

## **PENERAPAN TEKNOLOGI MEMBRAN DI BIDANG PANGAN**

**Aspiyanto**

Pusat Penelitian Kimia-LIPI,  
Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang

### **ABSTRAK**

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan produk pangan yang lebih berkualitas, maka peran teknologi yang menggunakan proses pemisahan yang bersifat tidak merusak dan dengan konsumsi energi rendah menjadi sangat penting. Proses pemisahan menggunakan filter aid biasanya menghasilkan limbah yang menimbulkan biaya pengolahan lingkungan lebih tinggi.

Salah satu alternatif untuk mengatasi kendala tersebut adalah dengan penerapan teknologi membran. Pemakaian utama proses membran dalam bidang pangan difokuskan pada pemurnian gula, produk biji-bijian, produk susu, produk minuman, produk buah-buahan dan sayuran dan produk hewani. Dengan memperhatikan aspek-aspek ketahanan, kestabilan kinerja dan evaluasi ekonomi, diharapkan bahwa teknologi membran bisa melakukan penetrasi ke dalam industri pangan yang berkaitan dengan proses pemisahan, pemurnian dan pemekatan. Prospek dan tantangan perkembangan membran dalam proses pangan dibahas dalam tulisan ini.

### **ABSTRACT**

With the increase in need of the food product, future product processing will be marked by the more real utilization of membrane materials using non-destructive separation process with low energy consumption/requirement. Separation process using filter aid will produce waste and higher environmental cost.

One of alternatives for anticipating these problems is possibility to apply membrane technology in the food sector. Based on pore size, operating pressure

and ability to separate compounds, membranes are classified as microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration and reverse osmosis. Four basic modul configurations applied in the food sectors are flat sheet, spiral wound, tubular and hollow fiber. The major utilization of membrane processes in the food sector focus on sugar refining, grain products, dairy products, beverage products, fruits & vegetables products and animal products. As a consequence of many aspects strength, performance stability and economy evaluation, it expected that membrane technology is able to penetrate in the food industry related with separation, purification and concentration processes. Finally, the prospects and challenges on membrane development in the food processing is discussed.

## **PENDAHULUAN**

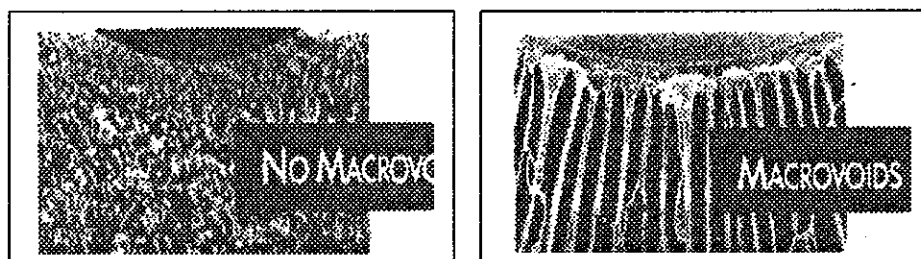
Masalah pangan merupakan salah satu masalah nasional yang sangat penting terhadap keseluruhan proses pembangunan nasional karena pangan menyangkut kelangsungan dan kesejahteraan hidup suatu bangsa mengingat pangan adalah salah satu kebutuhan manusia yang paling mendasar. Penyediaan pangan dan gizi menjadikan satu sarana yang harus ditingkatkan sebagai landasan pada pembangunan manusia Indonesia untuk jangka panjang. Kebijakan iptek pada diversifikasi pangan harus merupakan bagian terpadu dari kebijakan iptek pangan dan pengembangan iptek nasional. Di masa-masa mendatang kebijakan iptek diversifikasi pangan ini diarahkan pada tersedianya berbagai pembaruan (inovasi) produk, teknologi dan aspek sosial ekonomi bagi pengembangan diversifikasi pangan pokok dalam kerangka mewujudkan ketahanan pangan dan ketahanan nasional. Beberapa industri agro mampu berkembang melalui inovasi, peningkatan kapasitas produksi, pengenalan dan pembaruan teknologi. Salah satu dari pembaruan teknologi yang memiliki peluang komersial, keunggulan dan menambah lingkup kegiatan industri pangan di Indonesia adalah penerapan teknologi membran. Dari tahun ke tahun, perkembangan pasar dan pemakaian membran di bidang pangan semakin meningkat dengan laju pertumbuhan industri membran berkisar antara 12 - 15 % per tahun. Hal ini ditunjukkan dengan berbagai macam penerapan dan banyaknya permintaan domestik atas sistem dan modul membran. Pengaruh utama dari perkembangan pasar dan pemakaian membran adalah kebutuhan industri serta kegiatan penelitian dan pengembangan di perguruan tinggi dan instansi pemerintah.

