

POTENSI DAN PROSPEK BIOTEKNOLOGI DALAM RANGKA PENYEDIAAN PANGAN MENYEHATKAN

PENDAHULUAN

Kesehatan yang baik merupakan dambaan dari setiap umat manusia. Oleh karena itu, usaha-usaha untuk meningkatkan kesehatan terus menerus diupayakan orang dengan berbagai cara. Kecenderungan akan gaya hidup sehat akhir-akhir ini ditanggapi oleh pasar dengan bermunculannya iklan-iklan yang menawarkan berbagai produk kesehatan atau kebugaran. Kemajuan teknologi sistem informasi dalam era globalisasi juga banyak membantu masyarakat dalam menyadari perlunya mengkonsumsi pangan yang menyehatkan. Pangan yang menyehatkan tidak boleh mengandung bahan-bahan atau cemaran yang dapat membahayakan kesehatan termasuk bahan tambahan pangan (BTP) yang terlarang dan mikroba penyebab penyakit atau toksinnya, tetapi sebaliknya mengandung senyawa-senyawa yang mendukung kesehatan.

Di dalam proses pengolahan makanan sering digunakan BTP yang berfungsi untuk memperoleh mutu sensori seperti citarasa, warna dan tekstur yang diinginkan dengan masa simpan yang cukup (awet). BTP yang tersedia secara komersial saat ini seperti pemberi citarasa (flavor), pemanis dan pengawet, umumnya merupakan senyawa sintetik kimia yang bila digunakan berlebihan dapat membahayakan kesehatan. Masalah penyalahgunaan BTP yang terjadi di Indonesia terutama oleh industri kecil dan pengusaha makanan jajanan adalah digunakannya BTP terlarang atau melebihi batas yang diizinkan.

Hasil pemeriksaan yang dilakukan oleh Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan (DitJen POM), Departemen Kesehatan pada tahun 1995/1996, dari 21.835 contoh yang diperiksa, sebanyak 1.911 (8,75%) contoh tidak memenuhi syarat karena penggunaan bahan pewarna terlarang (2,24%), bahan pemanis buatan (5,02%) dan bahan pengawet yang terlarang atau melebihi batas (1,50%). Gambaran yang lebih memprihatinkan lagi terlihat dari hasil pemeriksaan pada tahun 1994/1995 pada minuman jajanan anak sekolah di 27 propinsi di Indonesia. Dari sejumlah 1.183 contoh minuman yang diuji, hanya sekitar 18 % contoh yang memenuhi persyaratan penggunaan BTP, sedangkan 82 % tidak memenuhi syarat. Hasil yang sama juga dilaporkan pada tahun 1995/1996 yaitu 61 % menggunakan bahan pemanis buatan, 19 % menggunakan bahan pewarna terlarang dan 1,52% menggunakan bahan pengawet dalam jumlah yang tidak memenuhi syarat (Fardiaz, 1996). Kenyataan ini sangat memprihatinkan karena menyangkut kesehatan generasi muda kita.

Sebenarnya penggunaan BTP dalam makanan telah diatur oleh Departemen Kesehatan dengan acuan Undang-Undang No 23 tahun 1992 tentang kesehatan yang menekankan aspek keamanannya. Dengan telah disahkannya Undang-Undang No. 7 tahun 1996 tentang Pangan (Forum Komunikasi Pangan, 1997), baru-baru ini, dimana di dalamnya tercantum pula larangan penggunaan BTP yang berbahaya bagi kesehatan, maka diharapkan sistem penyuluhan, pengawasan dan pemantauan penggunaan BTP di industri pangan di masa mendatang akan dapat terlaksana dengan baik.

Masalah keamanan pangan lain yang perlu mendapat perhatian adalah yang berkaitan dengan penyakit-penyakit infeksi oleh mikroorganisme yang mencemari makanan seperti tifus dan paratifus yang disebabkan oleh *Salmonella typhimurium* atau *S. paratyphi*. Walaupun data yang pasti mengenai penyebab keracunan

makanan di Indonesia belum ada, tetapi diduga bakteri lain yang dapat menimbulkan keracunan makanan seperti *Escherichia coli* O157:H7, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* dan *Campylobacter* mungkin juga ditemukan. Makanan yang disimpan dinginpun ternyata tidak selalu aman dengan ditemukannya *Listeria monocytogenes* yang dapat tumbuh baik pada suhu dingin dan dapat menimbulkan keracunan makanan (ICMSF, 1996).

Sejak tahun 1980-an pola belanja di Indonesia dan di dunia secara umum sudah mulai berubah dengan bermunculannya pasar-pasar swalayan di berbagai kota besar. Atas usaha keras para pakar teknologi pangan dan mikrobiologi pangan, maka telah diciptakan suatu sistem yang dapat memperpanjang masa simpan produk yang mudah busuk seperti daging, susu dan telur sehingga keperluan transportasi dan kebutuhan pasar swalayan untuk menjajakan produknya setiap saat, dapat terwujud.

Dengan makin meningkatnya kesadaran masyarakat akan kesehatan, maka tuntutan konsumen saat ini mengarah pada produk pangan yang lebih sedikit menggunakan pengawet kimia, garam, gula, dan lemak; menerima proses pengolahan dan pemanasan lebih ringan, kerusakan pembekuan yang lebih sedikit, bebas dari bahan tambahan “buatan” (sintetik), segar dan lebih alami, tetapi dengan tingkat keamanan dan masa simpan yang tetap terjamin (Board dan Gould, 1991; Gould, 1992).

Untuk dapat merambah pasar global, maka mau tidak mau industri pangan kita pun harus mempersiapkan diri dalam memenuhi kecenderungan di atas. Dalam rangka memenuhi tuntutan akan penyediaan pangan yang menyelamatkan ini maka selanjutnya akan diuraikan bagaimana peranan bioteknologi pangan dalam menjawab tantangan ini.

RUANG LINGKUP BIOTEKNOLOGI PANGAN

Bioteknologi didefinisikan sebagai penggunaan secara terpadu biokimia, mikrobiologi serta rekayasa biokimia, genetika dan proses untuk menghasilkan produk-produk dari mikroorganisme dan kultur sel (Mittal, 1992). Teknologi ini menggunakan molekul-molekul yang dihasilkan secara hayati, sel-sel atau organisme untuk menyempurnakan prosesnya. Bioteknologi menggunakan bakteri, kapang, fungi, ganggang, sel tanaman, atau sel-sel mamalia sebagai bahan pengisi proses industri.

Peranan bioteknologi dalam pengolahan pangan sangat luas. Menurut *Canadian Committee on Food Biotechnology* (Anonim, 1988), bioteknologi pangan melibatkan manipulasi proses dari enzim dalam bentuk bebas dan amobil, dan di dalam sel untuk :

- (1) memproduksi senyawa-senyawa yang mempertegas mutu makanan,
- (2) memperpanjang masa simpan buah dan sayuran segar,
- (3) menganalisis komponen dan racun yang terdapat dalam makanan.

Bioteknologi pangan termasuk:

- proses fermentasi mikroba untuk memberi citarasa makanan fermentasi, pengawetan makanan dan produksi biomassa;
- proses kultur sel tanaman melalui reaksi enzim intraseluler;
- pengaturan proses metabolik pascapanen untuk memperpanjang masa simpan buah-buahan dan sayuran segar ;
- proses enzim murni untuk memperbaiki mutu makanan; dan
- bioproses seperti proses membran.

