

Produksi dan Prospek Enzim Xilanase dalam Pengembangan Bioindustri di Indonesia

Nur Richana

Balai Penelitian Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian, Bogor

ABSTRACT

Production and Prospects of Xylanases for Bioindustry Development in Indonesia. Nur Richana. Generally various xylanolytic enzyme systems as like xylanase are from bacteria and fungi. Commercial application suggested for xylanases involve the conversion of xylan, which is present in wastes of agricultural and food industry into xylose. Similarly, xylanases could be used for the clarification of juices, for the extraction of coffee, plant oils, and starch, and for poultry and bleaching of pulp. Xylanases production could be conducted either by paper industry or another enzyme industry. Cell biomass as by product of enzyme industry has a potential in the decomposition of organic matter. In order to increase competitive advantages the production cost should be reduced due to the cheap of raw material and increased efficiency of down stream processing.

Key words: Production, xylanases, bioindustry

Enzim adalah molekul biopolimer yang tersusun dari serangkaian asam amino dalam komposisi dan susunan rantai yang teratur dan tetap. Enzim memegang peranan penting dalam berbagai reaksi di dalam sel. Sebagai protein, enzim diproduksi dan digunakan oleh sel hidup untuk mengkatalisis reaksi antara lain konversi energi dan metabolisme pertahanan sel.

Xilanase merupakan kelompok enzim yang memiliki kemampuan menghidrolisis hemiselulosa dalam hal ini ialah xilan atau polimer dari xilosa dan xilo-oligosakarida. Xilanase dapat diklasifikasikan berdasarkan substrat yang dihidrolisis, yaitu β -xilosidase, eksoxilanase, dan endoxilanase.

β -xilosidase, yaitu xilanase yang mampu menghidrolisis xilo-oligosakarida rantai pendek menjadi xilo-sa. Aktivitas enzim akan menurun dengan meningkatnya rantai xilo-oligosakarida (Reilly, 1991; Dekker, 1983). Xilosa selain merupakan hasil hidrolisis juga merupakan inhibi-

tor bagi enzim β -xilosidase. Sebagian besar enzim β -xilosidase yang berhasil dimurnikan masih menunjukkan adanya aktivitas transferase yang menyebabkan enzim ini kurang dapat digunakan industri penghasil xilosa.

Eksoxilanase mampu memutus rantai polimer xilosa (xilan) pada ujung reduksi, sehingga menghasilkan xilosa sebagai produk utama dan sejumlah oligosakarida rantai pendek. Enzim ini dapat mengandung sedikit aktivitas transferase sehingga potensial dalam industri penghasil xilosa.

Endoxilanase mampu memutus ikatan β 1-4 pada bagian dalam rantai xilan secara teratur. Ikatan yang diputus ditentukan berdasarkan panjang rantai substrat, derajat percabangan, ada atau tidaknya gugus substitusi, dan pola pemutusan dari enzim hidrolase tersebut.

Xilanase umumnya merupakan protein kecil dengan berat molekul antara 15.000-30.000 Dalton, aktif pada suhu 55°C dengan pH 9 (Yang *et al.*, 1988; Yu *et al.*, 1991). Pada suhu 60°C dan pH normal, xilanase

lebih stabil (Tsujiibo *et al.*, 1992; Cho-Goo *et al.*, 1996).

PRODUKSI XILANASE DARI MIKROORGANISME

Jenis mikroorganisme yang sudah umum menghasilkan xilanase ialah jamur dan bakteri. Contoh beberapa mikroorganisme penghasil endoxilanase disajikan pada Tabel 1.

Beberapa jenis bakteri dan jamur diketahui mampu menghasilkan xilanase secara ekstraseluler. Xilanase dari *Clostridium acetobutylicum* telah diteliti oleh Lee *et al.* (1985), yaitu dari 20 strain *Clostridium* sp. ternyata *C. acetobutylicum* NRRL B527 dan ATCC 824 menghasilkan xilanase terbanyak. Strain NRRL B527 menghasilkan xilanase pada pH 5,2, sedangkan strain ATCC 824 menghasilkan xilanase, xilopiranosidase, dan arabinofuranosidase pada kultur anaerob. *Bacillus* sp. penghasil xilanase bersifat alkalofilik yang telah diteliti adalah *Bacillus* sp. YC 335 (Park *et al.*, 1992), *Bacillus* sp. 41M-1 (Nakamura *et al.*, 1993), dan *Bacillus* sp. TAR-1 yang juga bersifat termofilik (Nakamura *et al.*, 1994). Kubata *et al.* (1992) telah mengisolasi *Aeromonas caviae* ME-1 penghasil xilanase I dari usus *herbivorous insect*, sedangkan Dung *et al.* (1993) melakukan penelitian β -1,4-xilanase 2 dan 3 dari *A. caviae* W-61. Irawadi (1992) berhasil memproduksi selulase dan xilanase dari *Neurospora sitophila* pada substrat padat limbah kelapa sawit. Richana *et al.* (2000) telah melakukan isolasi bakteri penghasil xilanase alkalofilik yang berasal dari tanah berkapur pH 7,9. Seleksi dilakukan berdasarkan ukuran koloni dan zona bening di sekeliling koloni yang tumbuh pada media pertumbuhan (Gambar 1).