Proses pemisahan menggunakan membran telah diketahui sejak tahun 1823, tetapi mulai tahun 1960 membran mengalami perkembangan. Pada saat itu, Loeb-Sourirajan berhasil membuat membran asimetrik dari selulosa asetat dan dikembangkan untuk proses osmosa balik pada desalinasi air laut. Sejak tahun 1960 – 1980 berlangsung pengembangan secara besar-besaran baik pada pengembangan bahan membran untuk proses pemisahan, pemurnian dan pemekatan atau pengembangan konfigurasi membran dengan tujuan mendapatkan kapasitas, derajat pemisahan dan kinerja yang diinginkan. Proses hilir pada industri pangan hampir selalu melibatkan proses pemisahan yang diarahkan untuk memekatkan larutan dan memurnikan kualitas produk. Proses-proses pemekatan yang umum dilakukan di industri pangan adalah penguapan, pembekuan dan pengeringan. Baik penguapan, pembekuan maupun pengeringan selalu melibatkan perubahan fasa sehingga memerlukan energi lebih besar. Sebagai contoh, pada proses penguapan rata-rata dibutuhkan energi sekitar 500 kJ/kg air yang dipisahkan, sedangkan pada proses membran rata-rata hanya dibutuhkan energi sekitar 25 kJ/kg air yang dipisahkan. Energi ini akan berpengaruh terhadap biaya produksi. Proses pemisahan lain yang umum dipakai di industri pangan adalah penyaringan menggunakan filter aid. Proses ini memiliki beberapa kendala, seperti menghasilkan limbah yang akan berpengaruh terhadap biaya pengolahan lingkungan. Pemisahan menggunakan membran dapat dilakukan pada temperatur kamar dan rendah sehingga mencegah kerusakan unsur-unsur yang sensitif terhadap panas dan memperbaiki kualitas produk. Kinerja yang tinggi membuat pemisahan menggunakan membran lebih efisiensi. Selain itu, disain yang kompak dan modular membuat sistem pemisahan menggunakan membran akan mudah dioperasikan dan menghemat ruangan.

## **TEORI DAN PRINSIP MEMBRAN**

Membran atau membran semipermeabel didefinisikan sebagai suatu lapisan sangat tipis dan elastis terbuat dari polimer sintesis, bersifat permeabel terhadap air murni atau solut berukuran lebih kecil dari ukuran pori-pori membran dan bersifat tidak permeabel terhadap solut berukuran lebih besar dari ukuran pori-pori membran. Pergerakan suatu solut melewati membran disebabkan oleh gaya pendorong dari tekanan operasi pompa. Membran dapat dibedakan antara

membran tidak berpori (dense) dan membran berpori. Sedangkan membran berpori terdiri dari membran dengan pori-pori berukuran mikro (microporous) dan membran dengan pori-pori berukuran makro (macroporous). Pada membran tidak berpori, tidak terdapat pori-pori baik yang berukuran mikro maupun yang berukuran makro. Mekanisme pemisahan ditentukan oleh mekanisme solusi-difusi, dimana komponen-komponen yang dipisahkan pertama larut dalam membran dan kemudian berdifusi melalui membran oleh suatu gaya pendorong. Pemisahan terjadi karena adanya perbedaan kelarutan dan/atau difusivitas. Untuk memperoleh permeabilitas yang tinggi pada membran tidak berpori, struktur membran dibuat setipis mungkin, kemudian dikuatkan dengan lapisan cukup tebal pada membran berpori, yang membuatnya tetap bisa menahan gaya penggerak berupa tekanan. Struktur membran ini dikenal sebagai membran asimetrik. Sistem pemisahan ini dapat memisahkan molekul-molekul yang berukuran sama, baik dalam bentuk cairan maupun gas. Sedangkan pada membran berpori, ukuran pori-pori sangat menentukan karakteristik pemisahan. Selektivitas tinggi diperoleh apabila ukuran solut yang akan dipisahkan lebih besar daripada ukuran pori-pori membran. Mekanisme pemisahan berupa semacam ayakan (sieve) yang melewatkan (permeabel) solut berukuran kecil dan menolak (non permeabel) solut berukuran besar terhadap pori-pori membran dengan bantuan gaya pendorong. Struktur dan morfologi membran tidak berpori dan berpori ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Struktur dan morfologi membran tidak berpori dan berpori.

## **KLASIFIKASI MEMBRAN**

Berdasarkan ukuran pori-pori, tekanan operasi dan kemampuan pemisahan senyawa-senyawa yang dipisahkan, maka membran diklasifikasikan sebagai membrane mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi dan osmosa balik. Membran mikrofiltrasi mempunyai ukuran pori-pori berkisar antara 0,05 – 2  $\mu$ . Membran ini mampu dioperasikan pada tekanan antara 0,5 - 5 bar. Membran ini dapat digunakan untuk memisahkan partikel-partikel kecil, seperti mikroorganisme (sel, bakteri dan virus) sementara senyawa makromolekul (protein, karbohidrat, lemak), gula, garam-garam mineral dan air lolos melalui membran. Membran jenis ini berfungsi pula sebagai proses sterilisasi dingin. Membran ultrafiltrasi memiliki ukuran pori-pori berkisar antara 0,005 - 0,02  $\mu$ . Membran ini mampu dioperasikan pada tekanan antara 1 - 10 bar. Membran ini bisa digunakan untuk menolak semua mikroorganisme serta senyawa makromolekul (protein, karbohidrat dan lemak), sementara gula, garam-garam mineral dan air lolos lewat membran. Membran nanofiltrasi mempunyai ukuran pori-pori berkisar antara 0,002 – 0,005  $\mu$ . Membran ini mampu dioperasikan pada tekanan antara 7 – 30 bar. Membran ini bisa digunakan untuk memisahkan semua mikroorganisme, senyawa makromolekul (protein, karbohidrat, lemak), gula dan sebaliknya garam-garam mineral dan air lolos melalui membran. Membran osmosa balik memiliki ukuran pori-pori berkisar antara 1 – 15 Å. Membran ini mampu dioperasikan pada tekanan antara 20 – 100 bar. Membran ini dapat digunakan untuk memisahkan semua mikroorganisme, senyawa makromolekul (protein, karbohidrat, lemak), gula dan garam-garam mineral sebaliknya air lolos melalui membran.

