

PENGOLAHAN LIMBAH STYROFOAM DENGAN AGEN BIOLOGI PSEUDOMONADS

Jayanti Lasmita Sari

Lenni Oktarina Is Garninda

Muhammad Kharis Kurniawan

Dimas Risqi Pangaribowo

Mita Mirjanah

Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga

ABSTRAK

Styrofoam atau yang sering masyarakat menyebutnya gabus, saat ini banyak sekali digunakan dalam berbagai keperluan, misalnya sebagai tempat untuk makanan, untuk pelindung bahan elektronik atau juga untuk latar dekorasi untuk keperluan seni. Namun Styrofoam ini memiliki dampak negatif bagi kesehatan manusia. Selain berdampak negatif bagi kesehatan, Styrofoam juga berdampak negatif bagi lingkungan karena tidak mudah diuraikan oleh alam. Styrofoam merupakan monomer yang terbuat dari Styrene. Styrene adalah salah satu jenis plastic yang ringan, kaku, dan tembus cahaya tetapi rapuh. Proses pembuatan Styrofoam ini sangat banyak menghasilkan limbah yang berbahaya bagi lingkungan.

Gagasan yang digagas penulis dalam karya tulis ini adalah dengan menggunakan mikroorganisme yang dapat memecah rantai karbon dari Styrofoam tersebut. Mikroorganisme yang digunakan dalam proses degradasi adalah Pseudomonads. Pseudomonads yang digunakan merupakan spesies dari Pseudomonads putida. Mikroorganisme ini mempunyai peran yang sangat penting untuk dekomposisi yang menggunakan siklus karbon. Uji yang pernah dilakukan menunjukkan bahwa Pseudomonads putida dapat memecah senyawa

hidrokarbon alifatik serta hidrokarbon aromatik. Kemampuan Pseudomonads putida dalam mendegradasi ikatan rantai karbon yang terdapat dalam Styrofoam diasumsikan dari cara pemutusan rantai polimer.

Lebih lanjut penulis mengusulkan gagasan utama. Gagasan yang diusulkan adalah dengan melakukan penelitian lebih lanjut tentang kemampuan serta efektifitas dari bakteri pseudomonas dalam kemampuannya mendegradasi Styrofoam yang mengandung senyawa hidrokarbon.

Hasil yang diharapkan dalam pengimplementasian gagasan tersebut adalah terciptanya kondisi tanah yang subur sehingga bisa digunakan untuk lahan pertanian, terciptanya produk baru yang dapat mendegradasikan limbah Styrofoam, serta dapat pula mengurangi penipisan lapisan ozon akibat dari pembakaran limbah Styrofoam.

Kata kunci: Degradasi, Pseudomonads, Styrofoam, Styrene

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Styrofoam atau yang biasa dikenal masyarakat dengan sebutan "gabus", saat ini banyak sekali digunakan oleh masyarakat untuk berbagai keperluan, misalnya sebagai wadah makanan. Sebagai bahan pengemas (wadah) makanan, styrofoam memiliki kepraktisan karena bersih, bisa dibeli dengan berbagai bentuk sehingga memudahkan orang membawa makanan selain itu *Styrofoam* juga digunakan sebagai pelindung bahan elektronik dari guncangan selama pengiriman, atau sebagai latar dekorasi dan berbagai barang untuk keperluan seni.

Namun dibalik kepraktisannya *Styrofoam* juga memiliki efek yang membahayakan bagi tubuh manusia. *Styrofoam* tidak baik digunakan karena berdampak buruk bagi kesehatan, efek negatif bagi kesehatan dapat berupa iritasi kulit, mata, saluran pernapasan bagian atas, dan efek gastrointestinal. Selain berefek negatif bagi kesehatan, *Styrofoam* juga tak ramah bagi lingkungan karena tidak mudah diuraikan oleh alam. *Styrofoam* bukan hanya mencemari lingkungan darat saja tetapi apabila terbawa ke laut, *Styrofoam* pun dapat merusak ekosistem dan biota laut. Oleh karena itu dalam upaya penanggulangan limbah styrofoam

perlu dilakukan cara yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Cara yang diajukan dalam mengurangi jumlah limbah *Styrofoam* adalah dengan cara mendegradasi limbah *Styrofoam* menggunakan agen biologis berupa bakteri *Pseudomonas putida*, ini karena *pseudomonas putida* merupakan salah satu bakteri yang dapat mendegradasi hidrokarbon sehingga dengan adanya biodegradasi ini diharapkan dapat mengurangi pencemaran limbah *Styrofoam* dan menciptakan lingkungan yang lebih bersih.

