : jumlah kotak yang dihitung
- 0.1 : tinggi/kedalaman *haemocytometer*

Suspensi jamur 1,5 ml dimasukkan ke dalam 13,5 ml medium PDB sehingga total volume menjadi 15 ml. Kultur diinkubasi selama 3-5 hari dalam *rotary shaker* dan akan digunakan sebagai kultur starter. Kultur starter dituangkan ke dalam 135 ml medium PDB baru dan diinkubasi dalam suhu ruang di *rotary shaker* selama 14 hari. Setiap 2 hari secara destruktif, dilakukan pemanenan biomassa jamur dan hasil penyaringan dikeringkan menggunakan oven suhu 60°C selama 2 hingga 3 hari. Biomassa jamur yang telah kering ditimbang hingga berat biomassa jamur konstan dan dibuat grafik kurva pertumbuhan.

D. Persiapan Sampel Uji

Sampel plastik dipotong ukuran 1 x 1 cm sebanyak 20 buah dengan 3 kali ulangan. Plastik disterilisasi dengan menggunakan alkohol 70% selama kurang lebih 30 menit [25], dibilas dengan aquades steril selama 20 menit, kemudian plastik uji disinari UV pada *Laminar Air Flow* selama 30 menit [26].

E. Biodegradasi Plastik

Biodegradasi plastik dilakukan dengan dua perlakuan, yaitu pH (5 dan 6) dan suhu (25°C dan 35°C) inkubasi. Untuk mencapai pH perlakuan, diatur dengan penambahan HCl 0,1 M [27]. Sebanyak 135 ml medium MSM

dimasukkan ke dalam botol gelas 500 ml dicampur dengan 15 ml kultur starter (kepadatan 10^6 spora/ml), dan ditambah dengan plastik uji sebanyak 20 buah (1 x 1 cm) dengan tiga kali ulangan. Proses degradasi plastik diinkubasi selama 30 hari dalam keadaan statis. Setelah 30 hari dilakukan pengukuran berat kering biomassa plastik, prosentase degradasi plastik, dan analisa FTIR.

Penelitian biodegradasi plastik menggunakan dua kontrol yaitu kontrol positif dan kontrol negatif, masing-masing dengan tiga kali ulangan. Pada kontrol positif menggunakan plastik uji sebanyak 20 buah (1 x 1 cm), dengan pH medium (7) dan suhu ruang, serta penambahan 15 ml kultur starter. Sedangkan pada perlakuan kontrol negatif, menggunakan plastik uji sebanyak 20 buah (1 x 1 cm), pH medium (7) dan suhu ruang, tanpa penambahan inokulum. Suhu ruang yang digunakan merupakan rata-rata suhu ruang selama 20 hari

1) Perhitungan Biomassa Jamur

Biomassa jamur diukur pada akhir masa inkubasi. Biomassa jamur disaring menggunakan kertas saring [27]. Biomassa hasil penyaringan kemudian dipindah kedalam aluminium foil untuk dikeringkan. Pengeringan dilakukan menggunakan oven dengan suhu 80°C selama 48-72 jam. Biomassa jamur kemudian ditimbang menggunakan neraca analitik hingga berat biomassa konstan. Biomassa jamur dihitung dalam bentuk mg/ml medium pertumbuhan [27].

2) Persentase Degradasi Plastik

Persentase degradasi plastik merupakan selisih berat kering plastik sebelum dan sesudah masa inkubasi. Setelah 20 hari masa inkubasi, plastik kemudian diambil dan dicuci dengan aquades steril. Plastik kemudian disterilisasi dengan menggunakan alkohol 70% selama kurang lebih 30 menit dan dikeringkan pada suhu 60°C menggunakan oven [25]. Plastik kemudian ditimbang menggunakan neraca analitik untuk mengetahui berat kering akhir plastik. Nilai persentase degradasi dihitung menggunakan rumus efisiensi degradasi (dalam persen) dapat dihitung dengan persamaan 3 [8].

$$\text{ED} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\% \quad (3)$$

dimana:

- ED : efisiensi degradasi (dalam %)
- W₀ : berat kering plastik sebelum degradasi
- W₁ : berat akhir plastik setelah degradasi

3) Analisis Fourier Transform Infrared (FTIR)

Analisis FTIR digunakan untuk mengetahui perubahan struktur kimia atau gugus fungsi dari plastik yang telah didegradasi dengan jamur. Preparasi dilakukan dengan mengambil sampel plastik hasil inkubasi selama 30 hari untuk dicuci dengan air steril serta disterilisasi dengan menggunakan alkohol 70% selama kurang lebih 30 menit dan dikeringkan pada suhu 60°C menggunakan oven [25]. Pengukuran struktur kimia menggunakan FTIR dilakukan pada rentang panjang gelombang $400-4000 \text{ cm}^{-1}$ [30]. Adanya *peak* dalam yang terbentuk dari absorpsi FTIR digunakan untuk menentukan gugus fungsi yang terbentuk. Hidrokarbon memiliki nilai absorpsi 1450 dan 1375 cm^{-1} . Ikatan C=C memiliki absorpsi $1600-1450 \text{ cm}^{-1}$. C=O (karbonil) memiliki absorpsi $1820-1660 \text{ cm}^{-1}$. Sedangkan

ikatan rangkap tiga memiliki absorpsi pada rentang 330-2150 cm⁻¹ [28].

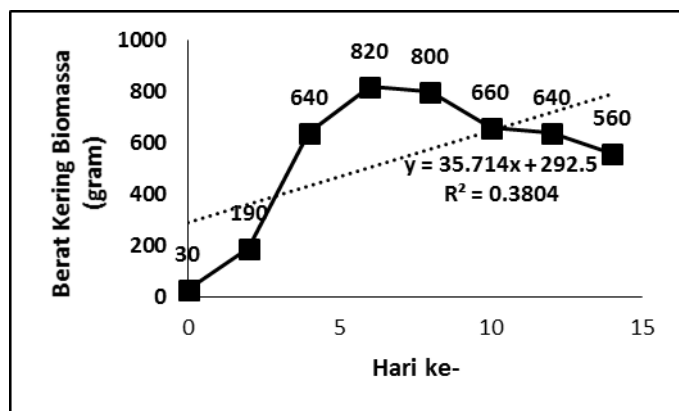
F. Analisa Data dan Rancangan Data

Pada penelitian ini digunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 ulangan. Data kemampuan degradasi plastik yang diperoleh diuji dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) *One Way* dan dianalisis menggunakan metode deskriptif kuantitatif deskriptif kualitatif.

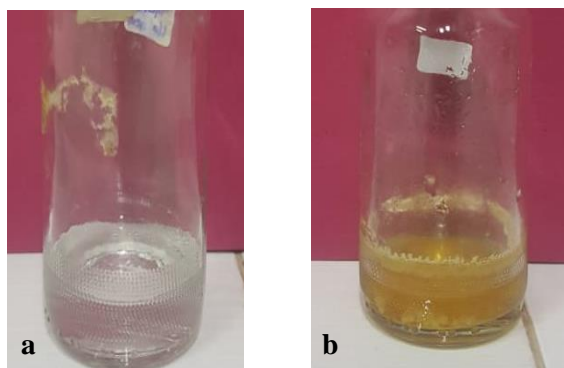
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kurva Pertumbuhan

Setiap mikroorganisme memiliki pola pertumbuhan yang berbeda walaupun pada medium yang sama. Gambar 1 merupakan kurva pertumbuhan *Aspergillus terreus* (LM 1021) pada medium *Potato Dextrose Agar* (PDB) selama 14 hari dengan pH medium (pH 7) dan suhu ruang. Pertumbuhan biomassa sel dalam medium cair akan terlihat memiliki bentuk seperti granul atau kapas kecil yang melayang-layang dalam medium. Bentuk seperti granul tersebut merupakan spora yang telah tumbuh menjadi miselium [29]. Hal tersebut juga terlihat pada pertumbuhan kultur *A. terreus* (LM 1021) pada medium PDB selama 14 hari masa inkubasi, dengan membentuk miselium berupa kapas kecil. Pada *A. terreus* (LM 1021) kapas kecil yang terbentuk berwarna kecoklatan (Gambar 2) dan terjadi perubahan warna pada medium yang semula kuning jernih (Gambar 2a), menjadi kecoklatan (Gambar 2b).