## **BAHAN & KONFIGURASI MEMBRAN**

Jantung dari suatu proses menggunakan membran secara nyata adalah membran itu sendiri. Bahan membran secara komersial tersedia di pasaran meskipun tidak semuanya sesuai untuk diterapkan di bidang pangan. Kriteria kinerja membran yang ideal meliputi performance (fluks & tingkat penolakan) tinggi, setipis mungkin tetapi mempunyai struktur yang kuat, fleksibel untuk berbagai keperluan, perbandingan antara volume dan luas membran besar, daerah operasinya luas (tekanan, temperatur, pH), usia pakai membran selama mungkin

serta harga semurah mungkin. Bahan membran yang banyak tersedia dipasaran untuk sistem mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, nanofiltrasi dan osmosa balik adalah Cellulose Acetate [CA], Aromatic Polyamide [Aramid], Polyvinylidene fluoride [PVDF], Polysulfone [PS], Polyethersulfone [PES], Polyvinylalcohol [PVA], polycarbonate [PC], dan sebagainya.

Membran dapat dibentuk kedalam berbagai konfigurasi dan ukuran, baik pada skala laboratorium, pilot maupun industri. Proses pemisahan menggunakan membran secara garis besar dibagi menjadi dua bentuk yaitu lembaran dan tabung. Membran berbentuk lembaran dimodifikasi kedalam dua konfigurasi yaitu bentuk lembaran datar (flat sheet) dan gulungan/lilitan (spiral wound). Sedangkan membran berbentuk tabung dikembangkan menjadi bentuk serat berongga (hollow fiber) dengan diameter < 1 mm, kapiler dengan diameter berkisar antara 1 – 5 mm dan tabung/pipa (tubular) dengan diameter > 5 mm.

## **PENERAPAN TEKNOLOGI MEMBRAN**

Teknologi yang bertumpu pada membran sudah memasuki pasaran dan industri Indonesia serta penerapannya sudah meliputi spektrum yang luas, bukan hanya untuk proses pengolahan produk olahan pangan tetapi juga untuk kegiatan industri proses lain, seperti penjernihan dan pemurnian air laut/air payau menjadi air tawar/air bersih, industri semikonduktor (komponen-komponen elektronika, lensa/optik, jam tangan), pulp & kertas, farmasi (sterilisasi dan pemisahan partikel-partikel), bioteknologi (pemurnian & pemekatan enzim, pemekatan virus, kultur sel, media pembiakan, produksi monoclonal & analisis kemurnian hasil), pembangkit tenaga (penghilangan partikel), kimia (perolehan kembali logam-logam berharga), dan lain-lain. Dalam bidang pangan, maka teknologi dan sistem membran telah diterapkan pada industri pemurnian gula, pengolahan produk biji-bijian (cereal); pengolahan produk susu, pengolahan produk minuman, pengolahan produk buah-buahan & sayuran, pengolahan produk hewani dan pengolahan produk pigment & colorant.

## **Pemurnian Gula**

Gula merupakan salah satu makanan pokok yang dibutuhkan oleh manusia. Masalah gula tidak kalah pentingnya dengan masalah yang ditimbulkan oleh makanan pokok lainnya. Bukan hanya karena rasa manis saja yang menyebabkan orang tertarik untuk makan gula, tetapi juga merupakan suatu hal yang tidak kalah pentingnya adalah unsur energi yang dikandung oleh gula, dimana gula sangat diperlukan oleh tubuh guna melakukan kegiatan sehari-hari. Oleh karena itu, produksi dan pemasaran gula perlu ditangani dengan sebaik-baiknya. Gula dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbohidrat dan sakarosa, seperti tebu, bit, ubi kayu, kentang, jagung dan lain-lain. Pada pabrik gula, nira hasil perasan dari batang tebu umumnya mengandung sakarosa, gula reduksi, zat koloid dan kotoran tersuspensi, seperti, senyawa organik & anorganik, zat warna, zat bergetah (protein), lilin dan karbohidrat. Dengan demikian, nira mentah menjadi keruh, berwarna kekuning-kuningan dan agak kental. Guna memperoleh kualitas gula yang putih, bersih dan transparan, maka nira mentah hasil perasan batang tebu harus dilakukan proses penjernihan sebelum proses kristalisasi.

