PENANGANAN LIMBAH INDUSTRI DENGAN CARA IMMOBILISASI MICROBIAL CELL

Oleh : Prayitno

ABSTRACT

An immobilized microbial cell is a physical confinement or localization of intact cell to a certain defined region of space with the preservation of some desired catalytic activity. The immobilization cell process has been increasingly used, one of those is for waste water treatment industry. Microbial entrapping process one of the method for the microbial cell immobilization by using some carrier such as collagen, gelatin, alginate, carragena and cellulose tri acetat at the time being is commonly used. Immobilization cell is effective enough for waste water treatment containing toxic substance such as phenol and by using immobilization cell, secondary sedimentation tanks is no longer used.

INTISARI

Immobilisasi mikrobial cell merupakan suatu cara untuk melokalisasi atau menahan secara physis cell lengkap pada tempat tertentu dengan memelihara aktifitas katalitik cell sesuai dengan yang diinginkan. Penggunaan immobilisasi cell saat ini terus meningkat, salah satunya adalah penggunaannya untuk pengolahan limbah cair industri. Proses immobilisasi cell dengan cara menjerat mikrobial dengan berbagai bahan pembawa seperti collagen, gelatin, agar alginat, carrogeen, cellulose tri acetat saat ini merupakan metoda yang banyak digunakan. Metoda immobilisasi cell dapat memberikan efektifitas yang cukup tinggi untuk mengolah limbah cair yang mengandung bahan toksik seperti phenol dan tidak lagi diperlukan pengendap sekunder dalam proses pengolahan limbahnya.

PENDAHULUAN

Penggunaan enzym sebagai katalisator untuk keperluan industri, analisa dan dunia kesehatan telah berkembang dengan pesatnya sejak dua dekade terakhir ini, bahkan saat ini teknologi enzym telah menjadi suatu cabang ilmu tersendiri. Selain untuk keperluan-keperluan tersebut diatas, saat ini telah dikembangkan penggunaan enzym untuk keperluan penanganan limbah industri baik melalui pencegahan yaitu dengan penerapan teknologi bersih maupun dalam penanggulangannya.

Penggunaan enzym untuk penanganan limbah industri, khususnya limbah cair dapat dilakukan dengan mengimmobilisasi enzym dalam suatu media. Sedemikian rupa sehingga menyerupai katalisator dalam phase padat yang digunakan untuk reaksi-reaksi kimia sintetik. Enzym adalah merupakan suatu zat yang dapat diproduksi oleh hampir semua mahluk hidup, akan tetapi untuk keperluan dalam bidang industri, yang lebih sesuai adalah enzym yang dihasilkan oleh mikrobial

dikarenakan beberapa alasan diantaranya :

- Biaya produksi rendah,
- Kondisi untuk produksi tidak dibatasi lokasi maupun iklim,
- Waktu yang diperlukan untuk produksi secara massal,
- Dimungkinkan untuk diproduksi secara massal.

Enzym yang dihasilkan oleh mikrobia dapat diklasifikasikan menjadi dua grup, yaitu :

Extracellulair Enzym ialah jika enzym yang dihasilkan diekskresikan dari cell ke media pertumbuhan dan Intracellulair Enzym bila enzym yang dihasilkan tetap tinggal didalam cell selama pertumbuhannya.

Untuk menggunakan Intracellulair Enzym perlu dilakukan ekstraksi terlebih dahulu dari cellnya, dalam hal ini sering dijumpai hasil ekstraksi enzym tidak sesuai dengan yang dikehendaki dan tidak sesuai dengan immobilisasi enzym, selain itu biaya untuk ekstraksi enzym dirasa sangat mahal.

Dalam immobilisasi enzym diperlukan proses ekstraksi dan pemurnian untuk menghindari adanya problema tersebut dapat dilakukan dengan cara mengimmobilisasi seluruh cell mikrobia dan digunakan sebagai katalis padat.