Di dalam proses fermentasi pangan, bioteknologi sebenarnya merupakan salah satu industri tertua. Kegiatan-kegiatan seperti pembuatan roti, bir, dan anggur telah lama dikenal sejak beberapa

abad yang lalu. Orang Samaria dan Babilonia purba telah minum bir sejak tahun 6000 sebelum Masehi, orang Mesir sudah memanggang roti yang diberi ragi sejak tahun 4000 sebelum Masehi, sedangkan anggur sudah dikenal di daerah Timur sejak masa di dalam Kitab Perjanjian Lama (Smith, 1985). Produksi susu fermentasi seperti keju dan yogurt dan berbagai makanan Asia seperti kecap, tauco, dan lain-lain juga dapat mengklaim hal yang serupa.

Walaupun bioteknologi telah berada disekitar kita selama beberapa abad, kode rahasia dari DNA belum terpecahkan sampai tahun 1953 (Joglekar et al., 1983). Diperlukan waktu 20 tahun sampai dua pakar dari Universitas Stanford berhasil menggabungkan kembali potongan-potongan DNA untuk menghasilkan suatu hibrida dan melahirkan industri bioteknologi yang kita kenal saat ini.

Bioteknologi dicirikan oleh lima bidang teknologi utama (Slotin, 1984) yaitu :

- (1) DNA rekombinan (rDNA) : yaitu pemasukan DNA asing ke dalam sistem baru, dimana DNA ini diklon dan diekspresikan
- (2) Enzim dan teknologi enzim, yang meliputi kemampuan katalitik dari enzim yang digunakan baik dalam larutan atau dalam bentuk amobil;
- (3) Kultur sel tanaman : yang mencakup pembiakan sel-sel tanaman secara in vitro untuk senyawa-senyawa yang diperlukan dan biotransformasi;
- (4) Teknik sel gabungan : meliputi penggabungan dua sel yang berbeda menghasilkan hibrida yang memperlihatkan sifat-sifat dari masing-masing induknya;
- (5) Rekayasa proses dan teknologi fermentasi.

Peranan bioteknologi dalam pengolahan pangan secara luas dapat diterapkan melalui dua cara berikut ini :

- (1) Untuk merancang mikroorganisme yang mengubah biomassa yang tidak dapat dimakan menjadi pangan untuk konsumsi manusia atau pakan untuk hewan;
- (2) Menggunakan sistem hayati untuk membantu pengolahan pangan, baik secara langsung maupun tidak langsung pada bahan pangannya sendiri atau dengan menyediakan bahan-bahan ramuan atau ingridien pangan yang dapat ditambahkan ke dalam makanan. Berbagai teknik bioteknologi yang tersedia saat ini, dapat membentuk bahan mentah sedemikian rupa berdasarkan pesanan atau rancangan tertentu (*"tailor-made"*) dan dengan demikian menyediakan suatu alat yang sangat tangguh bagi para pakar bioteknologi pangan.

POTENSI BIOTEKNOLOGI DALAM PRODUKSI BAHAN TAMBAHAN PANGAN MENYEHATKAN

Bahan tambahan pangan memegang peranan yang sangat penting di dalam proses pengolahan pangan. Berbagai fungsi yang dibutuhkan untuk menciptakan makanan yang bermutu memerlukan bantuan BTP ini. Saat ini, beredar berbagai jenis BTP di pasaran tanpa ada penjelasan mana BTP yang aman/diizinkan dan mana yang tidak aman/terlarang. Hal inilah juga yang merupakan salah satu penyebab terjadinya penyalahgunaan BTP, disamping mahalnnya harga BTP yang menyebabkan para pedagang/produsen makanan memilih BTP yang lebih murah harganya (Fardiaz, 1997). Jenis-jenis BTP terlarang atau yang digunakan melebihi batas pada berbagai makanan jajanan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis makanan jajanan yang mengandung bahan tambahan terlarang atau melebihi batas*

Jenis Bahan Tambahan Terlarang/Dibatasi	Jenis Makanan/Minuman
<p>Pewarna : <i>Amaranth</i> <i>Auramin</i> <i>Rhodamin B</i> <i>Methanyl Yellow</i> Pewarna lain yang dilarang Pewarna lain yang dibatasi**</p>	<p>Sirup, minuman ringan/limun, saus, es campur Sirup, minuman ringan/limun, saus Sirup, minuman ringan/limun, saus, es mambo, bakpau, es campur, es cendol, es kelapa Sirup, minuman ringan/limun, pisang goreng/molen, manisan mangga/kedondong Sirup, minuman ringan/limun, sirup Sirup, minuman ringan/limun, es campur</p>
<p>Pengawet: Boraks Formalin Benzoat Sorbat</p>	<p>Mie, bakso, kerupuk, tahu, empek-empek, batagor, pangsit, lontong Mie, bakso, kerupuk, tahu Sirup, limun, saus, manisan Sirup, saus, makanan lain</p>
<p>Pemanis: Sakarin Siklamat</p>	<p>Sirup, limun, kue basah, manisan, es mambo Sirup, limun, manisan, es campur, es cendol, es kelapa, es mambo</p>

* Fardiaz (1997)

** *Biru Berlin, Carmoisin, Poncean 4R, Sunset Yellow, Tartrazin.*

BTP terlarang yang ditemukan adalah pewarna yang berbahaya terhadap kesehatan seperti *Amaranth*, *Auramin*, *Methanyl Yellow*, dan *Rhodamin B*, sedangkan pengawet berbahaya seperti boraks dan formalin, dan pengawet diizinkan dengan jumlah terbatas adalah benzoat dan sorbat serta pemanis buatan seperti sakarin dan siklambat. Jenis-jenis makanan jajanan yang ditemukan mengandung bahan-bahan berbahaya ini antara lain sirup, saus, bakpau, kue basah, pisang goreng, tahu, kerupuk, es cendol, bakso, empek-empek, mie dan manisan.

Hasil penelitian Budiarmo et al. (1983) pada mencit dan tikus menunjukkan bahwa *Methanyl Yellow* dan *Rhodamin B* dapat menghambat pertumbuhan, menyebabkan diare, bahkan kematian, sekalipun dosis yang diberikan cukup rendah. Disamping itu *Rhodamin B* juga menyebabkan kanker hati pada mencit (17 %), kanker limfa pada tikus (8 %) dan dilatasi kantung air seni pada tikus (11 %).

Hal seperti di atas menimbulkan keengganan konsumen akan penggunaan bahan kimia dalam makanan dan menuntut penggunaan bahan pangan alami. Oleh karena itu, saat ini perhatian dipusatkan pada kemungkinan penggunaan senyawa-senyawa alami baik yang berasal dari tanaman, hewan maupun mikroorganisme. Penggunaan bahan-bahan alami ini sebagai pengganti BTP sintetik umumnya lebih disukai, karena diyakini lebih aman dan menyehatkan. Disinilah bioteknologi dapat berperan melalui pemanfaatan mikroorganisme yang mempunyai kemampuan memproduksi BTP seperti tersaji pada Tabel 2. Berbagai jenis BTP ini selain berupa bahan pemberi cita rasa dan zat warna (pigmen), juga dapat berupa bahan penstabil makanan, emulsifier, vitamin, asam amino, protein sel tunggal, bahan pengikat air, dan lain-lain. Berikut ini akan diuraikan beberapa BTP yang mempunyai potensi dalam produksi pangan menyehatkan.

