

PENENTUAN POTENSI KEMAMPUAN *TRICHODERMA*, *SP.* Dalam PROSES DEGRADASI SAMPAH PLASTIK RUMAH TANGGA

Aidha Zulaika¹, Tri Edhi Budhi Soesilo¹, Nita Noriko²

¹ Program Studi Ilmu Lingkungan, Fakultas Pascasarjana, Universitas Indonesia

² Program Studi Bioteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Al-Azhar Indonesia

Alamat email: zulaikakumala1727@gmail.com

ABSTRAK

PENENTUAN POTENSI KEMAMPUAN *Trichoderma*, *sp.* Dalam PROSES DEGRADASI SAMPAH PLASTIK RUMAH TANGGA. Plastik walaupun sangat bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari tetapi akan menyebabkan permasalahan lingkungan yang serius jika tidak diolah dengan baik. Sampai saat ini belum ada metode yang efektif untuk digunakan dalam mengurai sampah plastik dan masih dilakukan penelitian-penelitian lebih lanjut untuk mencari metode dan teknologi yang tepat. Tujuan dari penelitian ini adalah mengukur potensi *Trichoderma sp.* dalam mengurai sampah plastik rumah tangga dan menentukan jenis sampah plastik rumah tangga yang dapat diurai oleh *Trichoderma sp.* Metode penelitian adalah eksperimen komposting terhadap 5 kelompok sampah plastik rumah tangga yaitu botol plastik, plastik kemasan, wadah plastik, Bioplastik dan sampah plastik kresek. Sampah plastik tersebut terdiri dari 7 kelompok jenis plastik yaitu: *Polyethylene Terephthalate* (PET), *Polypropylene* (PP), *high-density polyethylene* (HDPE), Bioplastik dan sampah plastik kresek. Dalam proses komposting dilakukan dengan menambahkan fungi sebagai agen biodegradasi 3 spesies *Trichoderma sp.* yaitu *Trichoderma Harzianum*, *Trichoderma Pseudokoningii*, dan *Trichoderma Hamatum* yang diinkubasi selama 3 bulan. Hasil penelitian walaupun pada eksperimen komposting secara penampakan permukaan tidak terjadi perombakan dan berdasarkan tes *Fourier-transform infrared spectroscopy* (FTIR) tidak terjadi perubahan spektrum resapan gelombang pada plastik PET, akan tetapi berdasarkan bilangan gelombang terjadi perubahan senyawa *alkenes* tidak jenuh menjadi jenuh. Berdasarkan hal tersebut, diambil kesimpulan bahwa diperkirakan telah terjadi proses degradasi awal yaitu dengan perubahan materi senyawa kimia (*deterioration*).

(Kata kunci: Sampah Plastik, Komposting, *Trichoderma sp.*, FTIR)

ABSTRACT

POTENTIAL DETERMINATION of *Trichoderma*, *sp.* in DEGRADATION PROCESS of PLASTIC DOMESTIC WASTE. Plastic although very useful in our daily lives but will cause serious environmental problems if not treated properly, until now there has been no effective method to degrade plastic waste and still doing further research to find the right methods and technologies. The goal of this study is measuring the potential of *Trichoderma sp.* in degrading household plastic waste and determine the type of household plastic waste that can be degraded by *Trichoderma sp.* The methodology is experimental composting to 5 groups of household plastic waste which are bottle plastic, cover plastic, plastic container, bioplastic, and plastic crackle. Household plastic waste consist of 7 types of plastic which are: *Polyethylene Terephthalate* (PET), *Polypropylene* (PP), *high-density polyethylene* (HDPE), *Bioplastic* and *Plastic crackle*. In composting process is done by added fungi as biodegradation agent which are 3 species of *Trichoderma sp.* *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma pseudokoningii*, and *Trichoderma hamatum* were incubated for 3 months. The results revealed that even though in composting experiments there is no plastic surface destruction and based on *Fourier-transform infrared spectroscopy* (FTIR) absorption there is no changes on Peak spectrum in PET, but there is changes in wave number spectrum of *alkenes* from unsaturated to saturated form. Based on this fact, the conclusion of this research is the assumption of phase one in degradation process is happening, marked by change in chemical material compound (*deterioration*).

(Key words: Plastic Waste, Composting, *Trichoderma sp.*, FTIR)

PENDAHULUAN

Salah satu metode pengolahan sampah plastik yang ingin dieksplorasi sesuai dengan prinsip keberlanjutan lingkungan adalah menggunakan organisme biologis untuk mengurai sampah plastik. Hal ini didasari oleh Indonesia sebagai Negara dengan sumber daya hayati terbanyak kedua di dunia setelah Brazil, selain itu Indonesia memiliki potensi yang sangat besar dalam pemanfaatan mikroorganisme, namun demikian pemanfaatan mikroorganisme

masih sangat terbatas terutama dalam sektor lingkungan.