Tujuan

Tujuan dari penulisan ide ini adalah untuk memberikan pemahaman kepada masyarakat tentang bahaya dari limbah *Styrofoam* serta untuk memberikan solusi tentang bagaimana cara penanggulangan limbah *Styrofoam* supaya tidak berbahaya bagi lingkungan dengan menggunakan bakteri yang bisa menguraikan senyawa hidrokarbon. Salah satu kelompok bakteri yang dapat menguraikan senyawa hidrokarbon yaitu *pseudomonas*.

Manfaat

Dengan adanya gagasan, ini diasumsikan ada beberapa manfaat yang dapat diperoleh :

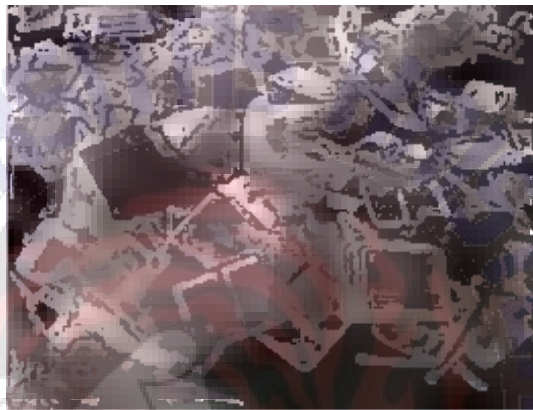
1. Mengatasi pencemaran limbah *Styrofoam* supaya tidak berbahaya bagi lingkungan.
2. Pemanfaatan bakteri *pseudomonas* sebagai penguurai senyawa hidrokarbon.
3. Sebagai salah satu upaya pelestarian lingkungan.

GAGASAN

Kondisi Kekinian

Sampah *Styrofoam* dan dampak pada lingkungan *Styrofoam* adalah monomer yang terbuat dari *Styrene*. *Styrene* merupakan salah satu jenis plastik yang ringan, kaku, dan tembus cahaya namun mudah rapuh, supaya lebih kuat *Styrene* dicampur dengan seng dan senyawa botadine. *Styrofoam* merupakan peluang terbesar dalam merusak lingkungan, karena biasanya *Styrofoam* yang

sudah digunakan hanya di dibuang begitu saja dan menjadi sampah yang lama kelamaan akan menumpuk. Hal ini diperparah dengan penggunaan yang banyak setiap tahunnya. Jumlah sampah berdasarkan catatan dari kementerian lingkungan hidup adalah 625 juta liter per hari dari seluruh penduduk di Indonesia didalamnya sudah termasuk sampah *Styrofoam* ([Tempo.com](#), 15 februari 2012). Jumlah sampah *Styrofoam* sendiri mencapai lebih dari 248.400.00 per tahun ([Kompas.com](#) 03 mei 2011).



Gambar 1. Sampah Styrofoam

Styrofoam bukan hanya mencemari lingkungan darat saja tetapi limbah *Styrofoam* yang terbawa ke laut, akan dapat merusak ekosistem dan biota laut. Disamping itu, *Styrofoam* merupakan salah satu penyebab banjir, *Styrofoam* yang tersangkut tersebut menjadi pemicu sampah lain ikut tersangkut pula. Akibatnya, sampah akan menumpuk dan menutup aliran air sehingga apabila musim hujan datang, dan debit air cukup besar, maka kemungkinan besar dapat menyebabkan banjir. Berdasarkan data yang diperoleh dari EPA (*Environmental Protection Agency*) pada tahun 1986 telah disebutkan bahwa dalam proses pembuatan *Styrofoam* sangat banyak menghasilkan limbah berbahaya, karena dalam proses pembuatannya menimbulkan bau tak sedap yang mengganggu pernapasan dan melepaskan 57 zat berbahaya ke udara.

Solusi yang Pernah Ditawarkan

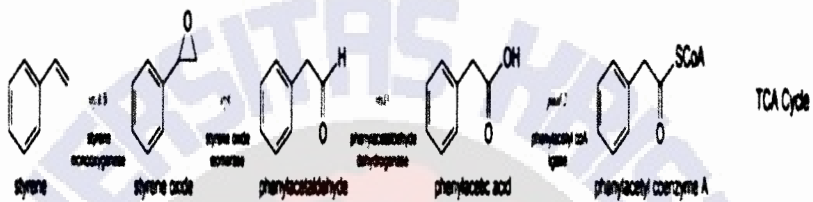
Selama ini metode yang digunakan untuk mengurangi sampah *Styrofoam* dengan cara dibuang begitu saja, dan di daur ulang tetapi daur ulang ini tidak dapat mengurangi jumlah *Styrofoam* melainkan hanya mengubahnya menjadi bentuk yang baru, selain itu biasanya melalui pembakaran namun pembakaran ini bukanlah tindakan yang efektif karena pada proses pembakaran ini malah akan menghasilkan gas karbon dioksida, gas karbon monoksida, dan gas CFC (*Chloro Fluoro Carbon*) yang dapat merusak lapisan ozon.

