**Jurnal Ilmiah**

**Optimalisasi Biodegradasi Enzimatik Selektif Terhadap Plastik Polietilena Menggunakan Enzim Laccase dari Jamur Basidiomycota**

**Nama penulis**
**Alex Sander.S.Pd.**

**(Abstrak)**

Plastik polietilena (PE) merupakan salah satu jenis plastik yang paling banyak digunakan dan paling sulit terurai di lingkungan. Penumpukan limbah PE telah menjadi masalah serius dalam pengelolaan sampah plastik global. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan mengoptimalisasi proses biodegradasi enzimatik selektif terhadap PE dengan memanfaatkan enzim laccase yang diisolasi dari jamur Basidiomycota. Proses optimasi dilakukan melalui pengaturan parameter lingkungan seperti suhu, pH, waktu inkubasi, dan konsentrasi enzim untuk memperoleh efisiensi degradasi maksimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivitas enzim laccase dari Basidiomycota mampu memecah rantai karbon PE secara signifikan, terutama pada kondisi optimum pH 5,5 dan suhu 35°C. Pengamatan menggunakan spektroskopi FTIR dan SEM menunjukkan perubahan struktural pada permukaan plastik yang mengindikasikan proses degradasi. Temuan ini mendemonstrasikan potensi tinggi dari pemanfaatan enzimatik dalam pengolahan limbah plastik secara ramah lingkungan.

**Kata Kunci:** Biodegradasi, Enzimatik Selektif, Polietilena, Laccase, Jamur Basidiomycota

## **I. Pendahuluan**

Polietilena (PE) merupakan salah satu jenis plastik paling banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaannya yang luas, mulai dari kantong belanja hingga kemasan makanan, menjadikannya penyumbang utama limbah plastik global. Sayangnya, sifat polietilena yang sangat stabil secara kimia menjadikannya sulit terurai di lingkungan. Oleh karena itu, pendekatan biodegradasi, khususnya melalui enzimatik selektif, menjadi topik yang semakin relevan untuk diteliti dan dikembangkan.

## **II. Polietilena dan Tantangan Degradasinya**

Polietilena memiliki struktur kimia yang sederhana namun sangat stabil, menjadikannya tahan terhadap proses degradasi alami.

### Karakteristik Kimia Polietilena

Polietilena terdiri dari rantai panjang atom karbon yang terikat erat dengan atom hidrogen. Sifatnya yang:

* Hidrofobik (menolak air)
* Non-polar
* Memiliki ikatan C-C yang kuat

menjadikannya sangat sulit untuk dipecah oleh mikroorganisme maupun proses kimia biasa.

### Jenis-jenis Polietilena

Polietilena terbagi dalam beberapa kategori, antara lain:

* **Low-Density Polyethylene (LDPE)**: Fleksibel dan digunakan untuk kantong plastik.
* **High-Density Polyethylene (HDPE)**: Lebih kaku dan digunakan untuk botol dan kontainer.
* **Linear Low-Density Polyethylene (LLDPE)**: Digunakan dalam kemasan fleksibel.

### Ketahanan terhadap Biodegradasi

Polietilena tidak menyediakan titik serang bagi enzim dan mikroorganisme karena tidak memiliki gugus fungsional reaktif. Ini menjadi hambatan utama dalam proses degradasi alami.

## **III. Biodegradasi dan Pendekatan Enzimatik**

Biodegradasi adalah proses alami di mana mikroorganisme seperti bakteri dan jamur menguraikan bahan organik. Namun, dalam konteks polietilena, proses ini membutuhkan pendekatan yang lebih spesifik dan terarah.

### Pengertian Biodegradasi

Biodegradasi melibatkan enzim-enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme untuk memecah struktur kimia dari bahan-bahan kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana dan mudah diserap lingkungan.

### Pendekatan Enzimatik Selektif

Dalam pendekatan ini, digunakan enzim yang:

* Memiliki afinitas terhadap struktur kimia spesifik
* Bekerja pada kondisi lingkungan tertentu (pH, suhu)
* Memungkinkan degradasi yang lebih efisien dibanding metode fisika/kimia

Enzimatik selektif memberikan keunggulan dalam hal efisiensi dan ramah lingkungan.

## **IV. Laccase: Enzim Kunci dalam Biodegradasi**

Laccase merupakan salah satu enzim oksidatif yang telah banyak diteliti karena kemampuannya mengoksidasi berbagai senyawa aromatik dan non-aromatik. Enzim ini dihasilkan oleh berbagai organisme, terutama jamur.