Degradasi plastik yang terbuat dari minyak bumi dalam bentuk polimer, sangat sulit dilakukan. Hal ini dikarenakan plastik terbentuk dari polimer berlapis yang memiliki rantai kimia yang panjang dan banyak senyawa kimia lain yang terkandung dalam plastik untuk mendapatkan sifat-sifat tertentu. Akan tetapi telah dilakukan banyak penelitian untuk mencari mikroorganisme yang memiliki kemampuan mengurai plastik, dan telah ditemukan berbagai mikroorganisme baik bakteri atau jamur yang

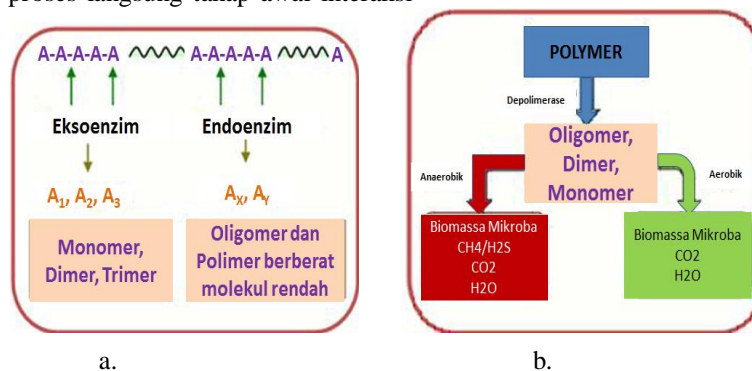
terbukti maupun terindikasi memiliki kemampuan untuk mengurai plastik. Namun sebagian belum diketahui mekanisme dan enzim yang terlibat.

Proses degradasi polimer terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat degradasinya, diantaranya: struktur dan morfologi polimer, berat molekul, karakteristik hidrofobik dan hidrofilik, zat tambahan, metode sintesis, dan kondisi lingkungan. Faktor utama yang mempengaruhi proses degradasi adalah struktur fisika dan kimia polimer, karena dalam proses degradasi polimer tidak hanya dipengaruhi oleh struktur molekul, tetapi juga panjang rantai polimernya dimana semakin pendek rantai semakin mudah untuk didegradasi. Semakin kristal dan semakin rumit formula polimer, maka semakin sulit degradasinya ([9][10]).

Proses biodegradasi polimer dengan mikroorganisme dipengaruhi oleh tumbuhan fungsi mikroorganisme pengurai. Parameter yang perlu diperhatikan adalah kelembaban, temperatur, pH, tingkat salinitas, ketersediaan oksigen, dan suplai nutrisi yang berbeda [11]. Dalam proses biodegradasi, Polimer berpotensi sebagai sumber karbon dan energi untuk mikroorganisme. Interaksi mikroorganisme dan polimer melalui dua proses yang berbeda [9], yaitu: proses langsung dan tidak langsung.

Proses langsung merupakan proses yang terjadi melalui reaksi enzimatik sedangkan proses tidak langsung membutuhkan proses lebih dulu. Pada proses langsung tahap awal interaksi

adalah deteriorasi dimana terjadi reaksi kimia yang dikatalisasi enzim. Enzim yang terlibat adalah eksoenzim dan endoenzim produk dari mikroorganisme. Reaksi pertama adalah pemecahan rantai kimia dengan perombakan substansi pada berat molekul dari residu polimer dalam perpindahan unit terminal monomer, dimer, trimer, oligomer, atau polimer dengan berat molekul rendah. Selanjutnya proses degradasi, enzim depolimerasi ekstraseluler dan intraseluler secara aktif terlibat dalam degradasi biologis polimer proses degradasi dapat terjadi secara aerobik atau anaerobik, tergantung jenis mikroorganismenya. Dalam proses degradasi senyawa kimia hasil depolimerasi yang bermolekul lebih kecil dapat melewati membran semi-permeabel luar bakteri, yang kemudian dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi dan karbon dengan produk akhir inorganik (CO_2 , H_2O , atau CH_4). Proses degradasi secara aerob, mikroorganisme aerob akan menghancurkan material-material kompleks dengan hasil akhir biomassa mikroba, CO_2 , dan H_2O . Sedangkan dalam proses degradasi secara anaerob, mikroorganisme berperan dalam proses deteriorasi polimer dengan hasil akhir biomassa mikroba, CO_2 , H_2O , atau CH_4 . Proses aerobik menghasilkan lebih banyak energi dan mampu mendukung populasi mikroorganisme yang lebih besar dari pada proses anaerobik [9].

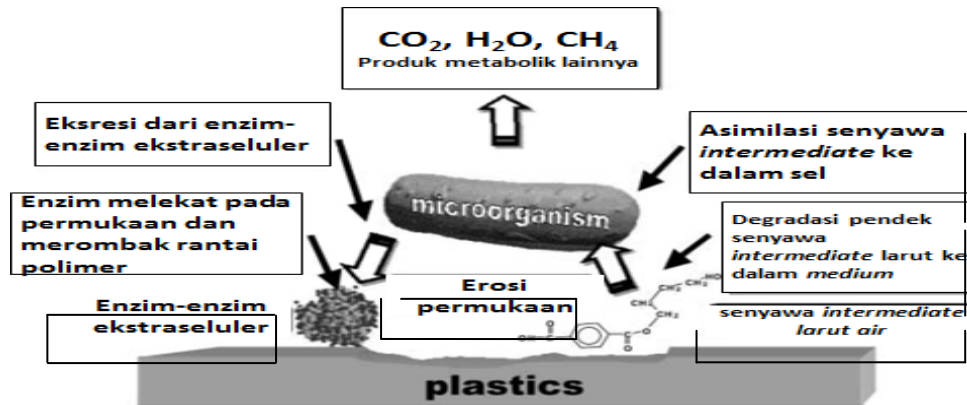


Gambar 1. Interaksi Mikroorganisme dan Polimer dengan proses langsung. a. Deteriorasi. b. Degradasi polimer.