Gambar 1. Grafik Kurva Pertumbuhan *A. terreus* (LM 1021) Setelah 14 Hari Masa Inkubasi



Gambar 2. Pertumbuhan Isolat Jamur Pada Medium PDB: (a) Tanpa Penambahan Inokulum; (b) Dengan Inokulum *A. terreus* (LM 1021) Setelah 14 Hari Masa Inkubasi

Berdasarkan Gambar 2 dapat ditentukan usia starter jamur *A. terreus* (LM 1021) pada hari ke-3. Penentuan usia starter tersebut mengacu pada perhitungan 1/2 fase log [30]. Menurut [31], starter merupakan kumpulan mikroorganisme yang siap diinokulasikan ke dalam medium fermentasi. Umur starter yang baik digunakan sebagai inokulum adalah sepanjang fase log (fase eksponensial), yaitu di 1/2 fase log, karena pada fase ini sel memiliki tingkat pertumbuhan atau pembelahan yang tinggi, dan aktivitas sel meningkat, serta aktivitas metabolisme yang konstan [29] [32] [33].

B. Biodegradasi Plastik

1) Berat Kering Biomassa

Pada pertumbuhan jamur, biomassa yang dihasilkan dapat dihitung dan digunakan untuk mengetahui pertumbuhan isolat jamur jika ditumbuhkan pada medium yang tercekam nutrisi. Pada penelitian ini, medium yang digunakan untuk memberikan kondisi tercekam adalah medium *Minimal Salt Medium* (MSM).

Tabel 1

Berat Kering Biomassa *C. polyzona* (LM 1020) dan *A. terreus* (LM 1021) Pada pH dan Suhu Perlakuan Setelah 20 Hari Masa Inkubasi

Perlakuan	Rata-Rata <i>A. terreus</i> (LM 1021) (dalam mg)
pH5/T25	65,00 ± 7,07 ^b
pH5/T35	50,00 ± 14,14 ^b
pH6/T25	55,00 ± 7,07 ^b
pH6/T35	45,00 ± 7,07 ^b
Kontrol (+)	50,00 ± 14,14 ^b
Kontrol (-)	0,00 ± 0,00 ^a

Keterangan : Angka-angka yang ditandai dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan dengan taraf kepercayaan 95%

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa *A. terreus* (LM 1021) kedua isolat mampu tumbuh pada medium MSM selama 20 hari inkubasi pada setiap pH dan suhu perlakuan. Pada pH 5 suhu 25°C biomassa kering *A. terreus* (LM 1021) mencapai 65 mg. Kontrol positif (pH 7 dan suhu 30°C) menunjukkan berat kering yang lebih sedikit dibandingkan pada pH dan suhu dengan berat kering biomassa tertinggi, yaitu 50 mg. Setelah dilakukan uji Anova, terlihat bahwa jamur *A. terreus* (LM 1021) tidak berbeda nyata dan tidak terpengaruh oleh perubahan pH dan suhu. Kondisi ini mungkin karena jamur *A. terreus* (LM 1021) masuk dalam kelompok Askomisetes. Dalam reproduksinya, jamur kelompok Askomisetes akan membentuk askospora sebanyak 2 hingga 8 dalam askus. Adanya askus yang menyelimuti askospora mungkin menyebabkan *A. terreus* (LM 1021) tidak mudah terpengaruh oleh perubahan pH dan suhu [14][15]

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa *A. terreus* (LM 1021) mampu tumbuh pada medium MSM dengan potongan plastik selama 20 hari. Namun, bila dibandingkan dengan pertumbuhannya di medium PDB (Gambar 1), terlihat bahwa pertumbuhan pada medium MSM lebih rendah (Tabel 1) Pada medium pertumbuhan PDB (Gambar 1) berat kering dapat mencapai 800 mg selama 14 hari, sedangkan pada medium MSM hanya mencapai 100 mg selama 20 hari. Medium MSM, selain mengandung garam mineral juga mengandung yeast ekstrak 0,007% dan Bacto-Pepton 0,003%. Konsentrasi 0.007% yeast ekstrak digunakan hanya sebagai inisiasi pertumbuhan dalam medium minimal.