Winterhalter dan Liebl (1995) telah melakukan produksi xilanase

thermostabil dari bakteri *Thermotoga maritima* MSB8, sedangkan Ruiz-Arribas *et al.* (1995) telah mendapatkan *Streptomyces halstedii* JM8 penghasil xilanase (xys I) yang diisolasi dari jerami. Lin *et al.*, (1999), melakukan pemurnian dan karakterisasi biokimia xilanase dari fungi termofilik *Thermomyces lanuginosus*-SSBP.

Komposisi medium fermentasi dapat sederhana atau kompleks tergantung jenis mikroba dan kon-

disi fermentasinya. Baik medium sederhana maupun kompleks dapat merupakan medium sintetik atau medium kasar (*crude*). Medium sintetik cocok untuk skala laboratorium dan industri kecil karena mempunyai beberapa keuntungan antara lain setiap komponen dapat dengan mudah dikurangi, dihilangkan atau ditambahkan. Di samping itu, pada medium sintetik biasanya tidak membentuk buih selama proses berlangsung, dan kesalahan atau kelainan yang

terjadi selama fermentasi akibat komposisi yang kurang tepat dapat dicegah. Pada industri skala besar medium sintetik tidak sesuai digunakan.

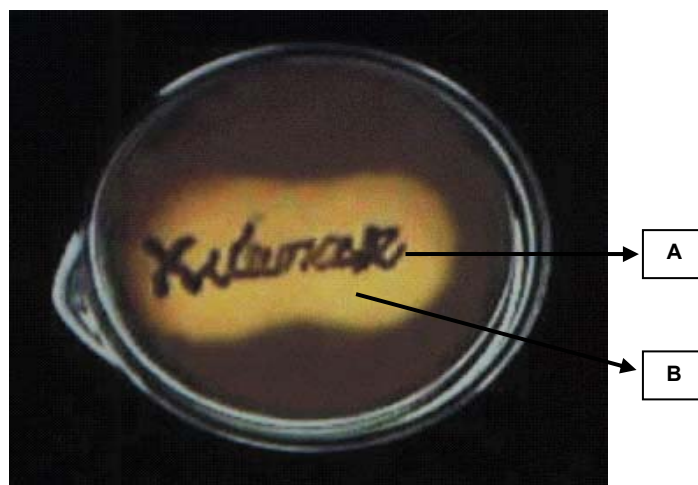
Kriteria sumber nutrisi untuk skala besar menurut Rachman (1989) adalah

1. Dapat memproduksi biomassa dengan hasil maksimal untuk tiap gram substrat yang digunakan.
2. Memungkinkan pembentukan produk fermentasi dengan laju

Tabel 1. Beberapa mikroorganisme penghasil xilanase

Mikroorganisme	Suhu tumbuh (°C)	Suhu optimum (°C)	pH	Berat molekul (kDa)
Jamur				
<i>Aspergillus sp.</i>	24-30	45-60	4,5-6	22,0-46,5
<i>Aureobasidium sp.</i>	28	45-54	4,5-4,8	20-25,0
<i>Bipolaris sorokinana</i>	28	70	5,5	30,0
<i>Cryptococcus flavus</i>	20	55	4,5	25,0
<i>Fusarium oxysporium</i>	26	50	5,0	80,0
<i>Gloeophyllum trabeum</i>	22	80	4,0	39,0
<i>Humicola grisea</i>	40	70	5,5	25,5
<i>Myrothecium verrucaria</i>	30	45	5,5	15,9
<i>Neurospora crassa</i>	28	50	4,8	33,0
<i>Penicillium sp.</i>	25	40	6,0	35,0
<i>Trichoderma sp.</i>	25-30	50-60	3,5-6,5	1,8-32
Bakteri				
<i>Aeromonas sp.</i>	30	30-55	5,0-7	22-58,0
<i>Bacillus sp.</i>	37-50	50-70	6,0-10,0	16-43
<i>Clostridium sp.</i>	37-65	50-75	5,5-7,0	29,0-72,0
<i>Fibrobacter succinogenes</i>	37	39	7,0	53,7
<i>Streptomyces sp.</i>	36-50	50-72	4,5-8,0	21,0-50
<i>Thermoanaerobacterium</i>	60	80	6,2	24-350
<i>Thermomonospora curvata</i>	55	75	6,8-7,8	15-36,0
<i>Thermotoga sp.</i>	77-80	80-105	5,4-6,2	40-120

Sumber: Sunna dan Antraniklan (1997)



A = koloni bakteri, B = zona bening

Gambar 1. Pembentukan zona bening di sekitar koloni bakteri yang ditumbuhkan pada media xilan

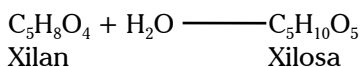
maksimal.