Tabel 2. Produksi bahan tambahan pangan oleh mikroba*

Bahan Tambahan Pangan	Fungsi	Mikroorganisme
Asam asetat N-asetil tripeptida	Asidulan Penegas kekebalan	<i>Acetobacter pasteurianus</i> <i>Bacillus cereus</i>
D-arabitol	Gula	<i>Candida diddensii</i>
Beta-karoten	Pigmen	<i>Blakeslea trispora</i>
Krisogenin	Pigmen	<i>Penicillium chrysogenum</i>
Asam sitrat	Asidulan	<i>Aspergillus niger</i>
Sitronelol	Citarasa buah	<i>Ceratocystis spp.</i>
Kurdlan	Pengental	<i>Alcaligenes faecalis</i>
Diasetil	Citarasa mentega	<i>Leuconostoc cremoris,</i>
Dekstran	Pengental	<i>Streptococcus lactis</i>
Emulsifaier	Emulsifikasi	<i>Leuconostoc mesenteroides</i>
Ester asam lemak	Fragrans buah	<i>Candida lipolytica</i>
Gama-dekalakton	Fragrans peach	<i>Pseudomonas spp.</i>
Geraniol	Fragrans mirip bunga mawar	<i>Sporobolimyces odorus</i> <i>Kluyveromyces lactis</i>
Gliserol	Humektan	<i>Bacillus licheniformis</i>
Asam glutamat	Penegas rasa	<i>Corynebacterium glutamicum</i>
Asam laktat	Asidulan	<i>Streptococci dan lactobacilli</i>
Leusin	Asam amino	<i>Brevibacterium lactofermentum</i>
Lisin, metionin	Asam amino	<i>Corynebacterium glutamicum</i>
Manitol	Gula	<i>Torulopsis mannitofaciens</i>
Metanol	Citarasa (flavor)	<i>Pseudomonas putida</i>
3-Metoksiisopropilpirazin	Bau kentang	<i>Pseudomonas perolens</i>

*) Wasserman et al., 1988; Mittal, 1992

Tabel 2. Produksi bahan tambahan pangan oleh mikroba (lanjutan)*

Bahan Tambahan Pangan	Fungsi	Mikroorganisme
Metilbutanol	Citarasa malt	<i>Streptococcus lactis</i> var. <i>Maltigenes</i>
3-Metilbutil asetat	Fragrans pisang	<i>Ceratocystis moniliformis</i>
Monaskin	Pigmen	<i>Monascus purpureus</i>
Nisin	Antimikroba	<i>Streptococcus lactis</i>
5'-Nukleotida	Penegas rasa	<i>Corynebacterium glutamicum</i>
6-Pentil-2-piron	Fragrans kelapa	<i>Trichoderma viride</i>
L-Fenilalanin	Prekursor aspartam	<i>Bacillus polymyxa</i>
Prolin	Asam amino	<i>Serratia marcescens</i>
Seskuitperpen	Fragrans buah-buahan	<i>Lentinus lepideus</i>
Surfaktan	Pembasah	<i>Bacillus licheniformis</i>
Tetrametil pirazin	Citarasa kacang	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Corynebacterium glutamicum</i>
Polisakarida <i>thermogelable</i>	Pengental	<i>Agrobacterium radiobacter</i> <i>Propionibacterium</i>
Vitamin B12	Vitamin	<i>Xanthomonas campestris</i>
Xanthan gum	Pengental	<i>Torulopsis candida</i>
Xilitol	Pemanis	<i>Ashbya gossipii</i>
Riboflavin	Vitamin	<i>Acetobacter vinelandii</i>
Alginat	Pengental	<i>Kluyveromyces fragilis</i>
Ekstrak kamir	Flavor savory	<i>Mucor inaequisporus</i>
Omega-3	Asam lemak esensial	

*) Wasserman et al., 1988; Mittal, 1992.

Bahan Citarasa Hayati

Mikroorganisme dapat memberikan sifat citarasa kompleks yang sulit ditiru secara ekonomis melalui pencampuran berbagai senyawa kimia. Sistem citarasa seperti ini yang penting adalah berupa asam-asam lemak dan metil keton. Produk yang dihasilkan pertama kali melalui fermentasi pada skala besar adalah yang dikenal sebagai lemak susu terlipolisis (Pangier, 1969), dimana krim yang diberi kultur diarahkan untuk menghasilkan asam-asam lemak tertentu yang akan memberikan karakteristik citarasa yang berbeda pula seperti pada keju Romano, Provolon dan Swiss (Kanisawa et al., 1982).

Perkembangan teknologi ini lebih lanjut menghasilkan keju yang dimodifikasi oleh enzim atau EMC (*enzyme-modified cheeses*) yang saat ini merupakan produk yang sangat penting. Fungsi dasar dari proses ini adalah untuk mempersingkat waktu pemeraman keju tua tanpa kehilangan citarasa yang diinginkan, bahkan intensitasnya ditingkatkan sampai 20 kali lebih besar (Sood dan Kosikowski, 1979). Hal ini sudah tentu secara ekonomis akan sangat menguntungkan sekali.

Kecenderungan gaya hidup yang lebih sehat telah mendorong permintaan akan diet lemak tidak jenuh dan rendah yang meningkatkan penggunaan produk nabati daripada produk hewani. Akan tetapi, di lain pihak, kesukaan akan citarasa daging tetap diinginkan. Hal ini menyebabkan terjadinya peningkatan penggunaan citarasa *savory* yang didukung pula oleh perkembangan industri pangan fabrikasi ("*fabricated foods*") atau pangan praktis ("*convenient foods*"). Citarasa *savory* umumnya terdapat pada makanan- makanan yang tidak manis dan dikaitkan dengan rasa daging (sapi, ayam, udang), rempah (*spicy*) atau keju (Nagodawithana, 1995).

Contoh produk yang banyak menggunakan citarasa *savory* ini misalnya adalah produk-produk mi instan, ekstrusi (snack food), produk panggang (piza) dan berbagai jenis saus. Penggunaan citarasa *savory* ini dapat menggantikan citarasa daging yang diinginkan tanpa perlu menggunakan bahan dagingnya sendiri. Bahan yang digunakan untuk menghasilkan citarasa *savory* ini terbanyak adalah dalam bentuk protein terhidrolisis dari bahan nabati (contohnya kedelai) atau HVP (*hydrolyzed vegetable protein*) dan dari ekstrak kamir.

Senyawa penegas rasa yang populer di Indonesia adalah MSG (mono sodium glutamat) yang diproduksi oleh *Corynebacterium glutamicum*. Saat ini telah diproduksi dua jenis penegas rasa nukleotida yaitu inosin 5'-monofosfat (5'-IMP) dan guanosin 5'-monofosfat (5'-GMP) yang mempunyai kemampuan mempertegas rasa yang lebih besar (20x) bila dicampur dengan MSG. Hal ini merupakan aspek yang paling menarik karena berarti dapat mengurangi penggunaan MSG sekecil mungkin, sehingga mengurangi terjadinya efek negatif dari MSG yang dikenal dengan "sindroma restoran Cina" seperti kulit menjadi merah, gatal, atau rasa terbakar, pusing dan mual (Nagodawithana, 1992). Substrat yang digunakan untuk memproduksi 5'-IMP dan 5'-GMP adalah asam ribonukleat yang diperoleh dari ekstrak kamir makanan yang dipecah secara enzimatik menggunakan nuklease atau dengan fermentasi secara langsung oleh bakteri *Streptomyces aureus* (Bigelis, 1992).