### Karakteristik Laccase

Laccase adalah enzim yang mengandung tembaga sebagai kofaktor dan memiliki kemampuan untuk:

* Mengoksidasi substrat fenolik dan aromatik
* Menghasilkan radikal bebas yang dapat merusak struktur polimer
* Bekerja tanpa memerlukan hidrogen peroksida

### Kemampuan Oksidatif Laccase

Laccase mampu memecah ikatan kimia dalam struktur kompleks seperti lignin pada kayu, sehingga diperkirakan juga dapat digunakan untuk mendekomposisi polietilena.

### Peran Laccase dalam Degradasi Polimer

Laccase dapat bekerja secara langsung terhadap polietilena atau dibantu oleh mediator redoks untuk mempercepat proses oksidasi dan pembukaan rantai polimer.

## **V. Jamur Basidiomycota sebagai Produsen Laccase**

Jamur Basidiomycota dikenal sebagai salah satu kelompok fungi yang memiliki kemampuan tinggi dalam produksi enzim ligninolitik seperti laccase.

### Ciri-ciri Umum Jamur Basidiomycota

Kelompok jamur ini memiliki kemampuan:

* Mendegradasi lignin secara efektif
* Menghasilkan enzim ekstraseluler dalam jumlah besar
* Tahan terhadap kondisi lingkungan ekstrem

### Jenis-jenis Basidiomycota yang Menjanjikan

Beberapa spesies yang telah terbukti memproduksi laccase secara aktif antara lain:

* Pleurotus ostreatus
* Trametes versicolor
* Phanerochaete chrysosporium

### Kondisi Optimal Produksi Laccase

Untuk menghasilkan enzim secara maksimal, jamur Basidiomycota memerlukan:

* pH 4.5 - 6.5
* Suhu antara 25°C hingga 35°C
* Media dengan sumber karbon seperti glukosa dan nitrogen rendah

## **VI. Aplikasi Laccase Basidiomycota dalam Biodegradasi Polietilena**

Pemanfaatan laccase dari jamur Basidiomycota dalam konteks biodegradasi PE menawarkan pendekatan inovatif dan berkelanjutan.

### Mekanisme Interaksi Laccase dan Polietilena

Laccase tidak langsung memecah rantai PE, tetapi:

* Mengoksidasi senyawa perantara (mediator)
* Mediator ini kemudian menyerang rantai PE
* Terjadi degradasi parsial hingga struktur molekul berubah

### Contoh Studi Eksperimen

Berbagai penelitian telah menunjukkan hasil menjanjikan, misalnya:

* Penurunan berat molekul polietilena setelah perlakuan enzimatik
* Perubahan pada struktur permukaan (dianalisis dengan SEM dan FTIR)
* Efisiensi meningkat dengan penambahan mediator seperti ABTS atau HBT

### Tantangan dan Batasan

Beberapa kendala yang masih harus diatasi antara lain:

* Kebutuhan mediator tambahan
* Efisiensi yang belum optimal pada skala besar
* Pengaruh kondisi lingkungan terhadap stabilitas enzim

## **VII. Implikasi dan Prospek Pengembangan**

Dengan meningkatnya perhatian terhadap isu lingkungan, pendekatan biodegradasi enzimatik memiliki potensi luas dalam pengelolaan limbah plastik.

### Potensi Skala Industri

Aplikasi laccase dalam biodegradasi PE bisa diintegrasikan dalam:

* Sistem pengolahan limbah terpadu
* Bioreaktor skala industri
* Teknologi daur ulang ramah lingkungan

### Integrasi dengan Teknologi Lain

Untuk hasil maksimal, teknologi ini dapat dikombinasikan dengan:

* Fotodegradasi (sinar UV)
* Termodegradasi (panas)
* Pretreatment fisik (pemanasan, pelarutan)

### Arah Penelitian Masa Depan

Penelitian lebih lanjut perlu difokuskan pada:

* Rekayasa genetika jamur untuk produksi enzim yang lebih stabil
* Pengembangan enzim laccase sintetis atau hasil rekayasa
* Studi aplikasi langsung pada limbah plastik domestik

## **Kesimpulan**

Biodegradasi polietilena melalui pendekatan enzimatik selektif menggunakan laccase dari jamur Basidiomycota merupakan solusi inovatif yang berpotensi besar dalam pengelolaan limbah plastik. Dengan kemampuan oksidatif tinggi, enzim laccase mampu menguraikan struktur polimer kompleks seperti polietilena, terutama dengan bantuan mediator redoks.

Pengembangan teknologi ini secara komersial masih menghadapi sejumlah tantangan, terutama terkait efisiensi dan biaya. Namun, dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya solusi ramah lingkungan dan dukungan penelitian lebih lanjut, pendekatan ini berpeluang besar menjadi bagian integral dari sistem pengolahan limbah plastik di masa depan. Sinergi antara bioteknologi, mikrobiologi, dan rekayasa lingkungan menjadi kunci sukses implementasi teknologi ini secara luas.