3. Dapat menekan pembentukan produk yang tidak diinginkan sampai serendah mungkin.
4. Mutu konstan, murah, dan tersedia sepanjang tahun.
5. Tidak menimbulkan masalah terhadap aerasi, agitasi, ekstraksi, dan pemurnian hasil serta perlakuan limbah.

Substrat yang digunakan dalam proses fermentasi berpengaruh terhadap aktivitas dan produktivitas enzim. Adanya substrat tertentu di dalam medium produksi dapat memacu mikroorganisme untuk mensekresi metabolit selnya.

Zat makanan utama bagi pertumbuhan mikroorganisme adalah sumber karbon, nitrogen, dan komponen mineral terutama fosfat. Formulasi media dalam pertumbuhan dan produksi hasil fermentasi merupakan suatu tahap penting dalam mendesain percobaan dalam skala kerja (Stanbury dan Whitaker, 1984).

Beberapa sumber karbon yang sering digunakan adalah molases, sereal, pati, glukosa, sukrosa, dan laktosa. Produksi enzim xilanase sebagai sumber karbon adalah xilan. Xilan dengan aktivitas xilanase yang dihasilkan oleh mikroorganisme akan terhidrolisis menjadi xilosa.



Hemiselulosa xilan merupakan polimer xilosa yang berikatan β -1,4 dengan jumlah monomer 150-200 unit (Sunna dan Antraniklan, 1997). Rantai xilan bercabang dan strukturnya tidak terbentuk kristal sehingga lebih mudah dimasuki pelarut dibandingkan dengan selulosa.

Sebagian besar xilan terdiri atas 2-4 heteroglukan. Heteroglukan yang umum dijumpai adalah arabino-D-xilan, L-arabino-D-glukurono-D-xilan, 4-o-metil-D-glukurono-D-xilan, L-arabino-D-xilan, D-gluko-D-

mannan, D-galakto-D-gluko-D-mannan, dan L-arabino-D-galaktan.

Penggunaan xilan dalam produksi xilanase skala besar terlalu mahal. Park *et al.* (1992) telah melakukan penelitian alternatif sumber karbon selain xilan, yaitu jerami padi. Jerami kering dipotong sepanjang 10 mm, kemudian dipanaskan 121°C selama 1 jam. Sesudah penyaringan, xilan kasar diendapkan dengan etanol 99% dan diinkubasi selama 24 jam. Hasil endapan adalah xilanase kasar.

Yoshida *et al.* (1994) memanfaatkan ampas/limbah ekstrak minyak biji kapas untuk pengganti xilan. Mula-mula ampas biji kapas direndam dengan khlorin pada suhu kamar selama 5 jam untuk menghilangkan lignin dan warna bahan. Kemudian dikeringkan dan direndam kembali dengan larutan 10% NaOH pada suhu kamar selama 24 jam. Filtrat adalah xilan kasar yang diendapkan dengan 2 kali volume etanol 99%.

Menurut Nakamura *et al.* (1993) dan Dung *et al.* (1993), contoh komposisi media untuk produksi xilanase, masing-masing untuk termofilik alkalofilik dan pada media netral disajikan pada Tabel 2.

Seperti halnya sumber karbon, garam nutrien akan menghambat laju pertumbuhan pada konsentrasi tertentu. Bila yang digunakan garam amonium sebagai sumber ni-

trogen, penghambatan dimulai pada konsentrasi 10 g/l. Penggunaan garam nutrien dari amonium, fosfat, dan nitrat masing-masing 9, 10, dan 1 (Wang *et al.*, 1997).

PROSPEK XILANASE DALAM BIOKONVERSI LIMBAH PERTANIAN

Perkembangan dan kemajuan bidang pertanian dan industri pertanian di Indonesia telah menimbulkan peningkatan limbah pertanian yang sebagian besar merupakan limbah berlignoselulosa. Limbah berlignoselulosa yang tinggi potensinya di Indonesia antara lain jerami, onggok (ampas tapioka, garut), bonggol dan kulit jagung, sabut serta tandan kosong kelapa sawit, bagase tebu, dan lain sebagainya. Seringkali limbah yang tidak tertangani, akan menimbulkan pencemaran lingkungan. Pada dasarnya limbah tidak memiliki nilai ekonomi, bahkan mungkin bernilai negatif karena memerlukan biaya penanganan. Namun demikian, bila ditelaah lebih dalam limbah lignoselulosa sebagai bahan organik memiliki potensi besar sebagai bahan baku berbagai industri, terutama untuk pembuatan kertas. Di samping itu, fraksinasi limbah ini menjadi komponen penyusunnya akan meningkatkan pendayagunaan dalam berbagai industri. Melihat potensi bahan limbah berlignoselulosa yang

Tabel 2. Media pertumbuhan bakteri penghasil xilanase

Bahan	Komposisi (%)	
	Media alkali	Media netral
Polipepton	0,5	-
Ekstrak khamir	0,1	0,2
K ₂ PO ₄	0,1	1,5
MgSO ₄ · 7 H ₂ O	0,02	0,025
Xilan (sumber karbon)	0,5	0,7
NaCl	-	0,25
NH ₄ Cl	-	0,5
Na ₂ HPO ₄	-	5,0

Sumber: Nakamura (1993); Dung *et al.* (1993)

melimpah maka perlu peng-galian yang lebih intensif tentang pemanfaatan potensi tersebut.