Berbagai komponen tunggal citarasa yang penting dalam industri pangan juga diproduksi oleh mikroorganisme seperti diasetil (rasa mentega), asetaldehida, lakton, ester, pirazin (citarasa "panggang" atau "kacang"), komponen hijau ("aldehida daun" dan "alkohol daun"), dan minyak mostard (mustard oil). Berbagai galur *Candida* telah diteliti dapat menghasilkan α -dekalakton yang

merupakan aroma tipikal dari buah peach dan prosesnya sudah dipatenkan di Eropa (Farboud dan Willis, 1983). Saat ini, senyawa lakton diproduksi dengan cara sintesis kimia (Mittal, 1992).

Senyawa ester yang dikaitkan dengan aroma buah-buahan pada makanan dan minuman diproduksi oleh berbagai jenis fungi. *Ceratocystis moniliformis* telah diketahui mempunyai potensi sebagai sumber konsentrat citarasa berbagai jenis ester (Lanza et al., 1976). Beberapa jenis fungi lain seperti *Saccharomyces*, *Penicillium*, *Candida* dan *Hansenula anomala* juga dapat memproduksi ester etilasetat, isoamilasetat (aroma pisang) dan etil laurat (Jenie et al., 1996a).

Pengawet Hayati Makanan

Sistem antimikroba alami akhir-akhir ini makin meningkat kepentingannya dalam sistem pengawetan pangan. Salah satu alasannya adalah karena konsumen menolak penggunaan pengawet kimia tetapi tetap membutuhkan bahan pangan dengan masa simpan yang dapat diterima (Gould, 1992). Berbagai senyawa antimikroba diproduksi oleh mikroorganisme dan dapat digunakan sebagai pengawet hayati makanan seperti asam laktat, asam asetat, dan asam sitrat, hidrogen peroksida, diasetil, alkohol dan ester, reuterin, bakteriosin, toksin mematikan (*killer toxins*) antikapang yang dihasilkan oleh kamir *Saccharomyces cerevisiae*, dan lain-lain (Dillon dan Cook, 1994).

Asam sitrat yang banyak digunakan dalam industri pangan sebagai pemberi citarasa asam yang unik, juga dapat berfungsi sebagai pengawet. Asam sitrat diproduksi secara komersial melalui proses fermentasi oleh *Aspergillus niger*. Produksi asam sitrat oleh kapang ini dapat ditingkatkan dengan menerapkan salah satu teknik

bioteknologi yaitu teknik imobilisasi sel dengan kalsium alginat dan spons sebagai penyangga (Jenie, 1990).

Senyawa antimikroba yang saat ini mendapat perhatian besar adalah bakteriosin. Bakteriosin mengandung protein BM rendah yang mempunyai spektrum aktivitas antimikroba yang sempit atau lebar (Klaenhammer, 1988). Bakteri penghasil bakteriosin yang paling ekstensif diteliti adalah bakteri asam laktat, terutama *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, yang memproduksi nisin. Nisin relatif stabil terhadap panas, pH rendah, aktif terhadap bakteri Gram-positif, memperoleh status GRAS (Generally Recognized As Safe) atau aman digunakan dan diperkenankan untuk digunakan dalam makanan kurang lebih pada 50 negara (Delves-Broughton dan Gasson, 1994).

Nisin digunakan untuk mengendalikan pertumbuhan dan produksi toksin oleh *Clostridium botulinum* dalam keju olah pasteurisasi (Somers dan Taylor, 1987). Juga digunakan untuk mencegah kerusakan bir (Ogden et al., 1988), anggur (Radler, 1990) dan susu. Nisin juga dapat digunakan untuk mengawetkan asparagus, kacang polong dan tomat dalam kaleng. Pada sosis, penggunaan nisin menguntungkan karena dapat mereduksi jumlah nitrit (sendawa atau saltpeter). Penggunaan nitrit dalam makanan harus dibatasi karena kemungkinan terbentuknya nitrosamin yang bersifat karsinogenik atau dapat menyebabkan kanker (Frazier dan Westhoff, 1988).

Saat ini, penelitian diarahkan untuk memperoleh bakteriosin selain nisin sebagai pengawet hayati makanan yang tangguh dan aman. Banyak galur-galur bakteri asam laktat lain juga memproduksi bakteriosin seperti *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Carnobacterium*, *Streptococcus*, *Enterococcus* (De Vuyst dan Vandamme, 1994), dan *Bifidobacterium* (Meghrouh et al., 1991).

Bahan Pewarna

Saat ini produksi pewarna makanan secara komersial masih dilakukan secara sintetik. Sebenarnya, mikroorganisme baik bakteri, kapang maupun kamir, mampu memproduksi pigmen yang aman untuk digunakan dalam makanan. Contohnya, kapang *Monascus purpureus* memproduksi pigmen merah yang dikenal dengan angkak (Wong dan Koehler, 1983), pigmen karotenoid dari *Micrococcus roseus* (Ungers dan Cooney, 1968), *Phycomyces blakes* (Davies dan Rees, 1973), *Rhodospirillum rubrum* (Davies dan Than, 1974), *Flavobacterium dehydrogenans* (Djafar, 1987) dan *Neurospora crassa* (Nelis dan De Leenheer, 1991).

Di Indonesia, produksi angkak dilakukan dalam skala rumah tangga dengan sistem padat menggunakan beras sebagai substrat. Di negara-negara seperti Cina, Taiwan, Filipina dan Indonesia, angkak ini sudah lama digunakan secara tradisional untuk mewarnai makanan seperti daging, ikan, ayam dan minuman. Usaha pengembangan teknologi produksi dengan memanfaatkan limbah industri pangan sebagai substrat seperti dedak dan onggok (Jenie dan Fachda, 1991, Jenie et al., 1994a), ampas tahu (Jenie et al., 1994b), limbah cair dan padat tapioka (Jenie, 1995) sudah diupayakan dengan hasil yang cukup memuaskan. Penggunaan angkak juga mempunyai keuntungan tambahan yaitu dapat bersifat antimikroba terutama terhadap *Bacillus* sp. (Jenie dan Kuswanto, 1994).

Penelitian karakterisasi sifat fisik dan kimia serta stabilitasnya selama pengolahan (Fardiaz et al., 1996) dan penyimpanan juga sudah dilakukan (Jenie dan Mitrajanti (1997). Aspek yang menarik dari angkak adalah dapat digunakan sebagai pengganti garam nitrit pada sosis (Fabre et al., 1993) dan ham daging sapi (Rizki et al., 1997).

Pigmen karotenoid yang berwarna kuning sampai merah (jingga) dapat diproduksi oleh kamir *Rhodotorula glutinis* dan *Neurospora (Monilia) sitophila* dengan memanfaatkan berbagai limbah industri pangan seperti yang digunakan pada angkak. *Neurospora sitophila* yang dikenal sebagai kapang oncom merah, juga memproduksi karotenoid yang terdiri dari 60 % β -karoten, 16 % likopen, 14 % α -karoten dan 7 % α -zeakaroten. Oleh karena itu, pigmen ini berpotensi untuk digunakan dalam berbagai makanan, baik sebagai bahan pewarna maupun sebagai sumber provitamin A (Fardiaz et al., 1995, 1996).