Reaksi dengan cell mikroba yang diimmobilisasi dapat memberikan keuntungan bila :

- Enzym yang dihasilkan adalah enzym extracellulair,
- Mikroorganisme yang terkandung didalam imobilisasi cell tidak mempengaruhi enzym atau bila berpengaruh harus dengan mudah di inaktifkan atau dihilangkan,
- Substrate dan produksinya harus berupa bahan yang mempunyai berat molekul rendah.

Dengan kondisi seperti tersebut diatas, metoda cell mikroba yang di immobilisasi dapat memberikan keuntungan antara lain :

- Proses untuk ekstraksi atau purifikasi enzym atau keduanya tidak diperlukan lagi,
- Aktivitas enzym dalam immobilisasi cell akan lebih tinggi,
- Stabilitas operasional akan lebih tinggi,
- Biaya rendah,
- Memungkinkan beberapa step reaksi enzym.

METODE IMMOBILISASI CELL

Telah banyak dipublikasikan metode immobilisasi cell, akan tetapi pada dasarnya metoda tersebut dapat diklasifikasikan dalam 3 kategori :

1. Metode carrier - Binding

Metode carrier - Binding adalah metode immobilisasi cell yang didasarkan pada pengikatan langsung dari cell ke dalam bahan pembawa (carrier) yang tidak larut dalam air.

Ikatan ini dapat secara aborsi phisik, ikatan ionik atau ikatan kovalent.

Sebagai carrier yang tidak larut dalam air dapat digunakan polysaccharida (cellulose, dextron dan derivat agar), protein (gelatin dan albumin), polymer sintetis (Ion exchange Resin dan PVC) dan material in organik (batubata, pasir, glassporous). Absorpsi cell kedalam bahan pembawa adalah sangat bergantung kepada karakteristik dari lingkungan, sebab phenomena absorpsi utamanya didasarkan pada interaksi elektrostatis (Van Der Waals forces) dan pada ikatan ionik dan hidrogen antara permukaan cell dengan bahan pembawa.

Metode ikatan kovalent merupakan metode yang sering digunakan dalam teknik-teknik immobilisasi enzym, sebab akan didapat enzym yang stabil dalam pengoperasiannya. Akan tetapi untuk immobilisasi cell metoda ini tidak digunakan secara luas sebab toksisitas dari adanya coupling agent, yang mana akan menghilangkan aktivitas enzym dan kelangsungan hidup mikrobia.

2. Metoda Cross Linking

Cell dapat di immobilisasi secara cross linking dengan dua atau multifungsional reagent seperti glutaraldehyde, toluent diisocyanate dan lain-lain. Metode ini belum digunakan karena belum banyak studi tentang metode ini. Penelitian yang pernah dilakukan adalah dengan mengimmobilisasi cell E. coli, yang mempunyai aktivitas aspartase yang tinggi, secara cross linking antara dinding cell atau membrane cell dengan bifungsional reagent glutaraldehyde dan toluene diisocyanate. Dari percobaan didapat bahwa dengan menggunakan glutaraldehyde, cell masih memiliki aktivitas aspartase sekitar 34 % akan tetapi penggunaan toluene diisocyanate dengan 1,6 diaminoheksane cell menjadi inactive.

3. Metode Entrapping

Metode entrapping adalah metode immobiisasi dengan menjerat secara langsung cell ke dalam polymer sebagai bahan pembawa. Bahan polymer yang digunakan diantaranya adalah collagen, gelatin, agar alginate, carragen, cellulosa triacetat, polyacrilamde dan poly urethane. Dari bahan-bahan tersebut diatas yang banyak digunakan adalah poly acrylamde gel, alginate gel, K. Carragenan.

TEKNIS PENYIAPAN IMMOBILISASI CELL

Sehubungan dengan metode entrapping merupakan metode yang banyak

digunakan dalam immobilisasi cell proses, maka teknis penyiapan immobilisasi disini akan lebih dititik beratkan pada metode dengan menjerat langsung cell ke dalam bahan pembawanya (carrier). Bahan pembawa yang dapat digunakan antara lain :

a. K. Carragen

K. Carragenan adalah bahan pembawa (carrier) yang sangat mudah didapat dan merupakan polysaccharide yang non tonic dihasilkan dari isolasi tumbuhan laut. Bahan ini tersusun dari β D. Galactose Sulfit dan 3,6-anhydro- α .D. Galactose. K. Carragenan akan menjadi gel dengan pendinginan atau kontak dengan zat yang mengandung zat penggel seperti K^+ , NH_4^+ , Ca^{2+} , Cu^+ , Mg^{2+} , Fe^{3+} , amonia.