Proses penjernihan nira mentah yang dilakukan di pabrik-pabrik gula di Indonesia masih memakai sistem konvensional berupa proses defekasi dengan CaO, sulfitasi dengan CaO dan gas SO<sub>2</sub> serta karbonatasi dengan CaO dan gas CO<sub>2</sub>. Penambahan koagulan akan mengendapkan sebagian besar dari kotoran-kotoran tersebut, tetapi juga akan meningkatkan kelarutan garam-garam anorganik kedalam nira mentah. Kotoran dan garam didalam nira mentah akan menimbulkan beberapa kendala, seperti terbentuknya kerak saat proses penguapan pada tanki evaporator dan proses kristalisasi tidak sempurna. Selain itu, kendala lain pada pabrik gula konvensional adalah efisiensi pemisahan rendah dan kebutuhan energi tinggi. Salah satu alternatif guna mengatasi kendala tersebut adalah penerapan teknologi membran. Untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas kristal gula serta efisiensi selama proses, maka sistem membran yang dipakai berupa teknik mikrofiltrasi untuk proses penjernihan nira mentah sebagai pengganti unit pengendapan, teknik ultrafiltrasi untuk proses pemisahan zat warna sebagai pengganti proses defekasi, sulfitasi dan karbonatasi, teknik nanofiltrasi untuk menghilangkan garam-garam terlarut serta teknik osmosa balik untuk mengefisiensikan unit evaporator. Selain itu, sistem membran dipakai untuk proses perolehan kembali gula dari air bilasan di pabrik gula. Keunggulan proses menggunakan membran ultrafiltrasi adalah modul beroperasi pada tekanan rendah

sehingga bisa mengurangi biaya peralatan pompa. Pada proses membran terjadi penghematan energi apabila dibandingkan dengan proses cara konvensional karena tidak terjadi perubahan fasa. Operasi menggunakan membran dapat dilakukan pada temperatur kamar sehingga tidak merusak produk yang sensitif pada temperatur tinggi. Tetapi kelemahan proses menggunakan membran adalah terjadinya penumpukan dan penyubatan partikel-partikel pada permukaan dan didalam pori-pori membran akibat terjadi pengendapan partikel-partikel protein didalam pori-pori membran. Namun demikian, kelemahan tersebut bisa diatasi dengan peningkatan laju alir dan pengoperasian pada parameter-parameter optimal.

### **Pengolahan produk biji-bijian (Cereal)**

Jagung merupakan salah satu tanaman palawija, termasuk famili rumput-rumputan yang banyak diperlukan untuk konsumsi manusia, ternak maupun bahan baku industri. Produksi jagung di Indonesia rata-rata per tahun 1,28 ton/ha dan belum mencukupi kebutuhan karena selain manfaat jagung untuk pangan juga banyak dicari orang karena berbagai kegunaan dalam industri, seperti industri makanan & minuman, pakan, kimia, farmasi, minyak nabati dan sebagainya. Pada umumnya, proses pembuatan pati jagung dalam industri pengolahan jagung membutuhkan banyak air, yaitu sekitar 1,6 – 2,0 bagian untuk setiap bagian jagung. Proses pembuatan pati jagung umumnya terdiri dari beberapa tahap, yaitu pembersihan, perendaman dalam air panas (steeping), penggilingan kasar, pemisahan lembaga, pemisahan serat kasar dari pati & gluten, pemisahan gluten dari pati dengan cara sentrifugasi, pemurnian dan pengeringan pati. Kemungkinan penerapan teknologi membran dalam industri pengolahan jagung cara basah cukup potensial, seperti penanganan & pemekatan air bekas rendaman jagung menggunakan membran osmosa balik, ekstraksi & pemurnian minyak jagung dengan membran mikrofiltrasi, ultrafiltrasi dan nanofiltrasi, pengolahan protein gluten jagung memakai membran ultrafiltrasi sehingga diperoleh konsentrat dan isolat protein jagung, pencucian pati jagung, pemekatan & pemisahan air pada pati jagung, pemurnian hidrolisat pati jagung dan pemurnian dekstrosa, fruktosa & glukosa.

Salah satu sumber protein nabati yang kaya akan protein adalah kedelai. Komoditas kedelai mampu diproses untuk dijadikan produk olahan, seperti susu kedelai, tahu, yoghurt, keju berbasis kedelai, dan lain-lain. Proses pengolahan



kedelai untuk memperoleh protein (dan lemak) memerlukan penghilangan atau pengurangan kandungan dari beberapa unsur yang tidak diinginkan, seperti oligosakarida, asam phytat dan inhibitor tripsin. Metode proses konvensional untuk memisahkan protein dan lemak dari senyawa lain yang biasa digunakan adalah ekstraksi, proses menggunakan panas dan sentrifugasi. Proses-proses ini selalu tidak memuaskan dalam perolehan produk dengan sifat-sifat yang diinginkan dan selalu menghasilkan cairan whey yang mengandung sejumlah protein. Proses lain yang dikembangkan untuk memekatkan protein kedelai dan isolat kedelai umumnya menggunakan proses membran ultrafiltrasi dengan bentuk konfigurasi serat berongga. Senyawa-senyawa yang tidak diinginkan mempunyai massa molar lebih kecil dari pada protein murni atau konsentrat lipid protein. Produk dari proses membran ini memiliki hasil protein lebih tinggi apabila dibandingkan dengan produk yang diperoleh dengan proses konvensional. Teknologi membran juga diaplikasikan pada pengolahan susu kedelai. Menurut survei Amerika Serikat tahun 2001 tentang pasaran produk pangan berbasis kedelai, susu kedelai mempunyai pasaran sekitar 80,2 % minuman non-dairy. Perdagangan susu kedelai meningkat dari USD 100 juta tahun 1995 menjadi USD 500 juta tahun 2000. Maksud penggunaan membran ultrafiltrasi/osmosa balik dalam pengolahan susu kedelai adalah menahan sebanyak mungkin protein berberat molekul tinggi dalam konsentrat dan meloloskan protein berberat molekul rendah dalam permeat. Penggunaan teknik ultrafiltrasi sebagai suatu tahapan pemekatan pada sistem operasi satuan merupakan pilihan yang lebih menarik dibandingkan teknik penguapan konvensional. Keuntungan sistem membran ultrafiltrasi adalah beroperasi tanpa pemakaian panas sehingga unsur-unsur anti nutrisi dan anti flavor, seperti inhibitor tripsin dan lipoksigenase tidak rusak. Retentat susu kedelai hasil proses membran ultrafiltrasi kemudian dijadikan bentuk bubuk dengan menggunakan teknik pengeringan kabutan.