Vitamin

Riboflavin murni diproduksi melalui sintesis oleh mikroba *Eremothecium ashbyii*. Vitamin B₁₂ diproduksi oleh berbagai jenis bakteri, tetapi yang mampu menghasilkan dalam jumlah tinggi adalah *Streptomyces grieseus* (Brown et al., 1987). Vitamin-vitamin seperti B₂, B₁₂, C dan D, yang diproduksi oleh mikroba dapat disintesis lebih efisien dengan menggunakan teknik rDNA (Haas, 1984).

Protein Sel Tunggal (PST) dan Minyak Sel Tunggal (MST)

Ketela pohon dan produk berpati lain dapat dihidrolisis untuk menghasilkan sirup glukosa. Bila tersedia berlebihan, dapat digunakan untuk menghasilkan PST yang ekonomis. Limbah pengalangan dan pengolahan pangan dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan kamir. Kapang *Fusarium* dapat memproduksi protein yang dapat diolah menjadi produk dengan tekstur mirip daging (Brown et al., 1987).

Proses produksi minyak sel tunggal oleh mikroba serupa dengan PST. Berbagai jenis bakteri, kamir dan kapang dapat

digunakan untuk memproduksi minyak ini (Ratledge, 1984). Trigliserida yang dihasilkan oleh *Candida curvata* mempunyai titik cair serupa dengan mentega coklat (Anonim, 1989). Asam-asam lemak yang terbanyak adalah oleat, palmitat, linoleat, stearat dan palmitoleat. Asam-asam lemak utama berupa asam lemak jenuh dan tidak jenuh yang serupa dengan minyak sayuran (Shifrin, 1984).

Bahan Tambahan Pangan Lain

Bahan tambahan pangan lain yang diproduksi mikro-organisme dan memberi indikasi menyehatkan adalah skleroglukan. Skleroglukan diproduksi oleh *Sclerotinium rofsii* dan di industri pangan digunakan sebagai bahan pensuspensi, pelapis dan pembentuk gel. Skleroglukan menunjukkan mampu menurunkan kadar kolesterol dalam anak ayam dan tikus (Morris, 1987).

Kamir *Candida lipolytica* mempunyai kemampuan memodifikasi lemak melalui fermentasi (Glatz et al., 1984). Kamir ini dapat tumbuh pada lemak dan minyak sebagai satu-satunya sumber karbon dan pada saat yang sama mengakumulasi minyak dengan komposisi asam lemak menyerupai mediumnya.. Dengan demikian, minyak dengan sifat tertentu dapat diperoleh dengan mengatur pemberian minyak yang berbeda, seperti minyak jagung dan minyak kelapa. Kolesterol dari lemak hewan dapat dihilangkan oleh *C. lipolytica*. Sifat-sifat ini sangat menguntungkan karena dapat dimanfaatkan untuk produksi pangan menyehatkan rendah kolesterol.

Asam lemak esensial seperti omega 3 (asam γ -linolenat) ditemukan dapat mengurangi kemungkinan terkena penyakit jantung koroner (Supari, 1995). Umumnya asam lemak ini dapat diperoleh dari produk ikan, akan tetapi sayang sekali hampir semua proses pengolahan ikan cenderung menurunkan kadar omega-3 ini, kecuali

mungkin proses pengukusan atau pembuatan pepes ikan. Omega-3 dapat diproduksi menggunakan kapang Mucorales yang dapat ditemukan pada produk-produk fermentasi tradisional Indonesia seperti ragi, tape ketela, tape ketan hitam dan oncom merah. Penelitian Suliantari et al. (1996) menunjukkan bahwa *Mucor inaequisporus* mampu memproduksi minyak dengan kandungan asam lemak omega-3 dalam jumlah tinggi.

POTENSI BIOTEKNOLOGI DALAM PRODUKSI MAKANAN/MINUMAN MENYEHATKAN

Makanan dengan Dimensi Ketiga : Produk Susu Asidofilus

Dari sejarah, dapat diketahui bahwa persepsi manusia terhadap makanan mengalami perubahan. Pada saat awal keberadaan manusia, orang makan hanya untuk memenuhi kebutuhan biologis yaitu untuk mengatasi rasa lapar. Pada perkembangan selanjutnya secara perlahan-lahan tercipta suatu “dimensi pertama” dari persepsi makanan yang merupakan sensori secara lengkap meliputi unsur-unsur rasa, tekstur, aroma, warna dan “*mouthfeel*” (sensasi yang diperoleh setelah makanan bersentuhan dengan seluruh rongga mulut). Oleh karena itu tidaklah mengherankan bila industri pangan selalu menekankan secara berlebihan, aspek sensori makanan terutama pada makanan yang tidak menyehatkan (*junk food*) yang selalu menawarkan kelezatan yang baik, bau yang mengundang selera dan penampilan yang menawan (menarik).

Pada permulaan abad ini, pengetahuan akan ilmu pangan dan gizi telah menyadarkan kita akan keamanan pangan dan betapa pentingnya peranan komponen gizi terhadap kesehatan, perilaku dan kehidupan secara umum. Dari kesadaran ini, terciptalah “dimensi

kedua” dari persepsi makanan, dimana saat ini, kita menghargai makanan berdasarkan dua pertimbangan yaitu dimensi sensori dan dimensi gizi (nutrisi). Dimensi gizi melibatkan nilai gizi makanan dalam hal konsentrasi dan ketersediaan hayati (*bioavailability*) dari komponen gizi seperti protein, lemak, karbohidrat, mineral dan vitamin (Salji, 1992).

“Dimensi ketiga” dari persepsi makanan populer sebagai “makanan kesehatan” (*health food*) yang dicirikan oleh kandungan gizi yang tinggi dan makanan “probiotik” (Salji, 1992). Makanan probiotik atau makanan dengan dimensi ketiga ini kadang-kadang disebut makanan fungsional atau fisiologis yang mempunyai kekhususan menyediakan manfaat fisiologis tertentu yang memandu pada klaim kesehatan tertentu pula. Istilah probiotik ini, awalnya digunakan pada pakan ternak yang diberi mikroba hidup untuk memperbaiki keseimbangan mikroba usus dari ternak (Fuller, 1989). Saat ini, istilah probiotik juga diterapkan pada konsumsi mikroorganisme hidup oleh manusia sebagai bahan tambahan pangan untuk kesehatan gizi dan kehidupan (Hull et al., 1992).

Bakteri penting yang dapat digunakan untuk terapi probiotik adalah bifidobakteri yang dapat mengkolonisasi alat pencernaan (Mitsuoka, 1989). Bakteri ini ditemukan secara normal dalam alat pencernaan bayi, tetapi kemudian lama-kelamaan hilang dengan bertambahnya usia bayi. Di Jepang, penyakit diare pada anak-anak dapat disembuhkan dengan memberikan produk-produk susu yang mengandung sejumlah besar bifidobakteri (Tojo et al., 1987). Efek penyembuhan dari bifidus ini terhadap diare pada orang dewasa juga telah diteliti (Colombel et al., 1987).

Produk Susu Asidofilus

Produk-produk susu asidofilus seperti terlihat pada Tabel 3 adalah makanan dengan dimensi ketiga dengan bukti-bukti ilmiah

yang terus terkumpul bertambah banyak yang mendukung sifat-sifat khasiatnya (terapeutik). Produk susu asidofilus secara tradisional dikenal sebagai produk susu fermentasi dan dari sejarah diketahui bahwa hampir setiap negara mempunyai pengalaman dalam memproduksi susu fermentasi. Di Indonesia, juga dikenal susu kerbau fermentasi yaitu *dadih*. Akan tetapi, sayang sekali minuman tradisional Indonesia ini, hanya populer di daerah asalnya saja yaitu Sumatera Barat. Sementara saat ini produk yang lebih populer adalah yakult yang berasal dari Jepang. Untuk memiliki sifat unik sebagai probiotik, maka bakteri ini harus dipertahankan tetap dalam keadaan hidup dan dalam jumlah yang cukup. Oleh karena *L. acidophilus* cepat menurun jumlahnya pada suhu kamar, maka produk-produk susu asidofilus ini harus disimpan dalam lemari es (Salji, 1992).