Keuntungan dengan menggunakan K. Carragenan adalah bahwa immobilisasi dapat dibentuk dibawah kondisi temperatur normal tanpa menggunakan bahan kimia yang dapat menghancurkan aktifitas enzim yang diperlukan. Aktifitas enzim dan microba cell immobilisasi akan mendapatkan hasil yang baik dengan menggunakan K^+ ion.

Keuntungan menggunakan K. Carragenan adalah bahwa bentuk dari immobilisasi cell dapat dibuat sedemikian rupa sesuai dengan yang dikehendaki. Tambahan lagi bila immobilisasi cell dibuat dengan bahan peng-gel disuspensikan dalam larutan garam psikologis, K. Carragenan gel akan dengan cepat terlarut dan akan didapat suspensi cell bebas dalam larutan garam psikologis, hal ini akan memudahkan dalam pengamatan cell sesudah di immobilisasi. Kekurangan dalam penggunaan K. Carragenan adalah bahwa bila penggel tidak ada dalam campuran, cell akan dilepas dengan pengenceran gel, juga zat peng-gel dapat menghambat aktifitas-aktifitas enzim.

b. Calsium Alginat

Alginat yang merupakan hasil penyarian dari tumbuhan laut adalah copolymer linier dari D. Mannuronic dan L. Guluronic acid. Bahan dalam larutannya akan membentuk gel dengan multivalensien seperti kalsium dan aluminium. Untuk immobilisasi cell, crosslinking alginat dengan Ca^{2+} adalah merupakan metode yang banyak digunakan, metode ini telah banyak digunakan untuk immobilisasi cell yang sangat sensitif seperti cell tumbuh-tumbuhan dan protoplasma.

Fleksibilitas dari metode ini dapat digambarkan sebagai berikut :

- Alginat dengan berat molekul dan susunan kimia yang berbeda dapat digunakan.
- Dapat digunakan dengan konsentrasi 0,5 - 10 %.
- Konsentrasi $CaCl_2$ untuk presipitasi dapat divariasi antara 0,05 - 2 %.
- Temperatur digunakan antara 0 - 8° C.

- Cell loading dapat tinggi (sampai diatas 30 gram berat cell per ml katalisator).

c. Cellulose

Cellulose merupakan bahan organik dari derivat Polysaccharida dengan 3 buah hidroksil group pada setiap rantai glucose anhydrous.

Derivat cellulose ini telah banyak digunakan dalam immobilisasi cell dengan menggantikan hidroksil group dengan beberapa gugus pengganti. Penggantian dengan gugus diethylaminoethyl (DEAE) akan menghasilkan polycationic yang bereaksi basa lemah. Penggantian carbonyl group dengan carbonyl methyl (CM) akan menghasilkan carbonyl group yang bereaksi asam lemah.

Derivat-derivat cellulose lain yang bisa digunakan adalah dari mono, di, tri acetate cellulose yang bersifat basa fibrous.

PENGUNAAN IMMOBILISASI CELL

Telah banyak penelitian penggunaan immobilisasi cell mikrobia untuk penanganan limbah cair industri, Yang P.Y. dan Wong M.L. telah mencoba menggunakan mono carrier (cellulose tri acetate) dan bi carrier (kombinasi Calsium Alginat dan Cellulose tri acetate) untuk mengimmobilisasi cell biomas dari hasil aklimatisasi dengan menggunakan limbah sintesis yang mengandung glucose dan phenol.

