



# Plagiarism Checker X Originality Report

**Similarity Found: 7%**

Date: Thursday, December 13, 2018

Statistics: 132 words Plagiarized / 1948 Total words

Remarks: Low Plagiarism Detected - Your Document needs Optional Improvement.

---

Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan | Desember 2018 | Volume 12 Nomor 2 | Hal. 053 – 060 : <https://doi.org/10.30598/vol12iss2pp053-060ar366> | p-ISSN: 1978-7227 | e-ISSN : 2615-3017 53 <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/barekeng/>  
barekeng.math@yahoo.com | barekeng.jurmath@gmail.com MODEL DEGRADASI POLYETHYLENE TEREPHTHALATE OLEH BAKTERI ESCHERCHIA COLI Taufan Talib1  
1Departemen Matematika, Fakultas Ilmu Alam dan Teknologi Rekayasa, Universitas Halmahera Jalan Wari Raya, Tobelo, Indonesia e-mail: 1\*taufan.talib@gmail.com  
Corresponding Author \* Abstrak Degradasi Polyethylene Terephthalate (PET) menggunakan bakteri Escherchia Coli (E-Coli) dalam sistem whole cell biocatalys.

Bakteri E-Coli akan menghasilkan enzim LC-Cutinase dipermukaan sel dan digabungkan dengan PET, sehingga PET dapat terurai. Reaksi LC-Cutinase dan PET berlangsung selama tiga hari. Model yang terbentuk sudah dapat menjelaskan fenomena degradasi PET. Kata Kunci: bakteri e-coli, degradasi, pet DEGRADATION MODEL OF POLYETHYLENE TEREPHTHALATE BY ESCHERCHIACOLI BACTERIA Abstract Degradation of Polyethylene Terephthalate (PET) using Escherchia Coli (E-Coli) bacteria in a whole cell biocatalys system.

E-Coli bacteria will produce LC-Cutinase enzyme surface of the cell and coupled with PET, so PET can decompose. LC-Cutinase reaction and PET lasts for three days. Models that are formed already can explains the phenomenon of PET degradation. Keywords: e-coli bacteria, degradation, pet 54 Talib | Model degradasi polyethylene terephthalate oleh b aktei ..... 1.

PENDAHULUAN Polyethylene terephthalate (PET) banyak digunakan terutama untuk memproduksi botol minuman (juga pakaian, karpet, dan produk lainnya), tetapi PET

memiliki kelemahan resistensi terhadap degradasi. Botol dan benda lain yang terbuat dari PET membutuhkan setidaknya 800 tahun untuk terurai di tempat pembuangan sampah atau laut.

Antara 4,8 miliar hingga 12,7 miliar kilogram plastik dibuang di lautan setiap tahun [1]. Dalam penelitian tim IGEM Indonesia, dirancang sebuah sistem degradasi limbah PET menggunakan bakteri Escherchia Coli (E-Coli) dalam sistem whole cell biocatalys. Bakteri akan menghasilkan enzim LC-Cutinase dipermukaan sel sehingga PET dapat terurai [2].

Adapun tujuan penulisan, yaitu mengetahui proses degradasi PET dan dinamika LC-Cutinase terhadap PET. 2. TINJAUAN PUSTAKA 2.1. Bakteri E-Coli Bakteri E-Coli yang dipakai adalah bakteri E-Coli BL21 DE3. Tipe mikroba rekombinan BL21 yang diciptakan dari bakteri E-Coli tipe B dan secara khusus dibangun untuk ekspresi tingkat tinggi protein rekombinan.

Tipe ini memiliki dua karakteristik penting yang membuat ideal untuk ekspresi protein, penanda genetik dan kemampuan ekspresi protein secara inducible. Penanda genetik yang paling penting membantu RNA rekombinan dan/atau protein menumpuk ke tingkat tinggi tanpa degradasi. Inducibility membantu untuk meminimalkan efek racun dari beberapa protein rekombinan.