Dimensi Gizi

Dimensi gizi yang penting dari produk susu asidofilus ini adalah kadar laktosanya yang rendah, karena laktosa susu dipecah sebagian dan diubah menjadi asam laktat oleh bakteri asidofilus sehingga susu lebih mudah dicerna. Hal ini menguntungkan bagi orang yang tidak tahan terhadap laktosa (*lactose-intolerance*). Konsentrasi vitamin umumnya lebih rendah dalam susu fermentasi karena dikonsumsi oleh bakteri dalam proses pertumbuhan dan perbanyakan sel. Akan tetapi asam folat, tetap tinggi dan meningkat selama proses fermentasi (Salji, 1992). Beberapa galur *L. acidophilus* tertentu mampu memproduksi asam nikotinat, asam askorbat, vitamin B₁₂ dan asam folat. Disamping itu, penyerapan mineral seperti kalsium dan besi menjadi lebih baik dengan mengkonsumsi susu fermentasi.

Klaim Khasiat dan Menyejahtakan

Klaim kesehatan yang dikaitkan dengan laktobasili usus, pertama kali diusulkan oleh Ilya Metchnikoff seorang pakar bakteriologi dari Rusia yang memperoleh hadiah Nobel pada tahun 1908. Dari studi pionirnya ini, disimpulkan bahwa pembusukan (putrefeksi) yang terjadi di dalam usus besar menghasilkan senyawa-senyawa beracun degeneratif yang disebutnya sebagai proses "auto-intoksikasi". Proses inilah yang menjadi penyebab terjadinya penuaan, uzur dan kematian alami pada manusia. Untuk menghilangkan bakteri pembusuk ini, disarankan untuk menelan sejumlah besar susu asam Bulgaria yang mengandung *Bacillus acidophilus*. Bakteri asam laktat ini akan tinggal di dalam alat pencernaan dan menekan pembentukan racun dengan menghasilkan lingkungan asam yang tidak mendukung pertumbuhan bakteri pembusuk.

Khasiat lain yang telah diteliti pada manusia adalah terjadinya stimulasi sistem kekebalan setelah mengkonsumsi bakteri asidofilus. Walaupun demikian, bukti klinis ini masih dianggap belum cukup untuk dapat dianggap konklusif saat ini (Salji, 1992). Adanya efek antitumor (antikarsinogenik) dari *Bifidobacterium* juga telah diteliti (Kohwi et al., 1982 dan Tsuyuki et al., 1991).

Pangan Fermentasi Tradisional

Banyak pangan fermentasi yang sudah lama dikenal di Indonesia tersebar di berbagai daerah tertentu seperti misalnya di Jawa Barat adalah tempe, oncom, tape beras, tape singkong (peuyeum), tauco, kecap, acar ketimun (sayuran lain), dan ikan peda, sedangkan di Jawa Tengah (Yogyakarta) dikenal gatot dan growol, di Pontianak dikenal tempoyak, di Manado dikenal bakasam, dadih di Sumatera Barat dan brem di Bali. Dengan

Tabel 3. Mikroorganisme yang digunakan dalam pembuatan produk susu asidofilus komersial*

Produk	Organisme
Susu asidofilus	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
Susu mentega asidofilus	<i>L. acidophilus, Lactococcus lactis, lac. subsp. cremoris, Lac. lactis biovar diacetylactis, leuconostoc mesenteroides subsp. cremoris</i>
Susu asidofilus-kamir	<i>L. acidophilus, Saccharomyces fragilis, S. cerevisiae</i>
Yogurt asidofilus	<i>L. acidophilus, L. delbrueckii subsp. bulgaricus, Streptococcus thermophilus</i>
Yogurt asidofilus-bifidus	<i>L. acidophilus, Bif. bifidum, St. thermophilus, L. delbrueckii subsp. bulgaricus</i>
Biogard	<i>L. acidophilus, St. thermophilus, Bif. bifidum</i>
Bioghurt	<i>L. acidophilus, St. thermophilus</i>
Kultura	<i>L. acidophilus, Bif. bifidum</i>
Asidofilus manis	<i>L. acidophilus</i>
Yakult	<i>L. acidophilus, Bif. bifidum, Bif. breve, L. casei</i>

*Salji, 1992

dicanangkannya program ACMI (Aku Cinta Makanan Indonesia) oleh MenPangan, maka pengembangan pangan fermentasi ini juga termasuk di dalamnya.

Tempe

Diantara produk-produk fermentasi di atas, yang paling ekstensif diteliti di Indonesia dan mempunyai potensi pengembangan paling baik adalah tempe, karena produk ini nampaknya lebih mudah diterima oleh hampir semua lapisan masyarakat tidak hanya di Indonesia, tetapi bahkan di dunia internasional. Disamping itu, tempe tidak hanya memiliki dimensi kedua yaitu kandungan gizi yang baik tetapi juga dimensi ketiga dengan berbagai khasiat yang sudah banyak diteliti diantaranya dapat menyembuhkan diare (Mahmud, 1987; Sibarani, 1995).

Pertumbuhan anak-anak yang mengalami diare ternyata lebih baik bila ke dalam dietnya dimasukkan tempe (Partawihardja, 1990). Demikian pula penelitian pemberian minuman sari tempe pada tikus (Sulaeman et al., 1995) ternyata dapat meningkatkan daya tahan tubuh dalam upaya pencegahan penyakit diare.

Tempe juga telah diteliti pada pasien-pasien dengan hiperlipidemia dapat menurunkan kolesterol total, kolesterol "jahat" LDL (*Low Density Lipoprotein*) dan meningkatkan kolesterol "baik" HDL (*High Density Lipoprotein*) (Brata-Arbai, 1994). Efek hipokolesterolemik dari tempe ini diduga disebabkan oleh kandungan protein, PUFA, serat, niasin, vitamin E, karotenoid, isoflavon dan kalsium.

Khasiat lain dari tempe adalah adanya zat antioksidan yang mencegah terjadinya peroksidasi lipid. Menurut Astuti (1993), di dalam tempe juga ditemukan adanya enzim superoksida dismutase yang diduga berfungsi sebagai penangkap radikal bebas (*radical scavenger*) yang berperan dalam proses penuaan.

Oncom

Oncom hitam yang terbuat dari bungkil kacang tanah tidak sepopuler tempe, tetapi produk ini sebenarnya mempunyai prospek untuk dikembangkan sebagai makanan menyehatkan mengingat selama proses fermentasi terjadi peningkatan gizi terutama dalam kandungan riboflavin, niasin dan tiamin (Beuchat, 1976). Hidrolisis komponen kacang tanah secara enzimatik sangat meningkatkan edibilitas dan, diduga juga daya cernanya. *Neurospora intermedia* diketahui dapat menghilangkan sukrosa, rafinosa dan stakiosa yang dikenal sebagai penyebab kembung, selama proses fermentasi (Beuchat, 1995). Oncom merah yang terbuat dari ampas tahu dan difermentasi oleh *Neurospora* sp. menghasilkan karotenoid yang dapat digunakan sebagai sumber provitamin A.