### **Pengolahan produk susu**

Susu segar merupakan media kompleks yang mengandung komponen-komponen berberat molekul dengan kisaran lebar, seperti protein (whey, casein, peptide, asam amino), lemak (trigliserida), gula susu (laktosa), mineral (kalsium & fosfor) dan vitamin. Susu juga mengandung mikroorganisme, enzim (fosfatase, lipase, protease, oksidase xanthine) dan kemungkinan zat antibiotika serta kontaminan-kontaminan lain. Bahan pangan ini pada umumnya tidak memiliki daya tahan dan waktu simpan yang lama terutama apabila bahan tersebut dalam

keadaan segar. Mudah rusaknya bahan hasil hewan ini terutama disebabkan bahan tersebut mengandung banyak air (sekitar 85 %) yang merupakan komponen utama bagi pertumbuhan mikroorganisme. Pertumbuhan mikroorganisme pada susu bisa menimbulkan berbagai perubahan karakteristik susu, seperti pembentukan asam, pembentukan gas, pelendiran, perubahan lemak serta perubahan citarasa dan aroma. Jumlah mikroorganisme dalam susu dapat ditekan dengan menggunakan cara sterilisasi. Sterilisasi terhadap susu pada industri dairy sebagian besar menggunakan proses pasteurisasi. Pasteurisasi merupakan proses pemanasan susu pada temperatur 62 °C selama 30 menit atau 71 °C selama 15 menit. Dengan proses ini, bakteri termofil yang bersifat pathogen menjadi mati sehingga waktu simpan susu pada kondisi temperatur kamar dapat tahan sekitar 3 – 4 hari. Tetapi proses pasteurisasi konvensional ini mempunyai beberapa kekurangan, seperti kerusakan vitamin C pada susu, denaturasi protein, kerusakan setelah disimpan beberapa hari pada temperatur rendah. Guna mengatasi kekurangan pada proses pasteurisasi konvensional tersebut telah diterapkan sistem membran mikrofiltrasi atau sistem sterilisasi dingin. Sistem sterilisasi dingin ini sangat menarik untuk diterapkan dalam industri dairy karena dapat meningkatkan kualitas susu, seperti rasa, waktu simpan dan kandungan protein. Selain itu, proses sterilisasi berbasis membran ini mampu memisahkan mikroorganisme sampai 99,9 %, pemekatan kalsium fosfacaseinat dan isolasi casein.

Industri pengolahan susu menggunakan teknologi membran mulai diterapkan sejak tahun 1970 diantaranya fraksionasi susu menggunakan membran ultrafiltrasi, pembuatan keju dengan membran ultrafiltrasi, pemekatan susu dan whey dengan membran osmosa balik dan ultrafiltrasi, pemisahan mineral dalam whey menggunakan membran nanofiltrasi dan hasil olahan lainnya. Proses ultrafiltrasi bahan susu bertujuan untuk menahan protein, lemak dan garam-garam tidak larut dalam konsentrat sementara permeat mengandung laktosa dan garam-garam terlarut. Fraksionasi susu ini biasanya menggunakan membran jenis polisulfon (atau poliethersulfon). Apabila dibandingkan dengan membran berbasis selulosa asetat, membran polisulfon cenderung untuk membentuk fouling. Membran polisulfon mempunyai kemampuan beroperasi pada temperatur 50 – 55 °C dan tahan terhadap khlorin. Polarisasi konsentrasi sering terjadi pada ultrafiltrasi susu oleh karena itu digunakan kecepatan aliran melintang (arah kecepatan sejajar dengan permukaan membran). Padatan total maksimum yang bisa diperoleh dari teknik ultrafiltrasi berkisar antara 38 – 42 %. Teknik ultrafiltrasi telah diterapkan pada bidang peternakan modern untuk menghemat

biaya tempat berpendingin dan pengangkutan susu. Selain itu, produksi minuman berbasis susu menggunakan teknik ultrafiltrasi secara potensial merupakan peluang besar untuk dipasarkan. Hal yang menarik bahwa minuman tersebut mempunyai kandungan kalsium yang tinggi tetapi kandungan lemak dan kolesterol relatif rendah.