Pilihan bakteri E-Coli tipe ini karena sistem bakteri E-Coli didesain agar dapat memproduksi enzim terus menerus tanpa membutuhkan aktifator secara konstitutif [2]. 2.2. Proses Degradasi PET LC-Cutinase yang digabungkan dengan outer membrane protein A (ompA) untuk mendegradasi PET. LC-Cutinase sendiri adalah biokatalis yang mampu memecah ikatan ester pada struktur PET melalui enzim esterase.

Enzim ini berada pada permukaan membran bakteri, sehingga enzim tidak bergerak dan lebih stabil terhadap panas. Di sisi lain, PET yang memiliki massa molekul tinggi dapat terdegradasi secara langsung tanpa perlu masuk ke dalam sel bakteri [3]. LC-Cutinase akan diproduksi terus menerus hingga bakteri mengalami stres.

Saat kondisi stres, akan terjadi salah pelipatan protein sehingga menghasilkan Inclusion Body. Inclusion Body tidak dapat mendegradasi PET dan akan menumpuk di dalam sel, sehingga regulasi dirancang untuk memperbaiki atau memulihkan inefisiensi sistem biodegradasi. Ketika Inclusion Body muncul, PibpAB akan mengaktifasi produksi mRNA TetR dan menghasilkan TetR.

Kemudian TetR akan menempel pada TetO dan menghentikan ekspresi LC-Cutinase dengan cara menekan produksi mRNA [3]. Produksi mRNA yang ditekan akan

berkurang, sehingga mengakibatkan banyaknya konsentrasi mRNA yang ditranskripsi ikut berkurang. Hal ini berujung pada produksi LC-Cutinase dan penumpukan Inclusion Body turut berkurang. Proses ini akan terus berlangsung selama bakteri masih dalam kondisi stres.

Setelah pulih, bakteri dapat kembali memproduksi LC-Cutinase [3]. 3. HASIL DAN PEMBAHASAN 3.1. Model Matematika Degradasi PET Asumsi yang digunakan dalam model degradasi, yaitu: a. Tidak ada perubahan suhu, pH, dan tekanan selama proses berlangsung b. Bakteri sudah mulai mengekspresikan LC-Cutinase dan Inclusion Body (dalam jumlah yang sangat kecil) sebelum direaksikan dengan PET c.

Mekanisme LC-Cutinase dianggap sama untuk semua bakteri d. LC-Cutinase di membran sel tidak mempengaruhi LC-Cutinase didalam sel Berekeng: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan | Desember 2018 | Volume 12 Nomor 2 | Hal. 1 – 8 55 3.2. Model Matematika Berikut interaksi antar komponen biokimia dalam mendesain bakteri tersebut pada proses degradasi PET. Gambar 1.

Proses degradasi PET Gambar 1, menjelaskan bahwa mRNA (M) dihasilkan dari proses transkripsi DNA, setelah ditranslasikan menjadi enzim LC-Cutinase (C) atau Inclusion Body (I). Misalkan sebanyak mRNA ( M) ditranslasi menjadi LC-Cutinase, sedangkan sisanya ( ) mRNA ditranslasi menjadi Inclusion Body, dengan . Model matematika untuk laju konsentrasi LC-Cutinase dan Inclusion Body sebagai berikut.

(1) (2) Dalam hal ini, semakin banyak Inclusion Body akan menyebabkan semakin sedikit LC-Cutinase. Dengan demikian dipilih Substitusikan ke persamaan (1) - (2), sehingga diperoleh model laju konsentrasi LC-Cutinase dan Inclusion Body. (3) (4) Berikutnya produksi mRNA TetR diaktivasi oleh Inclusion Body yang selanjutnya ditranslasikan menjadi TetR.

Enzim TetR ini akan menekan atau menghentikan proses transkripsi DNA. Sel akan berhenti memproduksi enzim LC-Cutinase maupun Inclusion Body, sehingga konsentrasi Inclusion Body akan berkurang demikian pula dengan konsentrasi mRNA TetR dan TetR.