(Sumber: Mohan dan Srivasta, 2010)

Proses biodegradasi plastik biasanya melalui proses heterogenus, karena plastik umumnya material polimer tidak larut dalam air. Karena kurangnya kelarutan terhadap air dan ukuran molekul polimer, mikroorganisme tidak dapat mentransportasikan langsung materi polimer menuju sel dimana proses biokimia terjadi. Sehingga mikroorganisme harus mensekresikan enzim ekstraseluler yang akan mendepolimerasi polimer keluar sel. Jika massa polar polimer

dapat dikurangi sehingga berkarakteristik larut air (*intermediate*), polimer dapat ditransportasikan ke dalam mikroorganisme dan diurai melalui jalur metabolis. Hasil akhir dari proses metabolisme ialah CO_2 , H_2O , dan CH_4 (degradasi anaerob), dan biomassa. Akan tetapi enzim ekstraseluler tidak dapat masuk ke dalam polimer karena berukuran besar sehingga biodegradasi umumnya proses erosi permukaan [11].



Gambar 2. Mekanisme umum Degradasi Plastik Melalui Proses Erosi Permukaan (Sumber: Muller, 2005)

Salah satu mikroorganisme yang berpotensi mengurai plastik adalah *Trichoderma sp.* ([1][2][3]). *Trichoderma* merupakan jamur berkonidiovor, bercabang banyak, phialid tunggal atau bergerombol, dan satu sel. Jamur jenis ini dikenali karena pertumbuhannya yang cepat dan pola kehijauan pada konidiana, bersifat saprofit di tanah atau kayu dan dapat bersifat parasit terhadap jamur lainnya. *Trichoderma* memiliki habitat hidup yang beragam sehingga tersedia di alam secara umum, tumbuh optimum pada suhu 25-30°C (daerah tropis), dan umumnya berada di tanah, karena beragamnya habitat hidup ([14][22]). *Trichoderma* memiliki spesies yang banyak, spesies *Trichoderma* yang telah ditemukan dan

diidentifikasi secara sistematis, tahapan seksual, dan ekologi di seluruh dunia berjumlah 89 spesies [12]. *Trichoderma sp.* selama ini dikenal sebagai pupuk biologis yang memiliki enzim chitinase yang kuat yang digunakan sebagai pertahanan terhadap patogen melalui mekanisme mikoparasitisme [6]. Dalam beberapa tahun terakhir penelitian-penelitian *Trichoderma* dapat digunakan untuk mengurai logam berat, pestisida, gasoline, pengolahan limbah cair maupun limbah padat, dan degradasi plastik dan turunannya. Sampai saat ini penelitian terkait *Trichoderma* mendegradasi plastik masih dilakukan pada Tabel 1 beberapa penelitian terkait *Trichoderma* mendegradasi plastik.

Tabel 1. Penelitian-penelitian *Trichoderma sp.* sebagai pendegradasi berbagai jenis plastik

No	Tipe plastik	Spesies <i>Trichoderma sp.</i>	Metode	Referensi
1	polyurethanes, polyester polyurethanes and polyether polyurethanes	<i>Trichoderma sp.</i>	uji laboratorium dengan mengkulturkan polyurethane dan fungi di cawan petri dengan media agar dan diinkubasi selama 3 minggu pada 30°C dan foam polyurethane sebagai substrat dari strain fungi	[1][13]
2	Plastik dan minyak bumi, Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)	<i>Trichoderma sp.</i> , <i>Trichoderma virens</i>	uji laboratorium percobaan degradasi dengan tanah terkontaminasi minyak bumi dan gasoline	[2][4][15][17][28]
3	Poly(Ethylene Terephthalate)/PET	<i>Trichoderma spp.</i>	Fusion Proteins	[16]
4	Low Density and High Density Polyethylene / LDPE dan HDPE	<i>Trichoderma harzianum</i>		[18]
5	poly(vinyl alcohol) and poly(acrylic acid)	<i>Trichoderma viride</i>		[19]
6	poly (3-hydroxybutyrate) and wood fibers composites	<i>Trichoderma spp.</i>	The biodegradation ability of the prepared green composites was investigated by estimation of degree of colonization by exposure to <i>Trichoderma spp.</i> action and by Fourier transform infrared spectra scanning. Attack of <i>Trichoderma spp.</i> to PHB composites led to physical and chemical changes.	[20]
7	Straw and Hospital Sewage Sludge.	<i>Trichoderma sp.</i> , <i>Trichoderma aureoviride</i> , <i>Trichoderma koningii</i> , <i>Trichoderma pseudokoningii</i> , <i>Trichoderma reesi</i> , <i>Trichoderma viride</i> and <i>Trichoderma harzianum</i>	Co-composting of Straw and Hospital Sewage Sludge on Total Organic Carbon Degradation	[21][29]
8	Polyurethane (PU) and Low	<i>Trichoderma harzianum</i>	isolates were analysed on Impranil DLN medium as	[23]

	Density Polyethylene (LDPE)		the sole carbon source under both aerobic and anaerobic conditions	
9	Polyhydroxyalkanoates (PHAs) and poly(lactic acid) (PLA) are renewable source-based polymers. Polycaprolactone (PCL), and poly(butylenes succinate) (PBS) are petroleum based	<i>Trichoderma sp.</i> ,	Clear zone on polymer emulsion and biopolymer films	[24]
10	Polyethylene / PE	<i>Trichoderma sp.</i> , <i>Trichoderma viride</i>	soil burial and shake flask biodegradation tests for a period of six months	[25][27]
11	Polyethylene, nylon-6,6 and poly lactic acid	<i>Trichoderma viride</i>	Biodegradation was monitored by following the changes in pH, biomass and weight loss by fermentation technique	[26]