PROSPEK APLIKASI BIOTEKNOLOGI PANGAN DI MASA DEPAN

Pengembangan Galur-galur Unggul Lokal

Banyak penelitian yang sudah dilakukan di Indonesia untuk mengisolasi dan mengidentifikasi mikroorganisme dari berbagai pangan fermentasi tradisional dan buah-buahan. Galur-galur unggul yang sudah terseleksi ini dapat dikembangkan menggunakan teknik rekayasa genetika untuk memproduksi BTP dan makanan menyehatkan. Dengan berkembangnya teknik-teknik rDNA yang tersedia saat ini juga memungkinkan ditingkatkannya aktivitas biosintetik dari kapang seperti *Monascus* sp. dan *Neurospora* sp. untuk produksi pigmen angkak dan karotenoid sebagai pigmen alami pengganti pewarna sintetik.

Galur-galur bakteri asam laktat dari berbagai pangan fermentasi tradisional asam laktat sudah diisolasi dan diuji kemampuan antimikrobanya (Jenie et al., 1995, Rahayu et al., 1996). Galur-galur unggul lokal ini dapat ditingkatkan kemampuannya melalui rekayasa genetika. Sifat-sifat seperti produksi bakteriosin disandi pada plasmid-plasmid sehingga dapat dipindahkan diantara galur-galur (Earnshaw, 1992). Dengan demikian, manipulasi genetika dapat digunakan untuk memindahkan unsur genetika yang disandi untuk produksi antimikroba dari satu galur ke galur yang sudah siap digunakan untuk fermentasi, sehingga mengawetkan citarasa dan tekstur tradisional disatu sisi dan disisi lain juga meningkatkan efektivitas antimikrobanya. Dengan cara ini dapat dikonstruksi suatu galur “superprodusen”.

Kultur starter bakteri asam laktat, juga dapat digunakan di masa mendatang untuk memperpanjang masa simpan bahan pangan non-fermentasi yang didinginkan (Gould, 1992; Hanlin dan Evancho, 1992, Jenie et al. 1996b). Untuk keperluan ini dibutuhkan produksi massa sel kultur yang tinggi, tahan selama proses pembekuan dan pengeringan serta stabil selama penyimpanan. Disamping itu, kulturnya harus mampu tumbuh pesat, tidak rentan terhadap fag, toleran terhadap garam, dan stabil secara genetika. Di masa mendatang, kultur starter atau metabolit antimikroba nampaknya lebih diinginkan untuk ditambahkan ke dalam makanan bila produksi senyawa antagonis dapat ditingkatkan, dan dimurnikan dalam skala besar (De Vuyst dan Vandamme, 1994).

Kapang oncom berfilamen seperti *N. intermedia* dapat menerima manipulasi genetika, dengan tujuan menginduksi produksi berbagai jenis enzim dan metabolit penting lainnya (Bigelis, 1992). Peningkatan produksi karbohidrase, enzim nukleolitik, lipase, proteinase, asam-asam organik dan pemanis peptida serta penegas citarasa oleh kapang dapat dicapai melalui penelitian bioteknologi.

Kebusukan pasca panen produk buah-buahan, sayuran dan biji-bijian oleh kapang menyebabkan kerugian/susut ekonomis yang cukup besar. Penggunaan fungisida selama ini dikhawatirkan dapat menyebabkan terjadinya resistensi kapang terhadap fungisida tertentu. Beberapa kamir ditemukan dapat menghambat pertumbuhan kapang gudang biji-bijian dan penyakit kapang pada jeruk dan apel (Bjornberg dan Schnurer, 1993; McLaughlin et al., 1990). Galur-galur kamir lokal yang dapat diisolasi dari berbagai ragi tape dan buah-buahan Indonesia dapat diseleksi terhadap sifat antikapang.

Pengembangan Mutu Makanan Tradisional Indonesia

Sebagai sumber protein dengan berbagai khasiat yang sudah banyak diteliti seperti mencegah diare dan mengurangi resiko terkena penyakit jantung dan yang sedang diteliti adalah kemungkinan mencegah penuaan dini, maka tidak pelak lagi, tempe mempunyai prospek yang semakin membaik di masa depan. Produk-produk tempe generasi kedua (minuman, bubur, biskuit, dll.) dan generasi ketiga (senyawa hayati aktif) juga perlu dikembangkan di masa depan.. Baru-baru ini diberitakan bahwa saat ini sedang diteliti suatu fitoestrogen yang disebut *genistein* yang terdapat di dalam kedelai yang dipercaya dapat mencegah kanker oleh para ahli medis dari Universitas North Carolina (UNC-CH) di Amerika Serikat. Sehubungan dengan ini, maka penelitian kemungkinan tempe dapat mencegah kanker perlu dilakukan juga di masa mendatang.

Penggunaan galur *N. intermedia* yang mampu meningkatkan produksi satu vitamin atau lebih, atau meningkatkan jumlah citarasa peptida dalam oncom, misalnya, akan mewakili transfer bioteknologi modern yang sukses diterapkan pada pangan fermentasi tradisional.

Produk-produk tauco dan kecap mempunyai peluang untuk menerima aplikasi bioteknologi. Prioritas utama adalah pengembangan galur-galur *A. oryzae* dengan kemampuan menghasilkan enzim yang istimewa dan penggunaan kamir osmotoleran yang dimodifikasi secara genetika yang mampu memproduksi vitamin dalam jumlah tinggi dan memproduksi citarasa khas.

Produk fermentasi tradisional yang mengandung alkohol seperti tape beras ketan putih atau hitam atau brem Bali dapat dikembangkan menjadi produk rendah alkohol menggunakan kamir yang telah direkayasa genetika. Teknik imobilisasi sel kamir dan enzim telah berhasil diterapkan untuk menghasilkan bir rendah alkohol (Lommi, 1990).

Galur-galur *Acetobacter xylinum* yang biasa digunakan untuk membuat produk nata de coco dari air kelapa mungkin dapat direkayasa untuk menghasilkan serat makanan yang bermanfaat bagi kesehatan. Serat makanan bermanfaat untuk mencegah kanker kolon (usus). Pengembangan dan penganeka ragam produk-produk ini di masa depan dengan menggunakan limbah lain misalnya limbah pengalengan nenas atau buah lain nampaknya mempunyai prospek yang baik.

Produk-produk fermentasi menyerupai yogurt, yakult, dan kefir dapat dibuat menggunakan kacang-kacangan seperti kedelai, kacang hijau, kacang merah, kacang tolo dan ubi jalar. Produk-produk ini mempunyai prospek yang baik untuk dikembangkan karena beberapa penelitian menunjukkan proses fermentasi yang diterapkan dapat menghasilkan sifat antimikroba pada susu kedelai fermentasi (Jenie et al., 1996c), serta pengurangan senyawa antinutrisi pada kacang merah dan kacang tolo fermentasi (Zakaria dan Soesanto, 1996). Penggunaan kultur campuran bakteri asidofilus dan *Propionibacterium* dapat menguntungkan karena menghasilkan minuman fermentasi kaya akan vitamin B₁₂ (Kusumaningrum et al.,

1996). Teknik bioteknologi yang serupa dapat diterapkan pada dadih.