Gagasan dan Seberapa Jauh Kondisi Kekinian Dapat Diubah

Untuk mengurangi limbah dari *Styrofoam* sendiri dilakukan proses biodegradasi karena proses tersebut ramah lingkungan. Biodegradasi adalah proses dimana mikroorganisme seperti jamur dan bakteri menurunkan polimer alam (lignin, selulosa) dan polimer sintesis (polyethylene, polyStyrene). Proses biodegradasi sendiri bermacam-macam, karena mikroorganisme sendiri memiliki karakteristik yang berbeda - beda sehingga degradasi bervariasi dari satu mikroorganisme dengan mikroorganisme yang lain. Sepanjang penelitian para ahli dalam hal ini, yang tepat digunakan untuk mendegradasi *Styrofoam* adalah mikroba. Mikroba dapat dengan mudah menurunkan subunit kecil molekul polimer yang ditemukan dalam bentuk monomer atau oligomer. Pertumbuhan mikroba yang bertanggungjawab, harus dioptimalkan dengan cara pengontrolan suhu, kelembaban, waktu inkubasi, serta substrat yang dikonsumsi sebagai sumber karbon dan sumber energi. Berbagai faktor yang bertanggung jawab untuk biodegradasi adalah jenis polimer, karakteristik organisme, dan jenis pengobatan yang diperlukan. Suatu proses penghancuran mendegrasi *Styrofoam* dilakukan menggunakan agen biologis berupa *Pseudomonad*. *Pseudomonads* yang digunakan merupakan spesies dari *Pseudomonads putida*. Mikroorganisme ini merupakan mikroorganisme yang hidup di tanah dan lingkungan air tawar. Mikroorganisme ini mempunyai peran yang sangat penting dalam dekomposisi yang menggunakan siklus karbon. Uji yang pernah dilakukan menunjukkan bahwa *Pseudomonads putida* dapat memecah senyawa hidrokarbon alifatik dan aromatik. Kemampuan *Pseudomonads putida* dalam mendegradasi ikatan rantai

karbon yang terdapat dalam *Styrofoam* diasumsikan dari cara pemutusan rantai polimer.

Mekanisme *pseudomonads* sendiri dalam proses degradasi menggunakan Jalur yang paling sering dijelaskan untuk degradasi styrena, yaitu melibatkan oksidasi stirena ke phenylacetate, yang kemudian dikonversi menjadi intermediet masuk kedalam siklus TCA. Jalur ini ditunjukkan di bawah ini :



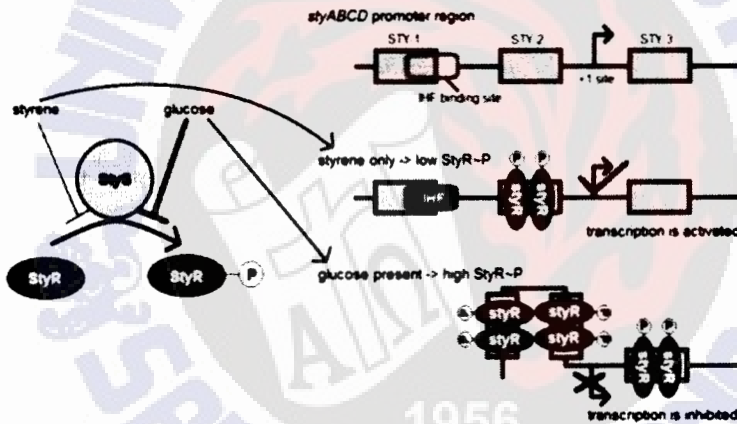
Gambar 2. Jalur Degradasi Styrena

Langkah-langkah yang mengarah dari styrena ke phenylacetate secara kolektif dikenal sebagai "jalur atas" degradasi stirena, dan langkah-langkah mulai dari phenylacetate dikenal sebagai "jalur bawah" degradasi stirena.