Bahan berlignoselulosa terdiri atas hemiselulosa, selulosa, dan lignin. Hemiselulosa dapat dimanfaatkan menjadi produk xylitol, xylosa, dan fulfural. Selulosa dapat dimanfaatkan menjadi protein sel tunggal, glukosa, fruktosa, dan sorbitol. Sedangkan lignin untuk bahan bakar, pelarut, resin, produk karbon, dan matriks adsorpsi (Paturau, 1969).

Salah satu sasaran dalam pengembangan bioteknologi adalah merintis pemanfaatan mikroorganisme dalam biokonversi limbah. Pemanfaatan limbah berlignoselulosa dengan menggunakan jasa mikroorganisme dapat menghasilkan enzim ekstraseluler yang mampu mendegradasi bahan berlignoselulosa menjadi fraksi penyusunnya. Misalkan enzim selulase yang dapat merombak bahan berlignoselulosa berupa jerami atau sampah organik menjadi kompos, atau menghidrolisis selulosa menjadi glukosa. Sedangkan xilanase dapat menghidrolisis hemiselulosa menjadi xilosa, proses ini dapat diaplikasikan ke beberapa proses dan pemanfaatannya.

Pemanfaatan Xilanase untuk Proses Pembuatan Kertas

Pada pembuatan kertas, xilanase digunakan untuk menghilangkan hemiselulosa dalam proses *bleach-ing*. Enzim ini sebagai pengganti cara kimia sehingga pencemaran racun limbah kimia akan dihindari dan lebih murah (Ruiz-Arribas *et al.*, 1995). Bahan baku kayu pembuat kertas setelah melalui proses digester dan pencucian, sebenarnya masih dalam keadaan kotor (derajat putihnya rendah). Untuk menghasilkan kertas yang

bermutu tinggi perlu dilakukan proses pemutihan. Proses pemutihan bertujuan untuk menghilangkan lignin, hemiselulosa penyebab warna coklat dan zat ekstraktif yang dikandung dari hasil pencucian dan penyaringan. Proses pemutihan biasanya dilakukan bertahap, karena mempunyai kelebihan di antaranya adalah nilai derajat putihnya tinggi. Proses bertahap ini terdiri atas tahap khlorinasi, ekstraksi, dan penambahan khlorin dioksida. Khlorin adalah bahan beracun, sehingga khlorin sisa proses yang dibuang ke perairan sungai akan membuat polusi yang tinggi. Ternyata polusi terbesar di negara kita adalah polusi dari pabrik kertas. Penggantian penggunaan khlorin untuk pemutihan kertas telah memberikan peluang untuk aplikasi bioteknologi. Xilanase merupakan enzim yang pertama kali dilaporkan untuk pemutihan kertas dan sekering telah digunakan pada beberapa pabrik kertas (Bourbonnais *et al.*, 1997; Viikari *et al.*, 1991; 1994; Coughlan dan Hazlewood, 1993). Jumlah pabrik kertas yang sudah beroperasi di Indonesia saat ini lebih dari 14 perusahaan dan belum satu pun menggunakan proses enzimatik dalam proses pemutihan. Dengan demikian, untuk mendukung pelestarian lingkungan maka perlu segera diaplikasikan proses ramah lingkungan (*clean processing*) di Indonesia. Untuk proses pembuatan kertas diharapkan xilanase yang digunakan adalah yang termotabil dan tahan pada pH alkali (Nakamura *et al.*, 1993) dan jenis enzimnya adalah endoxilanase (Kantelinen *et al.*, 1988; Paice *et al.*, 1988; Viikari *et al.*, 1994). Namun demikian, kombinasi xilanolitik lain dan hemiselulolitik dengan endoxilanase telah menunjukkan efektif pada perbaikan mutu kertas (Kan-

telinen *et al.*, 1988; Clark *et al.*, 1990). Penggunaan xilanase dan enzim sejenisnya pada proses pemutihan kertas membantu pengurangan jumlah *kappa* dan meningkatkan derajat putih kertas (Viikari *et al.*, 1994; Yang *et al.*, 1992; Daneault *et al.*, 1994). Sejumlah kajian pengaruh xilanase pada pemutihan kertas yang dilakukan dengan enzim berasal dari *Trichoderma* sp. dan ternyata pengurangan penggunaan khlorin mencapai 20-30% (Viikari *et al.*, 1991; 1994).