Akibatnya proses transkripsi MRNA yang menghasilkan LC-Cutinase akan meningkat hingga pada suatu waktu tertentu mulai muncul Inclusion Body dan siklus diatas berulang kembali. Model matematika untuk laju konsentrasi mRNA mengikuti persamaan Hill dengan repressor (dalam hal ini yang berperan sebagai repressornya adalah TetR) dan laju konsentrasi mRNA TetR mengikuti persamaan Hill, sedangkan laju konsentrasi TetR menunjukkan produksi dan kematian secara alami (degradasi).

Sehingga model matematika untuk laju konsentrasi mRNA, mRNA TetR, dan TetR sebagai berikut. (5) 56 Talib | Model degradasi polyethylene terephthalate oleh bakteri ..... (6) (7) Pada LC-Cutinase di membran sel diperoleh dari transpor LC-Cutinase di dalam sel. Sementara itu terdapat carrying capacity LC-Cutinase di membran, sehingga terjadi persaingan LC-Cutinase di dalam sel terhadap produksi LC-Cutinase yang berada di membran sel. Model LC-Cutinase di membran mengikuti model logistik karena terdapat carrying capacity.

Model PET mengikuti model Michaelis-Menten, karena Reaksi enzimatik adalah reaksi kimia yang melibatkan enzim. Reaksi tersebut membuat enzim mengikat substrat dan mengubahnya menjadi produk. Setiap reaksi enzimatik memiliki laju reaksi, yakni laju perubahan substrat menjadi produk [4], Lebih lanjut didapat model sebagai berikut: (8) (9) Selanjutnya variabel dan parameter yang digunakan dalam persamaan diatas, dengan nilai parameter yang telah di analisis [3]. Tabel 1.

Variabel	Deskripsi	Satuan	Konsentrasi mRNA	Konsentrasi LC-Cutinase	Konsentrasi Inclusion Body	Konsentrasi mRNA TetR	Konsentrasi mRNA TetR	Konsentrasi mRNA TetR
Parameter	Deskripsi	Nilai	Koefisien aktifasi untuk mRNA	1	Koefisien aktifasi untuk mRNA TetR	0.7	Koefisien nilai Hill	3
Laju produksi mRNA		0.08	Laju produksi LC-Cutinase	0.001	Laju produksi Inclusion Body	0.005	Laju produksi mRNA TetR	0.073
Laju produksi TetR		0.1	Laju degradasi mRNA	0.005	Laju degradasi LC-Cutinase	0.5	Laju degradasi Inclusion Body	0.009
Laju degradasi mRNA TetR		0.03	Laju degradasi mRNA TetR	0.03	Laju produksi LC-Cutinase di membrane	0.0001	Laju degradasi LC-Cutinase di membrane	0.5

Barekeng: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan | Desember 2018 | Volume 12 Nomor 2 | Hal. 1 – 8 57 Carrying capacity LC-Cutinase di membrane 0.08 Laju konstan konversi 30.9 Konsentrasi untuk reaksi PET 2100 Total Bakteri tiap sel 3.3. Analisis dan Simulasi Model Analisis Model Hasil Analisis dilakukan untuk mRNA, Inclusion Body, mRNA TetR dan TetR. Berikutnya untuk memperlihatkan perilaku osilasi.

Sedangkan LC-Cutinase dan PET tidak dilibatkan dalam analisis karena tidak mempengaruhi hasil analisis tersebut. Titik Tetap Dari model matematika yang telah dibentuk pada di persamaan (4) - (7) didapat dua buah titik tetap berikut. (10) (11) Analisis titik tetap pertama (10) mudah dilakukan, tetapi tidak demikian dengan titik tetap yang kedua (11).

Oleh karena itu agar lebih mudah menganalisis perilaku titik tetap yang kedua, nilai parameter pada Tabel 2 disubstitusikan pada model. Selanjutnya titik tetap yang dianalisis lebih lanjut adalah titik tetap yang eksis, yaitu berupa bilangan real dan

non-negatif. Titik tetap yang diperoleh sebagai berikut. a. b. c. d.