Yeast ekstrak dan Bacto-pepton merupakan sumber nutrisi yang dapat digunakan untuk inisiasi pertumbuhan. Menurut [34], yeast ekstrak mengandung sumber nitrogen yang mampu menstimulasi pertumbuhan miselia. Umumnya, yeast ekstrak yang digunakan dalam pembuatan 1L medium pertumbuhan adalah 5-10 gram [35][36]. Pada penelitian ini hanya digunakan 0,007% yeast ekstrak, karena yeast ekstrak dimaksudkan hanya digunakan sebagai inisiasi pertumbuhan dalam medium minimal.

2) *Persentase Degradasi*

Berdasarkan Tabel 1 terlihat adanya pertumbuhan jamur pada medium MSM yang mengandung plastik. Untuk mengetahui apakah plastik sebagai sumber karbon oleh jamur, maka dihitung kehilangan berat kering plastik. Tabel 2 menunjukkan persentase degradasi plastik (dalam %) yang dihitung berdasarkan kehilangan berat kering awal plastik dan berat kering akhir plastik setelah diinkubasi selama 20 hari. Adanya kehilangan berat kering plastik (Tabel 2) dapat menjadi indikasi awal bahwa telah terjadi degradasi plastik dan mungkin digunakan sebagai sumber karbon untuk pertumbuhannya selama 20 hari, selain penggunaan yeast ekstrak dan Bacto-Pepton.

Tabel 2

Persentase Degradasi Plastik *C. polyzona* (LM 1020) dan *A. terreus* (LM 1021) Pada pH dan Suhu Perlakuan Setelah 20 Hari Inkubasi

Perlakuan	Rata-Rata <i>A. terreus</i> (LM 1021) (dalam %)
pH5/T25	3,25 ± 0,35 ^c
pH5/T35	2,05 ± 0,49 ^b
pH6/T25	3,25 ± 0,35 ^c
pH6/T35	2,70 ± 0,42 ^{bc}
Kontrol (+)	5,50 ± 0,42 ^d
Kontrol (-)	0,00 ± 0,00 ^a

Keterangan : Angka-angka yang ditandai dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji Duncan dengan taraf kepercayaan 95%

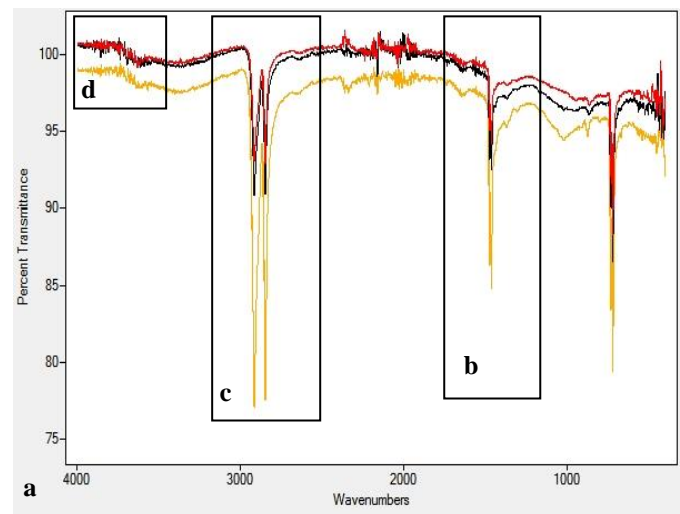
Berdasarkan Tabel 2 persentase degradasi tertinggi jamur *A. terreus* (LM 1021), yaitu sebesar 3,25%. Dari Tabel 2 terlihat bahwa persentase degradasi jamur *A. terreus* (LM 1021) pada pH 5 suhu 25°C; pH 6 suhu 25°C dan pH 6 suhu 35°C tidak berbeda nyata. Hal tersebut mengindikasikan bahwa *A. terreus* (LM 1021) memiliki rentang pH yang lebih asam, yaitu 5-6 pada rentang suhu yang lebih luas yaitu, 25-35°C dalam mendegradasi plastik.