Pemanfaatan Xilanase untuk Gula Xilosa

Xilanase juga dapat digunakan untuk menghidrolisis xilan (hemiselulosa) menjadi gula xilosa. Xilan banyak diperoleh dari limbah pertanian dan industri makanan. Pengembangan proses hidrolisis secara enzimatik merupakan prospek baru untuk penanganan limbah hemiselulosa (Biely, 1985; Rani dan Nand, 1996; Beg *et al.*, 2001). Gula xilosa banyak digunakan untuk konsumsi penderita diabetes. Di Malaysia gula xilosa banyak digunakan untuk campuran pasta gigi karena dapat berfungsi memperkuat gusi. Dengan beragamnya kegunaan gula xilosa maka perlu adanya inovasi ke arah produksi xilosa tersebut. Inovasi tersebut muncul di antaranya apabila enzim penghidrolisis lignoselulosa tersebut sudah tersedia. Adakalanya untuk memproses gula xilosa belum diminati karena kurang ekonomis mengingat kandungan xilan sangat rendah dibandingkan dengan selulosa. Namun demikian, perlu dipertimbangkan untuk melakukan proses multienzim sehingga hasilnya tidak hanya xilosa saja (dari xilan) tetapi juga glukosa (dari selulosa dan oligo sakarida lainnya). Sedangkan adanya teknologi baru seperti teknologi membran, di mana dapat

memisahkan komponen sesuai ukuran molekul maupun berat molekul maka dapat dilakukan fraksinasi glukosa dan xilosa dengan mudah.

Pemanfaatan Xilanase untuk Makanan Ternak

Van Paridon *et al.* (1992) telah melakukan penelitian pemanfaatan xilanase untuk campuran makanan ayam boiler, dengan melihat pengaruhnya terhadap berat yang dicapai dan efisiensi konversi makanan serta hubungannya dengan viskositas pencernaan. Hal yang sama juga dilakukan oleh Bedford dan Classen (1992), yang melaporkan bahwa campuran makanan ayam boiler dengan xilanase yang berasal dari *T. longibrachiatum* ternyata mampu mengurangi viskositas pencernaan, sehingga meningkatkan pencapaian berat dan efisiensi konversi makanan.

Pemanfaatan Xilanase untuk Makanan dan Minuman

Xilanase dapat juga digunakan untuk menjernihkan *juice*, ekstraksi kopi, minyak nabati, dan pati (Wong dan Saddler, 1993). Kombinasi dengan selulase dan pektinase dapat untuk penjernihan *juice* dan likuifikasi buah dan sayuran (Beg *et al.*, 2001).

Pemanfaatan Xilanase untuk Meningkatkan Kualitas Roti

Efisiensi xilanase dalam perbaikan kualitas roti yang telah dilakukan, yaitu xilanase yang berasal dari *Aspergillus niger var awamori* yang ditambahkan ke dalam adonan roti menghasilkan kenaikan volume spesifik roti dan untuk lebih meningkatkan kualitas roti maka perlu dilakukan kombinasi penambahan amilase dan xilanase (Maat *et al.*, 1992).

Sekalipun potensi penggunaan enzim xilanase cukup beragam te-

tapi untuk memproduksi juga masih menghadapi beberapa kendala, antara lain tidak tersedianya strain mikroorganisme unggul dan kurangnya pengetahuan tentang teknologi produksi enzim. Di lain pihak, pakar dari negara maju mengakui bahwa negara yang kaya akan keanekaragaman hayati, termasuk Indonesia, merupakan sumber mikroorganisme maupun tanaman yang potensial untuk bioproses (Fox, 1994).

Melihat potensi bahan limbah berlignoselulosa yang melimpah, serta kekayaan sumber keanekaragaman hayati mikroorganisme di Indonesia, maka perlu dilakukan inovasi ke arah industri enzim. Xilanase yang sangat beragam penggunaannya dapat diproduksi sendiri di Indonesia seandainya memiliki strain mikroorganisme unggul penghasil xilanase dan menguasai teknologi produksinya.

STRATEGI SISTEM MANAJEMEN AGROINDUSTRI BERBASIS XILANASE

Produk enzim terutama xilanase masih relatif baru di Indonesia. Xilanase belum banyak dikenal di kalangan pengusaha maupun pengguna walaupun pemanfaatannya sangat luas dan mempunyai dampak positif terhadap lingkungan (*clean processing*). Berdasarkan hal tersebut, maka perlu mengadopsi kebutuhan dan teknologinya serta

mensosialisasikan pemanfaatannya.

Rekayasa prosedur produk baru melalui beberapa tahap kegiatan dapat dilihat pada Gambar 2 (Gumbira-Said, 2001).

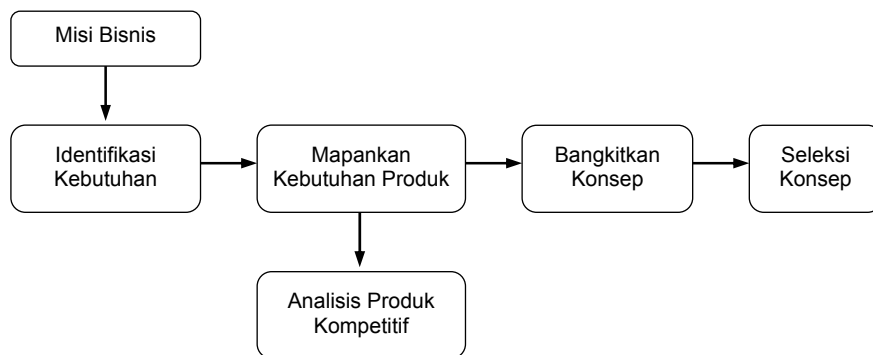
a. Misi bisnis

Pengembangan produk enzim secara umum atau xilanase khususnya merupakan produk baru di Indonesia. Misi bisnis sudah cukup jelas, yaitu