Pada "jalur atas", stirena pertama teroksidasi menjadi stirena oksida oleh stirena monooxygenase, yang membutuhkan reduktor untuk elektron. *Styrene* oksida kemudian disusun kembali untuk phenylacetaldehyde oleh stirena oksida isomerase, dan selanjutnya dioksidasi oleh phenylacetaldehyde dehidrogenase untuk menghasilkan phenylacetate. Di jalur yang lebih rendah atau "jalur bawah", phenylacetate yang diikat ke koenzim A untuk menghasilkan phenylacetylCoA, dan kemudian dibagi oleh beberapa enzim untuk menghasilkan asetil CoA, yang memasuki siklus TCA.

Enzim pada "jalur atas" yang dikodekan oleh operon *styABCD* dalam strain *Pseudomonas* dan *Rhodococcus*. *StyA* dan *styB* gen mengkodekan monooxygenase kompleks stirena. *StyA* memiliki aktivitas monooxygenase stirena dan mengkonversi stirena ke stirena oksida. Hal ini membutuhkan elektron dari $FADH_2$. *StyB* memiliki aktivitas reduktase FAD dan transfer elektron dari $NADH$ ke $FAD +$ untuk memasok $FADH_2$ untuk *styA*. Dalam

beberapa strain *Rhodococcus*, *styA* dan *styB* telah digabungkan ke dalam sebuah gen tunggal, *styA2B*, yang mengkode enzim yang memiliki baik stirena monooxygenase dan aktivitas reduktase FAD dan lebih efisien daripada *styA* / *StyB* *Styrene* monooxygenase kompleks. *styC* mengkodekan enzim isomerase stirena, dan *styD* mengkodekan enzim phenylacetaldehyde dehidrogenase. Gen lain telah diamati pada beberapa strain *Pseudomonas*. Tampaknya untuk mengkodekan stirena transporter tergantung ATP, dan merupakan bagian dari operon yang sama dengan gen *styABCD*. Jalur rendah degradasi stirena diawali dengan koenzim A phenylacetate ligase. *Pseudomonas putida* memiliki tiga gen untuk enzim ini, salah satunya adalah *paaF2* yang ditranskripsi dengan adanya stirena. Dalam proses degradasi stirena terdapat peraturan tertentu, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut. :



Gambar 3. Peraturan Operon *StyABCD*

Styrene katabolisme dipromosikan dengan adanya stirena, dan ditekan dengan adanya nutrisi yang lebih menguntungkan seperti glukosa. *StyABCD* operon diatur oleh dua komponen sistem, yaitu sistem *StyS* atau *StyR*. *StyS* merupakan protein kinase sensor yang memfosforilasi regulator respon, sedangkan *StyR* bagian menanggapi konsentrasi stirena. *StyS* telah terbukti memiliki dua domain sensor dan dua domain kinase, yang menunjukkan bahwa mungkin merespon dua sinyal yang berbeda. Selain stirena, stimulus lain diduga menjadi potensi redoks tinggi (yang mengindikasikan keberadaan substrat yang

lebih energetik seperti glukosa). Dengan adanya stirena, StyS memfosforilasi Styr pada tingkat yang rendah, mengakibatkan rendahnya tingkat Styr-P, yang mempromosikan transkripsi operon. Namun, dengan adanya metabolit yang lebih menguntungkan seperti glukosa, StyS memfosforilasi Styr lebih cepat, sehingga tingkat tinggi Styr-P, yang menghambat transkripsi operon. Dengan cara ini, bakteri pendegradasi stirena dapat mengontrol penggunaan stirena sehingga mereka hanya menurunkan itu dengan tidak adanya substrat metabolik yang lebih menguntungkan.

Pihak-Pihak yang Dapat Membantu Mengimplementasikan Gagasan

Untuk mewujudkan gagasan tersebut, dibutuhkan banyak pihak guna membantu pelaksanaan implementasi gagasan. Pihak-pihak dan peranannya dijelaskan dalam tabel berikut:

Tabel. Pihak-Pihak yang Dapat Berkontribusi dalam Pengimplementasian Gagasan Beserta Peranannya

Pihak Pihak yang Berkontribusi	Peran
Pemerintah	<ul style="list-style-type: none"> • Menjadi perantara antara peneliti dan masyarakat dalam mensosialisasikan mengenai <i>Styrofoam</i> serta dampaknya bagi masyarakat. • Koordinator bagi peneliti dalam membentuk solusi pendegradasian.
Peneliti	<ul style="list-style-type: none"> • Meneliti kondisi kekinian <i>Styrofoam</i> di Indonesia dan memberikan solusinya. • Memformulasikan cara pendegradasian <i>Styrofoam</i> dengan menggunakan mikroorganisme.