Proses pembuatan keju merupakan proses fraksinasi dimana protein (cesium) dan lemak dipekatkan dalam suatu raw curd, yaitu bahan dasar pembuatan keju sedangkan laktosa, mineral dan protein terlarut terbentuk sebagai whey. Jadi whey adalah fraksi yang terbentuk setelah proses koagulasi atau pemekatan susu selama proses pembuatan keju. Setiap 100 kg bahan susu yang digunakan pada proses pembuatan keju menghasilkan 10 – 20 kg keju dan 80 – 90 kg berupa whey. Dengan demikian, whey merupakan hasil samping dari industri pengolahan susu yang berpengaruh terhadap lingkungan apabila tidak ada pengolahan lebih lanjut. Penerapan teknologi membran secara efektif dapat dipergunakan untuk memisahkan komponen-komponen yang terdapat didalam whey, seperti lemak, protein, garam dan air. Sistem membran yang dipakai adalah mikrofiltrasi, ultrafiltrasi dan osmosa balik. Perbandingan antara proses pemekatan whey menggunakan sistem membran osmosa balik dan penguapan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan antara proses pemekatan whey menggunakan sistem membran osmosa balik dan penguapan.

Parameter	Membran Osmosa Balik	Penguapan
Kebutuhan uap	0	250 – 550 kg/lm <sup>3</sup> air yang diuapkan
Kebutuhan listrik	10 kWh/lm <sup>3</sup> air yang dihilangkan (kontinue) 20 kWh/lm <sup>3</sup> .air yang dihilangkan (batch)	Sekitar 5 kWh/lm <sup>3</sup> air yang dihilangkan
Penggunaan energi	3,6 kWh (6 – 12% padatan) 8,8 kWh (6 – 18% padatan) 9,6 kWh (6 – 20% padatan)	387 kWh, 1 efek (6 – 50% padatan) 90 kWh, 2 efek (6 – 50% padatan) 60 kWh, 7 efek (6 – 50% padatan)

Tenaga kerja	1 orang selama 4 jam/hari	2 orang selama operasi
Kebutuhan air pendingin	0 - 29300 kJ/lm <sup>3</sup> .air yang dihilangkan (kontinue) 0 - 58600 kJ/lm <sup>3</sup> .air yang dihilangkan (batch)	(1,2 - 5,2) 10 <sup>6</sup> kJ/lm <sup>3</sup> .air yang dihilangkan
Kapasitas	6 m <sup>3</sup> /hari	80 - 100 m <sup>3</sup> /hari
Konsentrasi produk akhir	Maksimum 30 % padatan total	Sampai dengan 60 % padatan total

Membran tersebut digunakan untuk memisahkan lemak, koagulan dan komponen-komponen lainnya. Bahan-bahan tersebut dapat dipakai kembali untuk meningkatkan hasil produksi pembuatan keju dan mentega. Pengolahan peptida-peptida protein whey sebagai bahan fungsional dan nutrisi dalam industri pangan, farmasi dan kosmetika telah memperoleh perhatian selama dua dekade terakhir ini. Hidrolisat protein harus selalu difraksinasi untuk mendapatkan peptida-peptida dengan nilai fungsional dan nutrisi lebih tinggi dalam bentuk lebih murni. Karena perbedaan sifat-sifat fisikokimia dari peptida-peptida ini selalu kecil, maka teknik pemisahan yang bisa membedakan perbedaan kecil dalam muatan, ukuran dan hidrofobisitas dari bahan-bahan mutlak diperlukan. Proses khromatografi bisa mencapai pemisahan demikian, tetapi proses tersebut secara luas tidak dipergunakan pada skala industri karena produktivitas rendah dan biaya tinggi. Teknik lain yang bisa menjanjikan adalah nanofiltrasi yang memisahkan solut berdasarkan muatan dan ukuran partikel solut.

### Produk minuman

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa cukup besar. Kelapa muda merupakan salah satu tumbuhan pantai yang mempunyai prospek dan peluang pasar cukup tinggi. Pemanfaatan kelapa di Indonesia disamping sebagai kopra juga diproses untuk pembuatan minyak kelapa. Didalam pemanfaatannya, terdapat berbagai sisa buangan (limbah), seperti batang kelapa, akar kelapa sabut, tempurung dan air kelapa. Selama ini, air kelapa yang berjumlah cukup besar belum dimanfaatkan secara optimal. Air kelapa mengandung gula bervariasi antara 1,7 - 2,1 %, protein bervariasi antara 0,07 - 0,55 % dan mineral kalium. Meskipun kandungan gula, protein dan kalium dalam jumlah yang rendah, tetapi pengolahan air kelapa untuk dimanfaatkan menjadi produk yang lebih baik merupakan suatu hal yang sangat penting. Dengan komposisi yang demikian ini, air kelapa

berpotensi dan berpeluang sebagai bahan baku produk pangan. Dengan menggunakan teknik membran, maka air kelapa dapat dipisahkan sehingga konsentrat air kelapa bisa dipakai sebagai minuman ringan, media fermentasi, media produksi nata de coco, minuman kesehatan dan lain-lain. Di Filipina air kelapa sudah dimanfaatkan secara besar-besaran pada proses pembuatan minuman, jelly, alcohol, dekstran, cuka dan nata de coco. Badan Pertanian Dunia (FAO) telah menemukan dan memperkenalkan teknologi membran mikrofiltrasi untuk mengolah air kelapa muda dengan suatu proses sterilisasi dingin sehingga air kelapa muda mampu dipertahankan karakteristiknya. Teknologi membran mikrofiltrasi sebenarnya bukan merupakan teknologi baru, tetapi untuk pengembangan (diversifikasi) penerapan. Pada prinsipnya, teknologi membran mikrofiltrasi beroperasi dengan melewatkan air kelapa muda melalui media penyaring (membran) yang terbuat dari bahan polimer poliakrilik. Dengan karakteristik yang tepat, membran akan mampu menahan semua mikroorganisme dan yang lolos lewat membran berupa permeal air kelapa muda yang steril. Karena prosesnya tidak menggunakan panas (temperatur tinggi), maka air kelapa steril yang dihasilkan tetap memiliki karakteristik aroma dan citarasa yang tetap segar. Teknologi ini memberikan prospek dan peluang bagi industri kelapa di Indonesia.