1. Untuk mendorong dan memberikan motivasi bagi pengusaha untuk pengembangan industri enzim yang selama ini masih impor.
2. Proses enzimatik ialah proses bersih lingkungan, terutama untuk xilanase yang dimanfaatkan untuk pemutih kertas. Hal ini sudah sangat perlu dikembangkan di Indonesia yang saat ini sudah sarat dengan pencemaran lingkungan.
3. Dengan menggunakan bahan baku terbarukan (*renewable raw material*) yang ekonomis dari limbah pertanian untuk proses produksi enzim ini maka akan meningkatkan nilai tambah bagi petani.

b. Identifikasi kebutuhan

Identifikasi kebutuhan masih perlu dicari. Misalkan kebutuhan yang sangat penting untuk disosialisasi saat ini, yaitu untuk pemutih kertas, kemudian campur-



Gambar 2. Rekayasa prosedur produk baru

an pakan ternak, penjernih sirup, dan pembuatan gula xilosa. Kalau industri kertas mampu mensubstitusi 30% kebutuhan khlorin dengan enzim xilanase, maka dapat diperkirakan kebutuhan produk per bulan atau per tahun. Upaya pengembangan industri enzim ini perlu mempromosikan kelebihan enzim dalam bioproses industri, pakan, makanan, dan minuman, kemudian mensosialikannya.

c. Mapankan kebutuhan produk

Setelah sosialisasi penggunaan enzim, maka akan terlihat kebutuhan pasar dan karakterisasi enzim yang diinginkan.

d. Analisis produk kompetitif

Produk kompetitif dalam hal ini ialah xilanase impor. Seandainya enzim tersebut diproduksi di dalam negeri maka diharapkan harganya lebih murah sehingga dapat bersaing. Indonesia merupakan negara yang kaya akan penganekaragaman hayati. Potensi tersebut dapat digali untuk mencari isolat unggul ataupun bahan terbarukan yang ekonomis sehingga biaya produksi dapat ditekan dengan hasil yang maksimal dan harga dapat bersaing.

e. Bangkitkan konsep

Kebutuhan produk yang sudah mapan maka konsep dapat dibangkitkan melalui manajemen proyek berbasis inovasi. Perlu adanya kerja sama antara peneliti sebagai penemu teknologi, pengusaha sebagai pengguna, dan petani sebagai pemasok bahan baku. Konsep ini dapat dibangkitkan pada pengusaha pengguna itu sendiri, misalkan pabrik kertas akan memproduksi enzim dengan kapasitas disesuaikan dengan kebutuhan pabrik tersebut atau enzim diproduksi oleh produsen khusus enzim yang kemudian dipasar-

kan di pabrik kertas, pakan ternak, industri makanan, dan minuman.

f. Seleksi konsep

Suatu perusahaan atau agro-industri harus mempunyai konsep berwawasan pemasaran. Hal tersebut dikemukakan pula oleh Deming (1986), Juran (1995) maupun Crosby (1989), yaitu mulai dari pasar yang didefinisikan dengan baik, memusatkan perhatian pada kebutuhan pelanggan, mengkoordinasikan semua kegiatan yang bersangkutan dengan pelanggan dan menghasilkan keuntungan melalui kepuasan pelanggan. Seleksi konsep harus didasarkan pada penentuan kebutuhan dan keinginan pasar, sasaran serta memberikan kepuasan yang diinginkan secara lebih efektif dan efisien untuk dapat bersaing.

KESIMPULAN

Produksi enzim xilanase dari mikroorganisme biasanya dari isolat bakteri dan jamur. Xilanase dapat digunakan proses pemutihan kertas, pembuatan gula xilosa, campuran pakan ternak, memperbaiki mutu produk *juice*, ekstrak kopi, minyak nabati, pati, dan roti.

Agar dapat bersaing di pasaran, biaya produksi xilanase harus ditekan dengan cara pemilihan bahan baku yang murah dan proses hilir yang efisien. Kelebihan xilanase adalah mendukung proses bersih lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Bedford, M.R. and H.L. Classen. 1992. The influence of dietary xylanase on intestinal viscosity and molecular weight distribution of carbohydrates in reared broiler chick. *In Visser et al. (Eds.). Xylans and Xylanases.* Elsevier, Amsterdam. p. 361-370

Beg, Q.K., M. Kapoor, L. Mahajan, and G.S. Hoondal. 2001. Microbial xylanases and their industrial applications; a review. *J. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 56:326-338.

Biely, P. 1985. Microbial xylanolytic systems. *Trends Biotechnol.* 3:286-290.

Bourbonnais, R., M.G. Paice, B. Freiermuth, E. Bodie, and S. Borneman. 1997. Reactives of various mediators and laccases with kraft pulp and lignin model compounds. *Appl. Environ. Microbiol.* 63:4632.