Pemanfaatan *Trichoderma sp.* Diperkirakan ramah lingkungan, ekonomis dan secara sosial dapat diterima. Hal ini dikarenakan *Trichoderma sp.* adalah agen biologis yang tersedia di alam dengan berbagai jenis habitat dan telah dikomersilkan sebagai pupuk biologis, sehingga lebih mudah diterima masyarakat. Secara ekologis ramah lingkungan karena *Trichoderma sp.* (mikroba) melakukan penguraian sampah plastik melalui proses biologisnya ([4][5]). Secara ekonomi juga menguntungkan karena *Trichoderma sp.* telah tersedia di masyarakat sebagai pupuk biologis kemasan dengan harga terjangkau. Teknologi yang diuji cobakan juga sederhana yaitu teknik komposting, sehingga masyarakat dapat mengolah sampahnya sendiri dan membantu mengurangi volume sampah yang akan dibuang ke TPA.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan percobaan komposting sampah plastik dan organik dengan menambahkan inokulasi *Trichoderma sp.* sebagai agen degradasi. Spesies *Trichoderma sp.* yang digunakan adalah *Trichoderma harzianum* (DT38 dan T29), *Trichoderma pseudokoningii* (DT39), *Trichoderma hamatum* (T10). Sampah plastik yang digunakan adalah sampah dengan pembagian sampah plastik kresek, bioplastik, plastik kemasan, botol plastik, dan styrofoam. Kelima kelompok sampah plastik terdiri dari 5 jenis plastik yaitu PP, PET, HDPE, Bioplastik, dan plastik kresek.

Percobaan dilakukan dengan formulasi sampah dan inokulan. Sampah plastik dan sampah organik dipotong-potong menjadi ukuran kecil, sampah plastik dipotong dengan ukuran 5cmx5cm. Larutan inokulan dibuat dengan melarutkan kultur *Trichoderma* dengan air menjadi 2.5L larutan. Sampah kemudian dimasukkan ke dalam komposter buatan yaitu pot tanah liat berukuran 5L dan pada bagian bawah pot terdapat wadah penampung lindi. Sampah dimasukkan secara bertahap pada decomposer

yang telah dilapisi sabuk kelapa untuk menyaring air lindi selama komposting, sampah organik terlebih dahulu kemudian sampah plastik, proses ini dilakukan hingga decomposer terisi $\frac{3}{4}$ bagian. Selanjutnya disiramkan larutan inokulum 250 ml dan diinkubasi selama 3 bulan, dan secara rutin dilakukan pengadukan selama 2 hari sekali dan penambahan sampah organik setiap minggu hingga bulan kedua percobaan.

Analisis data dilakukan untuk mengetahui adanya aktifitas dan tingkatan degradasi sampah plastik rumah tangga oleh *Trichoderma*. Data yang terkumpul merupakan data primer yang mencakup formulasi komposting, penampakan permukaan plastik, tingkat degradasi dengan melihat senyawa kimia dari plastik yang terdegradasi.

Parameter yang dilihat pada penelitian ini adalah mikroba *Trichoderma*, sampah plastik dan air lindi.

Trichoderma di analisis dengan melakukan uji mikrobiologi melalui uji kultur *Trichoderma* pada media PDA dengan metode pengenceran air lindi yang dikumpulkan selama proses komposting, pengenceran dilakukan hingga 10^9 . Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah *Trichoderma* dapat hidup selama proses komposting. Sampah plastik di analisa dengan melakukan pengamatan pada permukaan terhadap kemunculan perombakan di permukaan sampah plastik yang mengindikasikan terjadinya proses degradasi. Uji laboratorium juga dilakukan untuk mengetahui aktifitas degradasi sampah plastik oleh *Trichoderma sp.* dengan melakukan uji FTIR. FTIR sering digunakan untuk melihat perubahan karbon dalam senyawa kimia untuk melihat proses deteriorasi. Hasil FTIR akan terlihat perombakan senyawa kimia dari residu sampah plastik yang tidak terdegradasi maupun yang terdegradasi. Perombakan dilihat dengan melakukan penentuan senyawa kimia dari data FTIR berdasarkan standar literatur, selanjutnya

dibandingkan dengan senyawa kimia sampah plastik sebelum dikomposting. Sampel yang digunakan sekitar 20 ml yang ditempatkan pada botol jam, selanjutnya dilakukan uji laboratorium untuk melihat menentukan aktivitas degradasi secara molekuler.


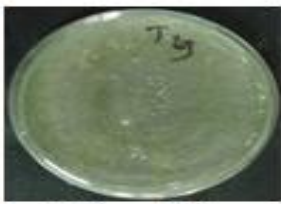


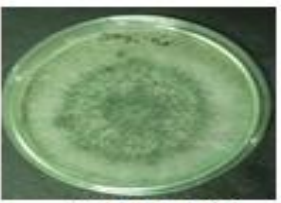







HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah 3 bulan masa pengomposan berdasarkan pengamatan, sampah plastik tidak ada perombakan pada permukaaannya. Untuk menentukan adanya aktivitas degradasi dilakukan uji laboratorium pada sampah plastik yang dikompos dengan melakukan uji FTIR dan uji mikrobiologi pada air lindi pengomposan.