Masyarakat	<ul style="list-style-type: none"> • Menggunakan bahan yang lebih ramah lingkungan seperti wadah makan yang bisa digunakan secara berulang agar tidak terlalu banyak menggunakan <i>Styrofoam</i>.
------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Langkah-Langkah Strategis Untuk Mengimplementasikan Gagasan

Untuk mensukseskan gagasan yang telah ditulis diperlukan langkah-langkah untuk implementasi sebagai berikut:

1. Melakukan penelitian tentang peran bakteri *pseudomonas* dalam penguraian senyawa hidrokarbon.
2. Mensosialisasikan tentang suatu mikroorganisme yang bisa menguraikan senyawa hidrokarbon pada styrofoam kepada masyarakat khususnya pada kelompok industri yang berada pada bidang tersebut.
3. Adanya kerjasama pemerintah untuk membiayai penelitian yang lebih mendalam tentang cara kerja dan metode yang digunakan dalam proses degradasi styrofoam oleh bakteri *pseudomonas*.
4. Perann aktif masyarakat tentang kesadaran untuk melestarikan lingkungan.

KESIMPULAN

Inti Gagasan

Pembuangan sampah plastik oleh biodegradasi harus focus pada polimer paling banyak dikonsumsi seperti polyethylene, polypropylene, polyurethane, dan polystyrene. Dalam pandangan ini terdapat beberapa tugas yang harus ditangani dalam rangka untuk mendapatkan limbah yang aman bagi lingkungan. Salah satu metode yang paling berhasil untuk menangani masalah limbah *Styrofoam* ini adalah dengan biodegradasi enzimatik plastik. Dalam proses biodegradasi limbah *Styrofoam* dibutuhkan mikroorganisme yang dapat memecah rantai hidrokarbon dari *Styrofoam* tersebut. Mikroorganisme yang dapat digunakan adalah *Pseudomonads putida*.

Teknik-Teknik Implementasi

Demi mewujudkan gagasan tertulis ini dibutuhkan teknik implementasi yang tepat. Berikut ini adalah usulan teknik implementasi tersebut :

1. Melakukan penelitian tentang efektifitas dari mikroorganisme *Pseudomonads putida* dalam proses degradasi limbah *Styrofoam*.
2. Melakukan sosialisasi kepada masyarakat tentang bahaya dan dampak negatif limbah *Styrofoam* bagi lingkungan.
3. Melakukan evaluasi dan penelitian pengembangan tentang keefektifan dari mikroorganisme *Pseudomonads putida* untuk mendegradasi limbah *Styrofoam*.

Prediksi Hasil yang Akan Diperoleh

Dengan gagasan ini diharapkan dapat tercipta hal-hal sebagai berikut :

1. Terciptanya suatu produk yang dapat mengatasi limbah *Styrofoam* supaya tidak berbahaya lagi ketika dikembalikan ke lingkungan.
2. Dapat mengatasi kerusakan tanah akibat senyawa-senyawa berbahaya dari limbah *Styrofoam*.
3. Dapat mengurangi efek rumah kaca .

Prediksi hasil tersebut akan berdampak pada :

1. Tingkat kesuburan tanah yang bagus untuk lahan pertanian.
2. Berkurangnya jumlah limbah berbahaya bagi lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Artham T, Doble M (2008) Biodegradation of Aliphatic and Aromatic Polycarbonates. *Macromol Biosci* 8: 14- 24.

Ashadi, M. 2010. (http://www.xhemistry.org/artikel_kimia/teknologi_tepat_guna/mengubah-Styrofoam-dengan-biodegradasi-plastik/) [5 Maret 2014].

Glass JE, Swift G (1989) Agricultural and Synthetic Polymers, Biodegradation and Utilization, ACS Symposium Series 433. American Chemical Society, Washington DC.

Gu JD, Ford TE, Mitton DB, Mitchell R (2000) Microbial corrosion of metals. In: Uhlig

Corrosion Handbook. (2nd Edn) Wiley, New York.

Leoni L., Rampioni G., Di Stefano V., and Zennaro E. "Dual role of response regulator StyR in *Styrene* catabolism regulation." *Applied environmental microbiology*, 2005. 71(9), 5411 - 5419.

Pospisil J, Nespurek S (1997) Highlights in chemistry and physics of polymer stabilization. *Macromol Symp* 115:143-63.