Cho-Goo, S., J.H. Suh, and Y.I. Choi. 1996. Overproduction, purification, and characterization of *Bacillus stearothermophilus* Endo-xylanase A (*xynA*). *J. Microbiology and Biotechnology* 6:79-85.

Clark, T.A., A.G. McDonald, D.J. Senior, and P.R. Mayer. 1990. Mannanase and xylanase treatment of softwood chemical pulp: Effects on pulp properties and bleachability. *In Kirk, I.K.T. and H.M. Chang (Eds.). Biotechnology in the Pulp and Paper Manufacture.* Butterworth-Heinemann, Boston. p. 153-167.

Coughlan, M.P. and G.P. Hazlewood. 1993. β -1,4-D-Xylan-degrading enzyme systems: Biochemistry, molecular biology, and applications. *Biotechnol. Appl. Biochem.* 17:259-289.

Crosby, P.B. 1989. Quality Improvement Process Management College. The Creative Factory, Inc, Florida.

Daneault, C., C. Leduc, and J.L. Valade. 1994. The use of xylanase in kraft pulp bleaching. *In Sunna and Antranikian (Eds.). Xylanolytic Enzymes from Fungi and Bacteria.* *Crit. Rev. in Biotechnol.* 17(1):39-67.

Dekker, R.F.H. 1983. Bioconversion of hemicellulose: Aspect of hemicellulose production by *Trichoderma reesei* QM 9414 and enzymic saccharification of hemicellulose. *Biotechnol. Bioeng.* 25:1127-1146.

Deming, W.E. 1986. Out of crisis. MIT, Center for Advanced Engineering Study, Cambridge.

Dung, N.V., S. Vetayasuporn, Y. Kamio, N. Abe, J. Kaneko, and K. Izaki. 1993. Purification and proper-