Adapun komposisi limbah sintesis yang digunakan adalah sebagai berikut :

- Phenol	250 mg/l
- Ammonium Sulphate, $(NH_4)_2SO_4$	250 mg/l
- Calsium Clorida, $CaCl_2$	3.75 mg/l
- Ferry Chlorida, $FeCl_3.6H_2O$	0.25 mg/l
- Magnesium Sulfat, $MgSO_4.H_2O$	50 mg/l
- Magnesium Sulfat, $MgSO_4.7H_2O$	50 mg/l
- Mono Potasium Phospate, KH_2PO_4	5 mg/l
- Di Potasium Phospate, K_2HPO_4	535 mg/l
- Air	50 mg/l

Untuk penyiapan immobilisasi cell dapat dilakukan sebagai berikut :

a. Mono-Carrier

1.000 ml larutan 10 % cellulose tri acetate, dicampur homogen dengan 20 mg suspensi 25 % cell mikrobia, gel yang diperoleh diekstrusikan menggunakan alat suntikan kapasitas 20 ml tanpa menggunakan jarum, masa yang terbentuk dikeraskan dengan cara mencelupkan dalam 100 ml larutan toluena, kemudian

dikeringkan dan diangin-anginkan.

b. Bi-Carrier

Imobilisasi cell dengan bi carrier dilakukan dengan mencampur campuran 25 ml larutan 3 % Natrium alginate dan 2,5 g suspensi 40 % cell dengan 75 ml larutan 10 % cellulose triacetate dengan 3,75 g suspensi 25 % cell.

Campuran yang didapat akan berupa gel yang kemudian diekstrusikan dan dibentuk sebagai jaringan, kemudian dikeringkan dengan cara diangin-anginkan dan bentuk alginate gel dikeraskan dengan 0,1 M larutan CaCl_2 , cuci dengan air.

Dalam penggunaannya mono dan bi carrier imobilisasi cell ditempatkan terpisah berturut-turut masing-masing pada tube volume 250 ml dan 500 ml yang dilengkapi dengan diffuser dan pompa untuk influent, aliran udara dalam tube dengan kecepatan 1 l/min dan temperatur operasi $25 \pm 1^\circ \text{C}$. Dalam operasinya digunakan loading rate yang dinaikkan secara bertahap mulai dari 3 hingga 9 gram COD/1/hari. Untuk bi carrier dari 1,5 hingga 18 gram COD/1/hari untuk mono carrier, sedangkan waktu tinggal turun dari 5 hingga 1,5 jam untuk bi carrier dan dari 10 hingga 0,7 untuk mono carrier.

Dari hasil penelitian Yang P.Y. menyimpulkan bahwa cell imobilitas baik mono maupun bi carrier bisa digunakan untuk mengolah limbah yang mengandung derivat phenol. Dengan loading rate 9,5 gram COD/1/hari dapat dicapai efficiency penurunan COD sampai dengan 90 % atau lebih dan stabilitas operasional dicapai pada loading rate 3 gram COD/1/hari.

Percobaan juga telah dilakukan dengan imobilisasi lumpur aktif dengan metode polyvinyl alkohol (PVA)-asam borat, yaitu dengan menggunakan PVA sebagai carrier yang dilarutkan dalam air sampai kadar 15 - 20 % dan dengan lumpur aktif 120 gram/l. Percobaan secara kontinyu dengan loading total organik karbon antara 0,5 - 2,35 gram TOC/1/hari diketahui dapat menurunkan kadar Total Organik Carbon sampai dengan 93 % dan Total Nitrogen 30 - 40 %.

KESIMPULAN

Dari uraian diatas dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode cell mikrobial yang di imobilisasi dapat digunakan untuk penanganan limbah cair industri dengan efektifitas yang cukup tinggi untuk limbah yang mengandung bahan toksik seperti phenol.

Metode ini juga memberikan keuntungan dibanding dengan metode konvensional, karena dengan metode ini tidak diperlukan lagi bak pengendap sekunder dari recycle sludge.

DAFTAR PUSTAKA

1. Yang P.Y. (1987), *Immobilized Mixed Microbial Cells for Waste Water Treatment*, Agriculture Engineering Department University of Hawaii, Hawaii 96822.
2. Lorenz O., at all (1987), *Immobilization of Yeast Cells in Polyurethane Ionomers*, Bio Technology and Bio Engineering Vol. XXIX, p. 388, John Wiley & Sons Inc.