Berdasarkan uji mikrobiologi dengan melakukan penampakan mikroskop dengan

perbesaran 1000x, kultur koloni merupakan kultur koloni *Trichoderma* murni dari cawan kultur pengenceran hingga 10^9 , kultur pengenceran yang berasal dari sampel air lindi dimana goresan pada kultur di cawan petri merupakan koloni terduga *Trichoderma*. Berdasarkan kedua uji tersebut didapati penampakan visual *Trichoderma* spesies *harzianum* strain DT 38, *Trichoderma* spesies *pseudokoningii* strain DT 39, *Trichoderma hamatum* strain T10 dan *Trichoderma harzianum* strain T29. Berdasarkan uji tersebut diketahui bahwa populasi *Trichoderma* cukup baik dengan nilai populasi hingga 10^4 (Tabel 2). Dengan demikian dapat dikatakan bahwa *Trichoderma sp.* mampu untuk bertahan hidup dan tumbuh berkembang walaupun dalam kondisi memperebutkan (kompetisi) nutrisi dengan mikroorganisme lainnya.

Tabel 2: Uji Mikrobiologi Kultur Populasi Inokulan *Trichoderma*

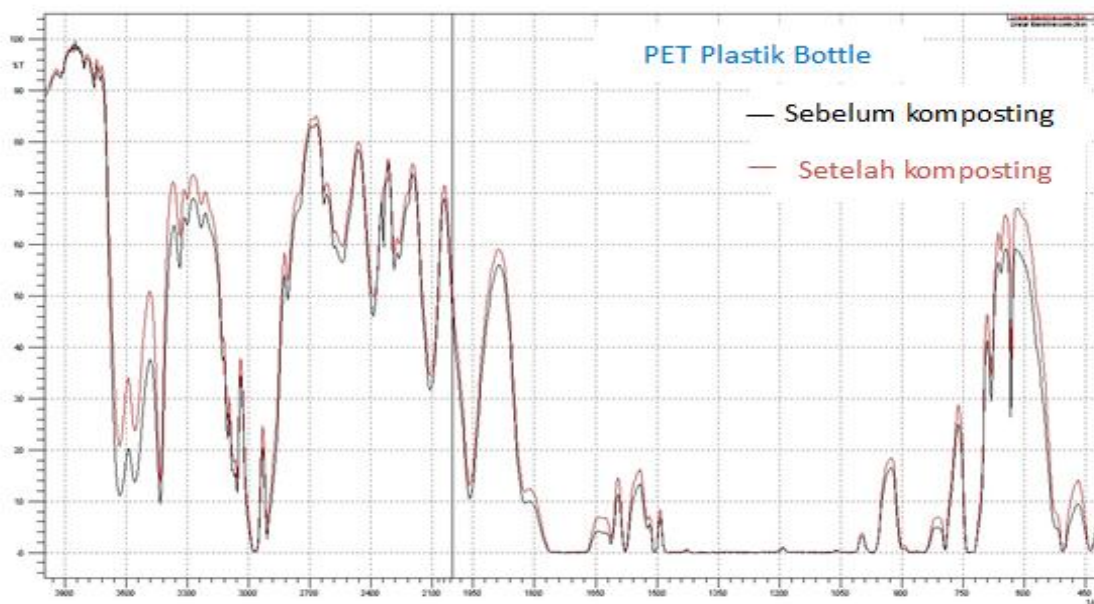
T	Penampakan Mikroskop	Kultur koloni	Pengenceran populasi
T 29	 Perbesaran 1000x	 Terduga T 29	 Pengenceran 10^4
T 10	 Perbesaran 1000x	 Terduga T 10	 Pengenceran 10^3
T 39	 Perbesaran 400x	 Terduga T 39	 Pengenceran 10^2
T 38	 Perbesaran 1000x	 Terduga T 38	 Pengenceran 10^4

Berdasarkan uji laboratorium dengan menggunakan FTIR tidak terjadi perubahan susunan senyawa kimia pembentuk plastik yaitu

PET. (Gambar 3). Akan tetapi Jika dilihat struktur senyawa penyusun kimia pada PET seperti pada uji FTIR dimana dianalisa PET memiliki gugus

fungsi ester pada senyawa penyusunnya yaitu pada serapan spektrum 1900-1700 cm⁻¹, pada perhitungan serapan gelombang antara sebelum dan setelah komposting terdapat beberapa perbedaan baik penurunan atau kenaikan serapan yaitu pada serapan 439,78 cm⁻¹ menjadi 435,93 cm⁻¹, 723,33 cm⁻¹ menjadi 680 cm⁻¹, 974,08 cm⁻¹ menjadi 976,01 cm⁻¹, dan 1820,86 cm⁻¹ menjadi 1937,81 cm⁻¹, hal ini dapat mengindikasikan perombakan walaupun belum tahap perusakan permukaan sampah plastik.

Pada serapan gelombang 723,33 yang tergolong senyawa kimia kelas *Alkynes* dengan struktur kimia C-H mengalami penurunan serapan gelombang menjadi 680,89 walaupun teranalisa tetap golongan kelas *Alkynes* tetapi memiliki rumus kimia yang berbeda yaitu RC=CH (rangkap tak jenuh). Begitu pula pada serapan gelombang 792,77 yang tergolong senyawa kimia kelas *Alkenes* dengan struktur kimia R₂C=CHR mengalami penurunan menjadi 731,05 dengan perubahan golongan kelas senyawa kimia menjadi *Aromatics* (Tabel 3).



Gambar 3: Hasil tes FTIR plastik botol PET sebelum dan setelah komposting.