- ties of β -1,4 xylanase 2 and 3 from *Aeromonas caviae* W-61. *Biosci. Biotech. Biochem.* 57(10):1708-1712.
- Fox, J.L. 1994.** Biodiversity promises great prospecting. *Bio. Technology* 13:544-545.
- Gumbira-Said, E. 2001.** Sistem agro-industri: Inovasi dan pengembangan produk agroindustri. Jurusan Teknologi Industri Pertanian dan Magister Manajemen Agribisnis, Institut Pertanian Bogor.
- Irawadi, T.T., H.S. Rukmini, dan I. Mapiliandari. 1992.** Teknik pemurnian selulase. Pusat Antar Universitas Bioteknologi, Institut Pertanian Bogor.
- Juran, J.M. 1995.** Kepemimpinan Mutu. Pedoman peningkatan mutu untuk meraih keunggulan kompetitif. Terjemahan PT. Pustaka Binaman Pressindo, Jakarta.
- Kantelinen, A., M. Ratto, J. Sundquist, M. Ranua, L. Viikari, and M. Linko. 1988.** Hemicellulases and their potential role in bleaching. *In Sunna and Antranikian (Eds).* Xylanolytic Enzymes from Fungi and Bacteria. *Crit. Rev. in Biotechnol.* 17(1):39-67.
- Kubata, K.B., H. Horitsu, K. Kawai, K. Takamizawa, and T. Suzuki. 1992.** Xylanase I of *Aeromonas caviae* ME-1 Isolated from the intestine of a herbivorous Insect (*Samia cyrithia pryeri*) *Biosci. Biotech. Biochem* 56(9):1463-1464.
- Lee, S.F, C.W. Forsberg, and L.N. Gibbins. 1985.** Xylanolytic activity of *Clostridium acetobutylicum*. *Appl. and Environ. Microbiol.* 50(4):1068-1076.
- Lin, J., L.M. Nellovu, S. Singh, and B. Pillay. 1999.** Purification and biochemical characteristics of β -D-xylanase from a thermophilic fungus, *Thermomyces lanuginosus*-SSBP. *Biotechnol. Appl. Biochem.* 30:73-79.
- Maat, J., M. Roza, J. Verbakel, H. Stam, M.J. Santos da Silva, M. Bosse, M.R. Egmond, M.L.D. Hagemans, R.F.M. van Gorcom, J.G.M. Hessing, C.A.M.J.J. van Der Hondel, and C. van Rotterdam. 1992.** Xylanases and their application in bakery. *In Visser et al. (Eds.). Xylans and Xylanases.* Elsevier, Amsterdam. p. 349-360.
- Nakamura, S., K. Wakabayashi, R. Nakai, R. Aono, and K. Horikoshi. 1993.** Purification and same properties of an alkaline xylanase from alkaliophilic *Bacillus* sp. Strain 41M1. *Appl. and Environ. Microbiol.* 59(7):2311-2316.
- Nakamura, S., R. Nakai, K. Wakabayashi, Y. Ishigoro, R. Aono, and K. Horikoshi. 1994.** Thermophilic alkaline xylanase from newly isolated alkalophilic and thermophilic *Bacillus* sp. strain TAR-1. *Biosci. Biotech. Biochem.* 58(1):78-81.
- Paice, M., M. Bernier, and L. Jurasek. 1988.** Viscosity enhancing bleaching of haedwood kraft pulp with xylanase from a cloned gene. *Biotechnol. Bioeng.* 32:235-239.
- Park Y.S., D.Y. Yum, D.H. Bai, and J.H. Yu. 1992.** Xylanase from alkalophilic *Bacillus* sp. YC-335. *Biosci. Biotech. Biochem.* 56(8):1355-1356.
- Paturau, J.M. 1969.** By-products of the cane sugar industry. *An Introduction to their Industrial Utilization.* Elsevier Publishing Company, New York.
- Rachman, A. 1989.** Pengantar Teknologi Fermentasi. Pusat Antar Universitas-IPB. Bogor.
- Rani S. and Nand K. 1996.** Development of cellulase-free xylanase producing anaerobic consortia for the use of lignocellulosic wastes. *Enzyme Microb Technol.* 18:23-28.
- Reilly, P.J. 1991.** Xylanase: Structure and Function. *In Hollander, A. (Ed.). Proceeding of A Symposium on Trend in Biotechnology of Fermentation for Fuels and Chemicals.* Plenum Press. New York.
- Richana, N., P. Lestari, A. Thontowi, dan Rosmimik. 2000.** Seleksi isolat bakteri lokal penghasil xilanase. *J. Mikrobiologi Indonesia* 5(2):54-56.
- Ruiz-Arribas, A., J.M. Fernandez-Abalos, P. Sanches, A.L. Gardu, and R.I. Santamaria. 1995.** Over production, purification, and biochemical characterization of xylanase I (xys 1) from *Streptomyces halstedii* JM8. *Appl. and Environ. Microbiol.* 61(6):2414-2419.
- Stanbury, P.F. and A. Whitaker. 1984.** Principles of fermentation technology. Pergamon Press, London. p. 26-71.
- Sunna, A. and G. Antranikian. 1997.** Xylanolytic enzyme from fungi and bacteria. *Crit. Rev. in Biotechnol.* 17(1):39-67.
- Tsujibo, H., K. Miyamoto, T. Kuda, K. Minami, T. Sakamoto, T. Hasegawa, and Y. Ianamori. 1992.** Purification, properties, and partial amino acid sequences of thermostable xylanase from *Streptomyces thermoviolaceus* OPC-520. *Appl. Environ. Microbiol.* 58:371-375.
- Van Paridon, P.A., J.C.P. Boonman, G.C.M. Selen, C. Geerse, D. Barug, P.H.M. de Bot, and G. Hemke. 1992.** The application of fungal endoxylanase in poultry diets. *In Visser et al. (Eds.). Xylans and Xylanases.* Elsevier, Amsterdam. p. 371-378.
- Viikari, L., J. Sundquist, and A. Kantelinen. 1991.** Xylanase enzymes promote pulp bleaching. *Paper Timber* 73:384-389.
- Viikari, L., A. Kantelinen, J. Sundquist, and M. Linko. 1994.** Xylanases in bleaching from an idea to industry. *FEMS Microbiol. Rev.* 13:335-350.
- Wang, D.I.C., C.L. Cooney, A.L. Demain, P. Dunhill, A.E. Humphrey, and M.D. Lily. 1997.** Fermentation and enzyme technology. John Wiley and Sons, New York. p. 72-81.
- Winterhalter, C. and W. Liebl. 1995.** Two extremely thermostable xylanase of the hyperthermophilic bacterium *Thermotoga maritima* MSBB. *Appl. and Environ. Microbiol.* 61(5):1810-1815.
- Wong, K.K.Y. and J.N. Saddler. 1993.** Applications of hemicellulases in the food and pulp and paper industries. *In Coughlan and Hazlewood (Eds.). Hemicelluloses and Hemicellulases.* Portland Press, London. p. 127-143.

- Yang, J.L., G. Lu, and K.E.L. Erickson. 1992.** The impact of xylanase on bleaching of kraft pulps. *Tappi J.* 75:95-101.
- Yang, R.C.A., C.R. McKenzi, D. Bilous, V.L. Seligy, and S.A. Narang. 1988.** Molecular cloning and expression of xylanase gene from *Bacillus polymyxa* in *Escherichia coli*. *Environ. Microbiol.* 54:1023-1029.
- Yoshida, S., S. Kaneko, N. Matsuo, and S. Kusakabe. 1995.** Direct detection for β -xylanase on isoelectric focusing gels by using 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride. *Biosci. Biotech. Biochem.* 59(3):521-522.
- Yoshida, S., T. Satoh, S. Shimokawa, T. Oku, Ito, and S. Kusakabe. 1994.** Substrat specifity of streptomycis β -xylanase toward glncoxytan. *Biosci. Biotech. Biochem.* 58(6): 1041-1044.
- Yu, J., Y. Park, D. Yum, J. Kim, I. Kong, and D. Bai. 1991.** Nucleotide sequence and analysis of a xylanase ge (xynS) from alkali-tolerant *Bacillus* sp. YA-14 and comparison with other xylanase. *Apll. Environ. Microbiol.* 3:139-145.
-