Hasil persentase degradasi juga menunjukkan bahwa kedua jamur mampu menggunakan plastik sebagai substrat untuk pertumbuhannya. Pada kondisi tercekam, jamur akan mengeluarkan ekstraseluler enzim yang akan digunakan dalam mendegradasi senyawa organik kompleks, seperti polimer plastik. ekstraseluler enzim akan digunakan untuk mendepolimerisasi polimer plastik [37] [38]. Enzim merupakan protein yang sensitif terhadap perubahan pH dan suhu. Setiap enzim memiliki pH dan suhu optimum untuk bekerja secara efektif. Pada kebanyakan jamur, enzim lignolitik (lakase, lignin peroksidase dan mangan peroksidase) merupakan ekstraseluler enzim yang banyak diteliti kemampuannya dalam mendegradasi plastik. Hasil persentase degradasi tertinggi oleh *A. terreus* (LM 1021) pada pH 6 suhu 25°C berkaitan dengan pH dan suhu optimum untuk enzim lignolitik. Hasil ini berbeda dengan

penelitian [7] [39] [40] dimana enzim lignolitik optimum pada pH 4,5-6 dan optimum pada suhu 30-35°C

3) *Analisis Fourier Transform Infrared (FTIR)*

Berdasarkan hasil analisis FTIR (Gambar 3a) diketahui bahwa pada rentang panjang gelombang 400-4000 cm⁻¹, plastik perlakuan, kontrol positif dan kontrol negatif memiliki *peak* yang sama, yaitu pada pada rentang 1500-1450 cm⁻¹ (Gambar 3b). Menurut [28][41] *peak* tersebut menunjukkan gugus C=C dan aromatik. Sedangkan pada rentang 3000-2800 cm⁻¹ (Gambar 3c) juga memiliki *peak* yang sama, dimana menurut [28] [42] menunjukkan adanya ikatan tunggal C-H dan CH₂. Pada Gambar 3d, terlihat bahwa pada panjang gelombang 3400-4000 cm⁻¹ belum terbentuk *peak*. Panjang gelombang 3400-4000 cm⁻¹ merupakan panjang gelombang yang menunjukkan gugus OH [28] [43].



Gambar 3 Hasil Analisis FTIR Pada Plastik (a) plastik panjang gelombang 4000-400 cm⁻¹ (b) plastik pada panjang gelombang 1500-1450 cm⁻¹, (c) plastik pada panjang gelombang 3000-2800 cm⁻¹, (d) plastik pada panjang gelombang 4000-3200 cm⁻¹.

Pada semua titik (Gambar 3b, 3c dan 3d) terdapat perbedaan nilai persentase transmisi. Perbedaan nilai transmisi menunjukkan bahwa telah terjadi perenggangan pada rantai polimer. Perenggangan rantai polimer mengindikasikan telah terjadi degradasi oleh mikroorganisme. Berdasarkan [28], nilai persentase transmisi yang mendekati 100% menunjukkan bahwa polimer bersifat semakin renggang, karena tidak ada sinar inframerah yang diserap oleh polimer. Berdasarkan Gambar 3 terlihat bahwa plastik perlakuan (warna merah) memiliki nilai transmisi yang lebih tinggi dibandingkan plastik kontrol negative (warna hitam). Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadi perenggangan molekul kimia penyusun plastik akibat proses degradasi.