Tabel 3 Serapan gelombang FTIR sebelum dan setelah composting

Sebelum Komposting				Setelah Komposting			
Bil. Gelombang	% Trans	Gugus	Struktur kimia	Bil. Gelombang	% Trans	Gugus	Struktur kimia
439,78	0,629			435,93	0,327		
505,37	0,409		S-S disulfide	505,37	0,106		
723,33	0,060	Alkynes	C-H	680,89	29,575	Alkynes	RC=CH
792,77	0,730	Alkenes	R ₂ C=CHR	731,05	0,016	Aromatics	
974,08	0,015	alkenes	RCH=CHR	792,77	0,442	Alkynes	R ₂ C=CHR
1504,53	0,028	Aromatics	C-C ring	976,01	0,027		N-O amino oxide
1577,82	0,208	amines	RNH ₂	1506,46	0,023		S-O
1614,47	2,597	Alkenes	5-ring	1577,82	0,063	amines	RNH ₂
1820,86	11,879	Anhydrides	R-CO-O-COR				
1957,81	13,090			1957,81	10,467		
2108,27	34,549	alkynes	C=C	2108,27	31,651		
2283,79	58,214		P-H phosphine				
2386,02	49,711		P-H	2387,95	46,227		

Data ini menyatakan adanya aktivitas kimia yang kemungkinan mengarah kepada proses perombakan senyawa kimia oleh *Trichoderma sp.* dimana berdasarkan reaksi kimia senyawa plastik terdiri dari ikatan tunggal C-H yang menunjukkan bahwa senyawa kimia plastik bersifat jenuh, dengan melalui proses komposting terjadi perubahan menjadi senyawa kimia tak jenuh dengan berikatan rangkap dua RC=CH. Dengan sifatnya yang tak jenuh tersebut karakteristik plastik menjadi rapuh dan mudah lepas atau berikatan dengan senyawa lainnya dan dapat mudah terdegradasi.

Berdasarkan hal ini walaupun pada *peak* resapan gelombang tidak terjadi perubahan *peak* gelombang, tetapi jika dilihat pada angka resapan terjadi perubahan dari senyawa kimia tidak jenuh menjadi jenuh dan senyawa *alkenes* menjadi senyawa aromatik. Oleh karena itu sebenarnya terdapat indikasi perombakan tetapi belum mencapai perusakan permukaan plastik, akan tetapi terjadi proses deteriorasi senyawa kimia.

Berdasarkan penelitian penguraian plastik biofilm yang diuji degradasi menginkubasi potongan biofilm seukuran 2cm x 2cm yang dikulturkan pada cawan petri dengan media racikan yang mengandung senyawa plastik dan senyawa kimia lainnya dengan selama sekitar 30hari terjadi perombakan sebesar 0,6%. Jika dibandingkan dengan percobaan komposting, potongan plastik masih terlalu besar dan lingkungan inkubasi plastik masih kompleks karena masih tersedia nutrisi organik bagi *Trichoderma*, dan skala percobaan yang tergolong *testing out* di lapangan yang sangat berbeda dengan lingkungan di laboratorium.

Terdapat beberapa alasan yang dimungkinkan menjadi penyebab tidak nampaknya proses degradasi yaitu:

1. Spesies atau strain yang digunakan tidak memiliki potensi untuk mendegradasi plastik
2. Metode yang digunakan (komposting) tidak sesuai untuk eksperimen degradasi dengan *Trichoderma* atau plastik.
3. Asal mikroba (dari tanah perkebunan) yang mungkin telah beradaptasi dengan lingkungan asalnya.
4. Masih adanya sumber nutrisi lain (kompos) selain plastik

Pada proses degradasi plastik *Polyethylene* melalui enzim mikroba, terjadi melalui dua tahapan. Pada tahap awal enzim akan menempel pada substrat *polyethylene* kemudian mengkatalis pemecahan hidrolitik, kemudian intraseluler dan

ekstraseluler enzim memecah polimer oleh fungi dan bakteri akan mendegradasi *polyethylene*, dimana karbon dari polimer akan diakumulasi oleh bakteri yang selanjutnya akan dihidrolisis melalui degradasi intraseluler. Kumpulan karbon tersebut berupa rantai monomer, dimer, dan oligomer sehingga dapat melewati membrane bakteri menjadi nutrisi sumber karbon (depolimerasi). Akan tetapi ketika tidak dibutuhkan karbon tersebut setelah diakumulasi akan di hidrolisis melalui degradasi ekstraseluler. Selanjutnya terjadi proses mineralisasi yaitu proses degradasi dengan hasil akhir berupa karbondioksida (CO₂), air (H₂O), dan metan (CH₄), akibat pengaruh temperatur, tekanan, dan kelembaban (faktor fisik) yang secara mekanik memecah polimer karena induksi dari enzim atau senyawa metabolisme yang dihasilkan mikroba. (4)

Enzim atau senyawa metabolisme mikroorganisme juga masing-masing memiliki kemampuan, reaksi, dan kondisi lingkungan yang berbeda-beda untuk bereaksi. Seperti *laccase* yang membantu oksidasi hidrokarbon *polyethylene*, *laccase* umumnya berada di jamur yang mendegradasi lignin dimana dalam prosesnya jamur akan mendegradasi senyawa aromatik.

Lignin, peroksidase *manganes-dependent*, dan *laccase* adalah tiga enzim utama dalam sistem lignolitik. Enzim *papain* dan *urease* dapat mendegradasi plastik medik *polyurethane*, dimana enzim *papain* yang mendegradasi polimer dihasilkan dari hidrolisis senyawa *urethane* dan ikatan urea penghasil gugus *amine* bebas dan kelompok hidroksil. Enzim ini juga dapat membantu mendegradasi *polyethylene* dengan berat molekul yang tinggi dalam kondisi karbon dan nitrogen yang terbatas, pada jamur endofit (*Pestalotiopsis microspore*) didapati enzim serin hidrolase yang memanfaatkan substrat *polyurethane* sebagai sumber karbon dengan mendegradasinya (4).