Buah mengkudu (*Morinda citrifolia*) yang semula merupakan jenis tanaman liar, kini telah menjadi suatu komoditas berharga yang diyakini berkhasiat untuk mengobati berbagai macam penyakit, seperti tekanan darah tinggi, kencing manis, sakit kuning, radang tenggorokan dan sebagainya. Buah mengkudu bisa dikonsumsi dalam bentuk buah segar atau saribuah. Menurut hasil penelitian, saribuah mengkudu mengandung berbagai jenis senyawa aktif, seperti anthraquinon (berfungsi sebagai bahan anti bakteri/anti jamur), terpenon (berfungsi sebagai peremajaan sel), damnachantal (berfungsi sebagai penghambat perkembangan sel kanker), xeronine (berfungsi sebagai pencegah kerusakan jantung akibat infeksi) dan lain-lain. Buah mengkudu tidak hanya mengandung senyawa aktif, tetapi juga mengandung asam-asam penghasil bau busuk, seperti asam askorbat, asam kaproat dan asam kaprik sementara asam kaprilat sebagai penyebab cita rasa buah tidak enak. Salah satu proses pengolahan buah mengkudu adalah secara fermentasi. Buah mengkudu yang berumur cukup tua dicuci dengan air, ditiriskan dan dihancurkan dengan alat penghancur (blender) sehingga akan terbentuk semacam bubur. Bubur tersebut disaring sehingga akan diperoleh saribuah mengkudu berwarna coklat kemerah-merahan yang masih berbau. Untuk

menghilangkan bau tersebut, kedalam satu liter saribuah mengkudu ditambahkan 1 – 2 sendok makan gula merah atau 1 sendok makan madu. Campuran tersebut disimpan dalam suatu wadah botol dan mulut botol ditutup dengan kain bersih atau plastik dan dibiarkan pada temperatur kamar selama 2 – 7 hari. Selama itu, saribuah mengkudu mengalami proses fermentasi. Proses fermentasi berlangsung aerob sehingga tidak menghasilkan komponen alkohol. Selama proses fermentasi aerob, senyawa-senyawa aktif penyebab bau busuk akan terurai, sehingga bau akan hilang. Meskipun bau sudah hilang, fermentasi tidak mempengaruhi khasiat senyawa aktif didalam saribuah mengkudu. Untuk mengolah lebih lanjut dan memurnikan saribuah mengkudu hasil fermentasi digunakan sistem membran. Salah satu tujuan proses menggunakan membran mikrofiltrasi adalah menahan komponen-komponen tertentu yang terdapat dalam suatu larutan. Dalam kebanyakan pemakaiannya, hal yang lebih diutamakan adalah komponen-komponen penting tertentu yang mampu menembus membran guna memperoleh kualitas permeal yang diharapkan. Pada pengolahan saribuah mengkudu terfermentasi menggunakan membran mikrofiltrasi, senyawa-senyawa penentu citarasa, warna, aroma dan lain-lain yang terkandung dalam saribuah mengkudu terfermentasi harus mampu menembus membran. Sedangkan komponen-komponen yang tidak dikehendaki, seperti sisa-sisa sel mikroba akan tertahan oleh membran. Selain itu, untuk memperoleh senyawa-senyawa aktif tertentu dapat digunakan sistem membran ultrafiltrasi, nanofiltrasi dan osmosa balik, tentunya harus mengetahui terlebih dahulu berat molekul senyawa aktif yang diinginkan dan ukuran pori-pori membran.

### **Produk buah-buahan & sayuran**

Perkembangan agroindustri di Indonesia cukup meningkat dan ditandai dengan keberhasilan dalam pengembangan beberapa jenis industri terutama dalam sub bidang pangan dan minuman yang mengolah bahan baku. Bahan baku bisa berasal dari hasil pertanian pangan, hortikultura dan perkebunan. Salah satu hasil agroindustri berupa komoditas buah-buahan tropika yang terdiri dari beranekaragam jenis, bentuk, citarasa, aroma dan warna. Buah-buahan yang dimaksud adalah jeruk, markisa, nenas, jambu biji, sirsak, mangga, tomat dan lain-lain. Sebagian besar hasil panen komoditas buah-buahan tersebut masih ditangani secara sederhana sehingga banyak yang rusak dan menimbulkan kerugian bagi para petani. Selain itu, pemanfaatan buah-buahan menjadi berbagai macam hasil

olahan akan menyelamatkan hasil panen yang melimpah dan memberikan nilai tambah.