Menurut [44] adanya *peak* yang menunjukkan gugus fungsi C-H dan CH₂ menunjukkan bahwa polimer plastik tersusun atas polimer CH₂ yang berulang yang membentuk rantai polimer. Sedangkan adanya gugus C-H yang berikatan secara kovalen menunjukkan bahwa plastik memiliki stabilitas yang kuat sehingga sulit didegradasi. Perubahan *peak* pada panjang gelombang 4000-3200 cm⁻¹, menunjukkan adanya pengurangan dan penambahan gugus OH yang mengindikasikan adanya pengurangan atau

penambahan gugus hidroksil pada polimer plastik. Pengurangan atau penambahan gugus hidroksil mengindikasikan bahwa telah terjadi aktivitas enzim monooksigenase oleh jamur. Namun, inisiasi dari pemecahan rantai polietilen adalah langkah terpanjang dan paling sulit dalam proses degradasi, sehingga dibutuhkan waktu inkubasi yang lama untuk menghasilkan jumlah yang cukup dari gugus karbonil untuk melanjutkan proses dekomposisi. Melaporkan bahwa hanya sedikit rantai polietilena teroksidasi secara biologis yang digunakan oleh enzim intraselular dalam β -oksidasi dan pemotongan unit metilena.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan hasil penelitian degradasi plastik dengan perlakuan pH dan suhu selama 20 hari dalam *minimal salt medium* (MSM) dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh pH dan suhu terhadap pertumbuhan biomassa jamur dan persentase degradasi pada jamur *A. terreus* (LM 1021) perlakuan pH dan suhu tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan biomassa, namun berpengaruh terhadap persentase degradasi. Biomassa tertinggi dicapai pada pH 5 suhu 25°C sebesar 65 mg dan nilai persentase degradasi pada pH 6 suhu 25°C sebesar 3,25%. Hasil FTIR menunjukkan telah terjadi perubahan persentase transmisi yang mengindikasikan telah terjadinya perenggangan gugus fungsional atau molekul kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. M. and R. J. Vignesh, R., R. Charun D., "Screening of Plastic Degrading Microbes from Various Dumped Soil Samples," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 3, no. 4, pp. 2395–72, 2016.
- [2] M. T. and T. K. Gnanavel, G., V.P. Mohana jeya V., "Degradation of Polyethylene In The Natural Environment," *Int. J. Reseach Eng. Technol.*, vol. 2, no. 1, 2014.
- [3] dan D. K. Anggono, W., I.H. Siahaan, N. Jonoadj, "Sustainable Product Development Mesin Kantong Plastik dengan Aplikasi Tali Pengikat dengan Menggunakan 3D Modelling.," UGM, 2009.
- [4] dan E. T. Nowak, Bozena., Jolanta Pajak., Sylwia Labuzek., Grazyna Rymarz., "Biodegradation of Poly(ethylene terephthalate) Modified With Polyester "Bionolle," *POLIMERY*, vol. 56, 2011.
- [5] A. and S. V. Muthukumar, "Biodegradation of Plastics – A Brief Review," *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, vol. 31, no. 2, pp. 204–209, 2015.
- [6] dan A. T. Bhardwaj, Hilmani., Richa Gupta., "Microbial Population Associated With Plastic Degradation," *Open Access Sci. Reports*, vol. 1, no. 5, 2012.
- [7] K. K., "Polyethene and plastic-degrading microbes in an Indian Mangrove Soil," *Rev. Biol. Trop.*, vol. 51, pp. 629–633, 2003.
- [8] O. E. B. an. A. E. I., "Impacts of soil composting and poultry manure on biodegradation of polyethylene," *Int. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. Res.*, vol. 2, pp. 18–29, 2014.
- [9] J. . Pelczar, *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Jakarta: UI Press, 2010.
- [10] and G. R. Atiq, N., Safia A., Mshtiaq A., Saadja A., Bashir A., "Isolation and Identification of Polystyrene Biodegrading Bacteria from Soil," *African J. Microbiol. Res.*, vol. 4, pp. 1537–1541, 2011.
- [11] N. Jamila, "Studi Potensi Isolat Kapang Tanah Dalam Mendegradasi Polimer Plastik," ITS.
- [12] K. N. . Nathania, T.R., "Studi Potensi Isolat Kapang Wonorejo Surabaya dalam Mendegradasi Polimer Bioplastik Poly Hydroxy Butyrate (PHB)," *J. Sains Dan Seni Pomits ITS*, vol. 2, no. 2, pp. 2337–2352, 2013.
- [13] A. R. Kurniawati, "Kapang Tanah Mangrove Pendegradasi Plastik," ITS, 2018.
- [14] and M. P. Coppin, E., Robert D., Sylvine A., "Mating Types and Sexual Development in Filamentous Ascomysetes," *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, vol. 61, no. 4, pp. 411–428.