Analisis Kestabilan Uji kestabilan dari titik tetap yang eksis, dilakukan dengan menggunakan matriks Jacobian berikut. (12) Untuk mendapatkan nilai eigen pada titik tetap pertama (10), substitusikan titik tetap pertama (10) ke matriks J (12), sehingga diperoleh: 58 Talib | Model degradasi polyethylene terephthalate oleh bakteri ..... Nilai eigen pertama, ketiga dan keempat sudah bernilai negatif, sedangkan untuk nilai eigen kedua belum diketahui.

Akibatnya didapat syarat pada titik tetap pertama ini, yaitu a. , mengakibatkan titik tetap tersebut stabil b. , mengakibatkan titik tetap tersebut tidak stabil Untuk titik tetap yang bernilai real dan eksis diatas, diperoleh nilai eigen seperti pada Tabel 3: Tabel 3.

Kestabilan titik tetap No Titik Tetap Nilai Eigen Kestabilan 1 Tidak stabil 2 Tidak stabil 3 Tidak stabil 4 Stabil Perilaku Dinamik Berikut diperlihatkan trajektori pada bidang fase untuk nilai awal di sekitar titik tetap 2. (a) (b) Gambar 2.

Bidang Fase (a) antara Inclusion Body dengan mRNA, (b) antara mRNA TetR dengan TetR Gambar 2(a), memperlihatkan perilaku antara Inclusion Body dengan mRNA, dimana simulasi dengan nilai awal disekitar titik tetap 3 menghasilkan solusi periodik berbentuk spiral yang bergerak ke dalam. Akan tetapi jika nilai awal yang dipakai adalah disekitar titik tetap 2, diperoleh trajektori yang beresilasi dengan bentuk spiral yang bergerak keluar, tetapi tidak pernah melewati daerah trajektori biru. Demikian juga Gambar 2(b), untuk perilaku antara mRNA TetR dan TetR memperlihatkan keadaan yang sama.

Hal ini menunjukkan perilaku dinamik sistem beresilasi dengan amplitudo dan periode yang menuju nilai yang sama. Ini menunjukkan eksistensi dari limit cycle. Simulasi Model Hasil simulasi numerik dengan nilai parameter pada Tabel 2 dan nilai awal yang diberikan sesuai keadaan biologi dimana konsentrasi awal bernilai nol (kecuali Inclusion Body dalam jumlah yang sedikit), dikarenakan DNA belum mentranskripsi mRNA. Hasil simulasi diperoleh dengan nilai awal ( $= 0.00001$ ,  $= 0$ ,  $= 0$ ,  $= 0$ ,  $= 0$ ,  $Cmb = 0$ ). Bakteri memproduksi LC-Cutinase didalam sel, yang selanjutnya di transport ke membran sel.

LC-Cutinase yang berada di membran sel nantinya akan bereaksi dengan PET. Berikut hasil simulasi untuk LC-Cutinase dan LC-Cutinase total di membran sel. Berekeng: Jurnal Ilmu Matematika dan Terapan | Desember 2018 | Volume 12 Nomor 2 | Hal. 1 – 8 59 (a) (b) Gambar 3. Hasil simulasi (a) LC-Cutinase di membran, dan (b) total LC-Cutinase di membran Gambar 3 menunjukkan bahwa hasil simulasi LC-Cutinase di membran mengikuti pola hasil simulasi LC-Cutinase di dalam sel yang beresilasi.

Namun banyaknya konsentrasi LC-Cutinase di membran tidak sebanyak LC-Cutinase di dalam sel, dikarenakan LC-Cutinase di membran dibatasi oleh carrying capacity-nya. Sedangkan asumsi LC-Cutinase di membran itu sama untuk tiap sel bakteri, didapat hasil simulasi total LC-Cutinase di membran yang dipengaruhi oleh banyaknya pertumbuhan bakteri. Selanjutnya pada menit ke 360 PET dimasukkan sebanyak 50 mg. Saat PET dimasukkan langsung terjadi proses degradasi, yang mengakibatkan PET terurai.