Pengembangan Produk Pangan Baru

Produk pangan unik rendah kalori. Produk ini nampaknya mempunyai prospek yang sangat baik di masa depan. Pengembangan lemak dan minyak kalori rendah diawali dengan mendorong produksi asam-asam lemak rantai pendek dalam minyak-minyak nabati yang umum digunakan. Produk-produk baru rendah kalori antara lain contohnya adalah keju rendah lemak dan keju rendah kolesterol.

Pemanis non-gizi alami. Di masa mendatang akan diproduksi pemanis non-gizi alami. Protein yang berfungsi sebagai pemanis dan pemodifikasi citarasa adalah bahan-bahan seperti aspartam, thaumatin, monelin dan steviosiol. Thaumatin dengan nama dagang Talin adalah senyawa yang paling manis di dunia yaitu 2500 kali lebih manis dari sukrosa (Mittal, 1992).

Citarasa "savory". Di masa mendatang akan dapat diperoleh produk berupa peptida dengan citarasa daging. Produksi peptida daging menggunakan kapang filamen yang umum digunakan dalam makanan tradisional Indonesia seperti kapang tempe, tauco dan kecap mungkin dapat secara ekonomis bermanfaat untuk produksi skala besar. Rekayasa protein selanjutnya dapat meningkatkan sifat-sifat citarasanya. Peptidanya dapat digunakan sebagai bahan tambahan citarasa dan penegas rasa seperti 5'-IMP dan 5'-GMP sebagai alternatif MSG.

Xenozim. Xenozim atau enzim yang sudah direkayasa dapat diciptakan dari enzim-enzim alami melalui modifikasi kimia, mutasi acak, dan rekayasa sisi-spesifik genetika dan protein (Morris, 1986).

Aplikasi komersial dari xenozim ini sudah diuji pada pembuatan keju dan bir dengan hasil citarasa yang lebih baik dan proses fermentasi yang lebih singkat.

Keamanan Produk Probiotik Dan Hasil Rekayasa Genetika

Pasal 13 Undang-undang No. 7 tahun 1996 tentang Pangan (Forum Komunikasi Pangan, 1997) menyatakan bahwa setiap orang yang memproduksi pangan atau menggunakan bahan baku, bahan tambahan pangan, dan atau bahan lain dalam kegiatan atau proses produksi pangan yang dihasilkan dari proses rekayasa genetika wajib terlebih dahulu memeriksakan keamanan pangan bagi kesehatan manusia sebelum diedarkan.

Beredarnya produk probiotik yang mengandung bakteri dalam jumlah tinggi menimbulkan kekhawatiran berkaitan dengan kemungkinan terjadinya resistensi atau ketahanan terhadap antibiotika pada mikroba yang terdapat dalam usus (Salyer, 1995). Apabila hal ini terjadi, maka bila kita mengalami gangguan pencernaan tidak dapat disembuhkan lagi dengan antibiotika.

Yang perlu dipertanyakan disini adalah apakah bakteri asam laktat yang dikonsumsi dalam keadaan hidup ini membawa gen yang resisten terhadap antibiotika atau tidak? Salah satu jenis bakteri asam laktat yang digunakan untuk memproduksi keju yaitu *Lactococcus lactis* telah ditemukan membawa transposon konjugatif yang dapat memindahkan gen (Rauch dan De Vos, 1992). Transposon konjugatif ini tidak membawa gen resisten, tetapi keberadaannya memberi peluang kemungkinan transposon konjugatif lain membawa gen yang resisten. Galur-galur *Lactobacillus* sp. juga memiliki *tetM* yang ditemukan pada beberapa jenis transposon konjugatif Gram-positif. Banyak bakteri Gram-positif yang digunakan dalam industri pangan dapat saling

mempertukarkan gen dengan anggota-anggota baik Gram-positif maupun Gram-negatif dari mikroflora yang terdapat dalam mulut dan usus manusia.

Untuk menjamin keamanannya, sebaiknya produk-produk probiotik diuji terlebih dahulu untuk menentukan apakah mereka membawa gen yang resisten terhadap antibiotik atau tidak. Bila ternyata positif, maka mikroorganisme ini harus dilarang digunakan untuk konsumsi manusia dan hewan. Kenyataan bahwa ingredien yang umum digunakan dalam pembuatan probiotik manusia adalah *Enterococcus faecium* sudah cukup merupakan tanda bahaya. Enterokoki terkenal karena bersifat resisten terhadap antibiotik. Oleh karena itu adalah bijaksana bila galur-galur *Enterococcus* spp. yang digunakan dalam pembuatan probiotik tidak resisten terhadap antibiotik apapun, terutama vankomisin (Salyer, 1995).

Bahan pangan yang difermentasi oleh bakteri asam laktat menggunakan galur-galur "food-grade" yang aman digunakan dalam bahan pangan dianggap menguntungkan karena dinyatakan sebagai sistem antimikroba alami dimana bahan-bahan ini telah diterima oleh konsumen, badan yang menetapkan peraturan dan industri pangan (Ray, 1992). Akan tetapi apabila bakteri asam laktat ini akan digunakan untuk memproduksi senyawa antimikroba murni atau senyawa murni, tetap masih diperlukan pengujian terhadap toksisitasnya.

Walaupun penggunaan produk hasil rekayasa genetika ini menimbulkan pertanyaan secara ilmiah dan etika, di Inggris suatu kamir yang direkayasa genetika telah diterima untuk digunakan dalam pembuatan roti (Hodgson, 1990; Earnshaw, 1992). Metabolit yang diproduksi tidak boleh mempunyai toksisitas terhadap mamalia (Earnshaw, 1992).

Produk penegas citarasa seperti IMP dan GMP serta ekstrak kamirnya sudah disahkan penggunaannya oleh FDA. Penelitian menggunakan hewan percobaan menunjukkan bahwa konsumsi 5'-nukleotida tidak menimbulkan bahaya nyata bagi kesehatan manusia. Penggunaan ekstrak kamir tidak membuktikan timbulnya reaksi yang sama seperti pada MSG yang dikenal sebagai "gejala restoran Cina" baik pada hewan maupun manusia. Asam glutamat yang terdapat dalam ekstrak kamir terutama merupakan bagian dari peptida, suatu bentuk yang tidak mampu memberikan reaksi tipikal seperti MSG. Oleh karena keamanannya ini, maka industri pangan sudah lama tertarik pada produk-produk kamir dan yang diturunkan dari kamir untuk diaplikasikan dalam formulasi makanan (Nagodawithana, 1992).

PENUTUP

Sebagai penutup orasi ilmiah ini, perkenankanlah saya untuk menghimbau rekan-rekan seprofesi, instansi-instansi terkait, para industriawan pangan, Bapak-bapak dan Ibu-ibu serta saudara-saudara sekalian yang hadir disini untuk memasyarakatkan pangan menyehatkan antara lain melalui salah satu cara berikut ini :

- (1) Melaksanakan penelitian-penelitian dalam bidang pangan menyehatkan secara tuntas dan berkesinambungan sehingga produk-produk bioteknologi pangan secara umum dan hasil rekayasa genetika secara khusus dapat dilepaskan dengan aman pada masyarakat.
- (2) Mengadakan kerjasama dengan industri BTP agar produk bioteknologi yang sudah siap dapat segera dikomersialisasikan
- (3) Meningkatkan koordinasi di antara instansi terkait dalam hal distribusi/perdagangan, pembinaan dan pengawasan terutama kepada para industri kecil, industri jasaboga (katering) dan