- [15] and U. K. Pogger, S., M. Nowrousian, "The Mycota I Growth, Differentiation and Sexuality," *Springer-Verlag Berlin Heidelb.*, 2006.
- [16] M. and B. Muljani, K., Santoso R., "Studi Pengembangan Manfaat Limbah Kayu Hutan untuk Budidaya Jamur," *J. Penelit.*, 1986.
- [17] M. and A. Ratnaningtiyas, I., Ekowati N., "Isolasi Seleksi Pembuatan Bibit Jamur Tiram serta Uji Kualitasnya Pada Media Serbuk Gergaji Kayu," *J. Penelit.*, 1999.
- [18] dan D. T. Widyastuti, N., "Aspek Lingkungan sebagai Faktor Penentu Keberhasilan Budidaya Jamur Tiram (Pleurotus sp)," *J. Teknol. Lingkung.*, vol. 9, no. 3, pp. 287–293, 2007.
- [19] S. M. and N. A. Hossain, "Effect of wheat straw powder on enhancement of ligninolytic enzyme activity using Phanerochaete chrysosporium," *Indian J. Biotechnol.*, vol. 7, pp. 502–507, 2008.
- [20] E. . Bradson, *Oxoid Manual*, 9th ed. England: OXOID Limited, 2006.
- [21] A. . Ahmad, Elis N.H., and Eti, "Pengaruh pH, Penggoyangan Media, dan Penambahan Serbuk Gergaji Terhadap Pertumbuhan Jamur Xylaria sp," *J. Silvikultur Trop.*, vol. 4, no. 2, pp. 57–61, 2013.
- [22] and J. M. G. Maddela, N.R., L. Schalvenzi, M. Perez, C. Montero, "Efficiency of Indigenous Filamentous fungi For Biodegradation of Petroleum Hydrocarbon in Medium and Soil: Laboratory Study from Ecuador," *Springer Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 2015.
- [23] and S. P. Maharani, M.M., Nuniek I.R., "Pengggunaan Beberapa Medium Semisintetik Untuk Produksi Miselium jamur Maitake (Grifola frondosa (Dickson:Fr.) S.F. Gray) Isolat Cianjur dan Ekstrak Kasarnya," *Scr. Biol.*, vol. 1, no. 1, pp. 20–25, 2014.
- [24] S. . Chenoweth, P.J. and Lorton, *Animal Andrology : Theories and Applications*. India: CAB International, 2014.
- [25] K. K. an S. C. Devi, R.S., Velu R.K., Duraisamy N., "Biodegradation of HDPE by Aspergillus spp. from marine ecosystem of Gulf of Mannar, India," *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 96, pp. 32–40, 2015.
- [26] K. V. Pramila, R. and Ramesh, "Biodegradation of Low Density polyethylene (LDPE) by Fungi Isolated from Municipal Landfill Area," *J. Microbiol. Biotechnol. Res.*, vol. 1, no. 4, pp. 131–136, 2011.
- [27] and D. H. A. . Kheiralla, Z.H., SAID M.B.E., Saad M.A.M., "Optimization Of Cultural Conditions For Lignin Peroxidase Production By Phanerochaete chrysosporium and Pleurotus ostreatus," *Acad. J. Biotechnol.*, vol. 1, no. 6, pp. 087–095, 2013.
- [28] G. S. K. and J. R. V. Pavia, D.L., G.M. Lampman, *Introduction To Spectroscopy*, Fifth Edit. Stamford USA: Cengage Learning, 2009.
- [29] & I. S. Gandjar, I., R.A. Samson, K.U.D. Tweel-Vermenlen, A. Oetari, "Pengenalan Kapang Tropik Umum," *Yayasan Obor Indonesia*, 2006.
- [30] S. Hogg, *Essential Microbiology*. England: John Wiley & Sons Ltd, 2005.
- [31] R. . Hutkins, *Microbiology and Technology of Fermented Food*. USA: Blackwell Publishing Ltd, 2006.
- [32] J. M. M. and J. P. Madigan, M.T., *Brock Biology of Microorganisms*. Prentice hall International Inc, 2002.
- [33] and W. X. C. Yang, Jin Shul., Hong Li Y.He Xiang W., "Purification and Characterization og Lignin Peroxidases From Penicillium decumbens P6," *J. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 21, pp. 435–440, 2005.
- [34] Y. J. . Kim H.O, Lim J.M, Joo J.H, Kim S.W, Hwang H.J, Choi J.W, "Optimization of submerged culture condition for the production of mycelial biomass and exopolysaccharides by Agroclybe cylindracea," *Bioresour. Technol.*, vol. 96, pp. 1175–1182, 2005.
- [35] A. D. Y. O., "Production of canthaxanthin by extremely halophilic bacteria," *J. Biosci Bioengin.*, vol. 88, pp. 617–621, 1999.
- [36] and J. L. Liu, H., Jing X., Rubing L., "Charecterization of rhe Medium- and Long-Chain n-Alkanes Degrading Pseudomonas aeruginosa Strain SJTD-1 and Its Alkane Hydroxylase Genes," *PLoS One*, vol. 9, no. 8, 2014.
- [37] B. S. and U. P. . Arutchelvi, J., Sudhakar M., Arkatkar A., Doble M., "Biodegradation of Polyethylene and Polypropylene," vol. 7, pp. 9–22, 2008.