PET yang terurai ini melibatkan total LC- Cutinase di membran. Hasil degradasi PET oleh total LC-Cutinase di membran bisa dilihat pada gambar dibawah ini. Gambar 4. Hasil simulasi degradasi PET Gambar 4 terlihat bahwa proses degradasi PET terjadi dengan cepat, hal ini disebabkan karena konsentrasi total LC-Cutinase di membran mencapai puncak di menit ke 360. Pada menit tersebut juga PET dimasukkan, sehingga proses degradasi langsung terjadi dan menguraikan PET dengan cepat.

Namun di menit ke 2000 proses degradasi menjadi lambat, dikarenakan konsentrasi total LC-Cutinase di membran mengalami penurunan konsentrasi. Terjadinya proses degradasi PET berlangsung selama 3 hari 4. KESIMPULAN Degradasi PET terjadi begitu cepat pada saat bereaksi dengan LC-Cutinase. Proses terurainya PET selama tiga hari, model yang telah dibentuk sudah merepresentasikan fenomena biologi yang terjadi.

60 Talib | Model degradasi polyethylene terephthalate oleh bakteri ..... Daftar Pustaka [1] S. Paulo, "www.ekatr IM,B,"Colast,2014.eog Online] TT deRegusPBdegrsPlyetne erhae P)" Jurnal Barekeng FMIPA Unpatti, vol. 10, no. 2, 107 -115, 2016. [4] E.Klipp, R.Herwig,A.Kowald,C.Wierling,H.Lehrach. System Biology in Practice Part II: Standar Model and Approaches in System biology, Michaelis -Menten kinetics, 144 -148. Wiley -vch, 2013. [5] F. Brauer, C.

Castillo-Chaves, Mathematical Model in Population Biology and Epidemiology, 2nd s.l : Springer, 2010.

#### INTERNET SOURCES:

- 0% - Empty
- 0% - <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/bar>
- 0% - <https://www.cdc.gov/ecoli/general/index>.
- 0% - <https://www.bing.com/aclick?ld=d3OajxSIK>
- 0% - <http://maulanana21.blogspot.com/2016/0>
- 0% - <https://koralstp42.blogspot.com/>
- 0% - <https://id.123dok.com/document/eqovmv5z->
- 1% - <http://uhudabdullah.blogspot.com/2015/06>

0% - <https://aguskrisnoblog.wordpress.com/201>  
0% - <https://www.researchgate.net/publication>  
0% - <http://blogzsalam.blogspot.com/2012/05/f>  
0% - <http://generasimaju.com/penyebab-batuk-b>  
0% - <https://fr.scribd.com/doc/251833670/OPTI>  
0% - <https://www.scribd.com/doc/179301548/BAB>  
0% - <https://totozurianto.blogspot.com/2011/0>  
0% - <http://bahankuliah-tha.blogspot.com/2013>  
0% - <http://ketobapadah.blogspot.com/2011/04/>  
1% - <http://fasdilahali.blogspot.com/2012/05/>  
0% - <http://gudangcontohskripsi.blogspot.com/>  
0% - <http://fridayfitricia.blogspot.com/>  
0% - <https://www.researchgate.net/publication>  
0% - <http://amelnurulhidayah.blogspot.com/201>  
0% - <http://cemistry-family.blogspot.com/2011>  
0% - <https://docplayer.info/106084-Kestabilan>  
0% - <http://ragamtekniksipil.blogspot.com/201>  
0% - <https://kikilayblogaddress.blogspot.com/>  
0% - <http://ayipsyarifudinnur.blogspot.com/20>  
0% - <https://www.bing.com/aclick?ld=d3lbNYJjn>  
0% - <https://issuu.com/journalcauchy/docs/cau>  
0% - <https://id.scribd.com/doc/304982045/GEOK>  
0% - <https://syahriartato.wordpress.com/page/>  
0% - <https://lordbroken.wordpress.com/categor>  
1% - <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/bar>