Sedangkan dalam proses degradasi *polyurethane* (plastik yang telah diketahui didegradasi *Trichoderma*) pada beberapa penelitian ditemukan bahwa yang berperan dalam perombakan adalah enzim esterase dengan memecah molekul ester dan memecah molekul sederhana seperti diethylene Glycol dengan bantuan aktivitas bakteri. Pada beberapa strain enzim esterase memiliki dua jenis enzim yaitu enzim esterase ekstraseluler yang mudah larut dan enzim esterase yang berikatan dengan membrane, enzim yang berikatan dengan membrane inilah yang paling sering ditemukan pada degradasi *Polyurethane*.

Berdasarkan beberapa jurnal (Tabel 1) *Trichoderma* spesies *harzianum* merupakan spesies *Trichoderma* dengan jangkauan kemampuan baik antagonis maupun pendegradasi senyawa logam, berat, beracun, limbah, maupun plastik, minyak bumi, dan hidrokarbon, akan tetapi jika dikaitkan strain maka tidak dapat dipastikan secara pasti, karena dalam publikasi jurnal pembahasan *Trichoderma* sebagian besarnya terbatas pada tingkat spesies, dan didukung dengan sudah terbuktinya berdasarkan beberapa penelitian bahwa masing-masing mikroba memiliki kemampuan yang berbeda-beda walaupun dari satu spesies ataupun bahkan dari satu strain yang sama (6).

Selain itu *Trichoderma sp.* terkenal memiliki senyawa metabolisme yang kuat seperti Chitinase, selulase, Xylanase, lignoselulase, dan beberapa enzim lainnya yang masing-masing memiliki jenis enzim yang berbeda-beda yang memiliki peranan dalam kemampuan *Trichoderma* seperti *Trichoderma harzianum* terkenal memiliki enzim chitinase dan selulase yang sangat kuat umumnya enzim ini berperan dalam kemampuan *Trichoderma* sebagai biofungisida untuk mikroba patogen lainnya.

Pada degradasi plastik reaksi enzimatik yang terjadi adalah reaksi hidrolisis dengan pemicu dari enzim mikroba. Pada degradasi PET oleh *Trichoderma* terdapat protein Hydrophobins yaitu protein yang dapat digunakan pada hidrolisis dari *polyester aliphatic-aromatic* seperti PET dengan berikatan pada permukaan hidrofobik menstimulasi aktivitas enzim cutinase dan memulai proses hidrolisis (7).

Kemungkinan perkiraan penyebab selanjutnya adalah metode yang digunakan (metode komposting), perkiraan ini dipatahkan oleh beberapa penelitian salah satunya penelitian dari Urooj Zafar dimana dilakukan penelitian untuk degradasi plastik *polyurethane* dengan metode mengkomposkan plastik tersebut dengan limbah perkebunan, dimana terbukti *polyurethane* dapat terdegradasi dalam kondisi pengomposan (8).

Perkiraan lainnya adalah asal *Trichoderma* koleksi BPBPI adalah karena isolat merupakan mikroorganisme yang di isolasi dari tanah perkebunan sehingga dimungkinkan bahwa *Trichoderma* tersebut telah beradaptasi dengan lingkungan (sumber makanan) dimana terdapat sumber nutrisi organik yang banyak. Sedangkan beberapa penelitian tentang *Trichoderma* mendegradasi plastik atau senyawa semisalnya dikatakan bahwa *Trichoderma* atau mikroba yang mereka gunakan sebagian besarnya adalah yang

diambil dari lokasi TPA sampah dari sampah plastik yang membusuk dan dari tanah atau kawasan tercemar minyak (mikroba *indigenus*). Akan tetapi dibuktikan oleh penelitian de morais dan tauk-tornisielo, *Trichoderma* yang digunakan adalah yang berasal dari tanah perkebunan yaitu *Trichoderma pseudokoningii* dan beberapa fungi lainnya dimana hasilnya *Trichoderma* tersebut dapat mendegradasi plastik dari perhitungan residu minyak petroleum, didapati 70-60% pengurangan komponen aromatik dan 30% pengurangan dari senyawa resin [30].

Perkiraan lambatnya proses degradasi kemungkinan bahwa masih terdapat sumber karbon (nutrisi) yang dapat dimanfaatkan yaitu sampah organik yang telah menjadi kompos dikarenakan mikroba akan lebih memilih makanan yang mudah dicerna (bahan organik), walaupun telah menjadi kompos, masih dimungkinkan karena *Trichoderma* dialam umumnya tumbuh pada batang atau dahan tumbuhan yang telah lapuk (membusuk).

Penelitian ini juga dirancang sehingga pada bulan ketiga komposting sengaja tidak ditambahkan sampah organik untuk menciptakan keadaan ekstrim (tanpa nutrisi) sehingga *Trichoderma* pada akhirnya akan memakan karbon dari plastik seperti pada salah satu penelitian dimana kultur *Trichoderma* dibiakkan dalam medium plastik juga terdapat potongan plastik pada cawan petri (tidak ada nutrisi organik) dan terbukti terjadi degradasi dengan tingkat degradasi 0,6%. Selain itu pada penelitian Urooj Zafar pada tahun yang menggunakan metode komposting dengan limbah organik juga terbukti *Trichoderma* tetap dapat mengurai plastik walaupun ada sumber nutrisi organik lain dalam bentuk kompos tersebut (8). Dengan demikian dugaan *Trichoderma* tidak dapat mengurai karena masih tersedianya sumber nutrisi lain selain plastik, tidak dapat dibuktikan.