- [38] T. M. D. Artham, "Biodegradation of Aliphatic and Aromatic Polycarbonates," *Macromol. Biosci.*, vol. 9, pp. 14–24, 2008.
- [39] I. M. and M. A., "Production And Optimization Of Lignolytic Enzymes By White Rot Fungus *Schizophyllum commune* IBL-06 in Solid State Medium Banana Stalks," *African J. Biotechnol.*, vol. 10, no. 79, 2011.
- [40] S. W. and O. H. Moubasher, H., Fatma A.M., "Purification and Characterization of Lignin Peroxidase Isozymes from *Hemicella grisea* (Traaen) and Its Application in Bioremediation of Textile Dyes," *Egypt J. Bot.*, vol. 57, no. 2, pp. 335–343, 2017.
- [41] Z. M. G. H. & G. R. Negi H., Gupta S., "Studies On Biodegradation Of LDPE Film In The Presence Of Potential Bacterial Consortia Enriched Soil," *Biologia (Bratisl.)*, vol. 57, pp. 141–147, 2011.
- [42] dan S. A. Shah, Aamer Ali., Fariha Hasan, Abdul Hameed, "Biological degradation of plastics: A comprehensive review," *Biotechnol. Adv.*, vol. 26, pp. 246–265, 2008.
- [43] T. A. and N. A. Bhatia M., Girdhar A., "Implications Of A Novel *Pseudomonas* Species On Low Density Polyethylene Biodegradation: An In Vitro To In Silico Approach," *Springer Plus*, 2014.
- [44] and E. C. Gautam, R., A.S. Bassi, E.K. Yanful, "Biodegradation Of Automotive Waste Polyester Polyurethane Foam Using *Pseudomonas chlororapsis* ATCC55729," *Int. Biodegrad. Biodegrad.*, vol. 60, p. 2008, 2008.