Berdasarkan analisa tersebut, maka disimpulkan bahwa *Trichoderma* memiliki indikasi dapat mengurai plastik dengan adanya perubahan senyawa kimia plastik dari ikatan jenuh menjadi ikatan tidak jenuh, walaupun secara uji FTIR tidak terjadi perubahan *peak* hal ini mungkin dikarenakan perombakan belum mencapai tahap perusakan permukaan plastik tetapi baru tahap pemecahan ikatan senyawa kimia (deteriorasi).

KESIMPULAN

- 1) *Trichoderma spesies harzianum* strain DT 38 dan T 29, spesies *pseudokoningii* strain

DT 39, dan spesies *hamatum* strain T 10 terindikasi mampu mendegradasi sampah plastik.

- 2) Jenis plastik PET yang diuji cobakan dimungkinkan dapat didegradasi oleh *Trichoderma*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dr. dr. Budhi Soesilo, M.Si dan Dr. Nita Noriko selaku dosen pembimbing, Para dosen Universitas Indonesia dan Universitas Al- azhar Indonesia, Pihak Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia (BPBPI), laboratorium farmasi dan fitokimia Universitas Indonesia, dan laboratorium mikroba BPBPI.

DAFTAR PUSTAKA

1. Darby, R.T dan Kaplan, A.M., *Fungal susceptibility of Polyurethane*. *Appl. Microbiol.* 1968, 16 (6):900, (1968).
2. Uzoamaka, G.O., Tasie, F., dan Muotoe-Okafor, F.. *Hydrocarbon degradation potentials of indigenous fungal isolates from petroleum contaminated soils*. *Journal of Physical and natural sciences*. Vol 3. Issue1. 2009,(2009).
3. Loreda-Trevino, García, G., Velasco-Téllez, A., Rodríguez-Herrera1, R., Aguilar, C.N.. *Polyurethane foam as substrate for fungal strains*. *Advances in biosciences and biotechnology*, 2011. 2. 52-58, (2011).
4. Bharwaj, Gupta R., dan Tiwari A.(2012). *Microbial population Assosiated with Plastik Degradation*. *Open Access Scientific Report* Vol 1 issue 5.
5. Howard, G.T.. *Polyurethane Biodegradation*. *International Biodeterioration & Biodegradation* 49 (2002) 245 – 252. S. N. Singh (ed.), *Microbial Degradation of Xenobiotics, Environmental Science and Engineering*, DOI: 10.1007/978-3-642-23789-8_14. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2012, (2012).
6. Zulaika, A., Taniwiryono, D, dan Hidayat, Y.S.. *Penetapan beberapa isolat Trichoderma sebagai mikroba endofit*. Jakarta. University al-azhar Indonesia, (2012).
7. Rammer, L-E *et al..Two novel class II hydrophobins from Trichodermastimulate enzymatic*

hydrolysis of poly(ethylene terephthalate) when expressed as a fusion protein. *Journal American Society of Microbiology, Applied and Enviromental Microbiology*, doi:10.1128/AEM.01132-13, (2013).

8. Urooj, Zafar.. *Biodegradation of polyurethane under composting conditions*. (Thesis), Manchester, UK: The University of Manchester:2013, (2013).
9. de Moraes, E.B.dan Tauk-Tornisielo, S.M. 2009. *Biodegradation of oil refinery residues using mixed-culture of microorganisms isolated from a landfarming*. *Braz. arch. biol. technol.* vol.52 no.6 Curitiba Nov./Dec. (2009).

Tanya Jawab

Penanya : Sri Unon Purwati

Pertanyaan :

1. Kira-kira potensi *Trichoderma* Sp secara ekonomi bila dipakai aplikasi dilapangan seperti apa ? Agar hasil penelitian tidak terhenti sebagai hasil penelitian karena isue pencemaran plastik terhadap perairan atau sumber air di Indonesia sudah menjadi bahan diskusi.
2. Kemampuan *Trichoderma* Sp dalam merubah bilangan gelombang senyawa alkemer tidak jenuh menjadi jenuh dalam sampel plastik seberapa efektif ?

Jawaban :

1. pada penelitian saya potensi ekonomi yang saya lakukan hanya perhitungan ekonomi sederhana dengan hasil akhir kompos, hal ini dikarenakan ide awal penelitian saya untuk melakukan pengolahan sederhana masyarakat terhadap sampah plastik RT.
2. masih belum dapat dikatakan efektif, karena perubahan baru sampai perombakan ikatan karbon, sedangkan perombakan permukaan plastik belum terjadi. hal ini dimungkinkan butuh waktu lebih lama, spesies *trichoderma* yang memilikikemampuan rendah atau metode yang kurang efektif. penelitian terkait *trichoderma* mengurai sampahplastik sudah lumayan banyak , akan tetapi berdasarkan referensi yang saya baca sebagian besar penelitian berupa uji lab, selain itu beberapa melakukan perlakuan awal pada sampah plastik untuk melunakkan polimer atau senyawa tambahan plastik

seperti pewarna dll. tetapi ada juga penelitian yang mengambil inokulan tricho dari TPAS maka dari itu saya ingin menguji cobakan tricho pada komposting sampah seperti starter komposting mikroba umumnya. Jadi penelitian saya ini masih penelitian awal yang saya masih ingin dan akan kembangkan selanjutnya.