Aplikasi teknik membran ultrafiltrasi dalam produksi saribuah apel berupa proses penjernihan. Apabila dalam air buah tidak dihilangkan kandungan pektinnya, maka paling tidak sebagian pektin mengotori permukaan membran dan laju dimana saribuah yang diproses menurun sangat cepat dan teknik membran ultrafiltrasi menjadi tidak ekonomis. Hal ini disebabkan pektin akan meningkatkan kekentalan. Bahan pektinase dapat ditambahkan ke tanki feed dan dibiarkan dalam sistem selama proses. Proses ini akan mengurangi pemakaian enzim hingga 70 %. Kinerja ultrafiltrasi terhadap saribuah apel bergantung pada varietas apel dan metode proses dan umumnya sekitar 95 – 98 % air buah dapat dimanfaatkan kembali sebagai air buah jernih. Dengan menggunakan membran ultrafiltrasi 25000 MWCO, tannin dibiarkan dalam air buah jernih yang menyatakan bahwa air buah tersebut berwarna brownish dan aroma yang tajam. Dengan memakai membran yang mempunyai pori-pori lebih halus, tannin dapat dipisahkan dan air buah jernih akan berwarna terang keemasan. Proses penjernihan saribuah apel menggunakan membran ultrafiltrasi akan menghasilkan warna yang lebih baik apabila dibandingkan dengan menggunakan rotary vacuum filter sehingga pembelian filter aid yang mahal juga bisa dihindari.

Keuntungan yang diperoleh dari proses penjernihan saribuah apel menggunakan membran ultrafiltrasi dibandingkan dengan proses penjernihan secara konvensional adalah saribuah apel memiliki kualitas tinggi terhadap aspek warna, kekeruhan, citarasa, perolehan kembali saribuah tinggi (sekitar 98,5 %), tidak memerlukan filter aid, kebutuhan tenaga kerja rendah (2-3 jam kerja per hari), biaya operasi rendah dan retention time pendek sekitar 2-7 menit. Konsentrat yang dihasilkan dapat digunakan sebagai pakan ternak sedangkan permeat hasil ultrafiltrasi selanjutnya bisa dipekatan lagi menggunakan membran osmosa balik. Pemekatan saribuah apel, seperti produk pangan lainnya, melibatkan pengurangan kandungan air guna mengurangi biaya pengemasan, penyimpanan dan pengangkutan. Selain itu, pemekatan saribuah apel menggunakan membran osmosa balik memberikan beberapa keuntungan dibandingkan dengan proses penguapan dan pembekuan, antara lain beroperasi pada temperatur rendah, kerusakan akibat pengaruh panas terhadap produk adalah minimal, kebutuhan energi rendah dan biaya operasi peralatan lebih rendah. Tujuan dari proses

pemekatan saribuah apel menggunakan membran adalah peningkatan senyawa-senyawa pemberi aroma, citarasa dan flavor dalam konsentrat. Membran yang dipakai untuk maksud ini bisa berupa selulosa asetat, poliamida dan komposit. Hasil pemekatan saribuah apel menggunakan membran osmosa balik selulosa asetat dan poliamida menunjukkan bahwa fluks berkisar antara 15-26,9 liter/m<sup>2</sup>.jam sementara rejeksi flavor, gula & asam serta aroma & citarasa dari saribuah apel terhadap membran masing-masing adalah 16,9 – 87 %, 98-99 % dan 80-90 %. Selain itu, kebutuhan energi untuk proses tersebut sekitar 7-8 kWh/m<sup>3</sup> air yang dipisahkan. Sedangkan contoh analisa hasil pemekatan saribuah apel menggunakan membran komposit ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Contoh analisa hasil pemekatan saribuah apel melalui membran komposit PCI AFC-99 berbentuk tabung/pipa.

	Umpan, ppm	Permeat, ppm	Rejeksi, %
Bahan Kering	122.700	327	99,7
Sukrosa	12.100	20,7	99,8
Glukosa	28.700	57,5	99,6
Fruktosa	65.400	130	99,8
Asam Malat	3.910	21,2	99,5
Asam Sitrat	341	0,9	99,8
Asam-asam Amino Bebas	276,4	<0,1	
Metil-Etil Butirat	0,97	<0,04	
Butil Butirat	0,1	<0,04	
Heksil Asetat	0,04	<0,04	
Keasaman Total, meq/liter	46,1	0,38	99,2
PH	3,95	5,13	

Salah satu komoditas hasil hortikultura dan perkebunan yang lain adalah jambu biji. Jambu biji merupakan salah satu jenis buah-buahan tropis yang diyakini berasal dari Peru dan Meksiko banyak ditanam dan dibudidayakan di Indonesia. Diluar negeri, jambu biji telah memperoleh penghargaan karena jambu biji



mengandung vitamin A cukup tinggi (60 mg/100 gr buah), vitamin C, B<sub>1</sub> dan B<sub>2</sub> serta mineral kalsium (37 gr/100 gr buah). Jambu biji dapat dimanfaatkan dalam bentuk buah segar, makanan kesehatan (untuk pengobatan penyakit demam berdarah, diare, disentri, demam dan gangguan pencernaan) serta air buah. Salah satu kendala penyebab minimnya pelaksanaan diversifikasi produk olahan jambu biji adalah masih terbatasnya penerapan teknologi pada kegiatan pengolahan lanjutan jambu biji. Selama ini proses pemekatan saribuah jambu biji dilakukan secara konvensional yaitu menggunakan cara penguapan. Dengan cara ini, diperlukan energi dan panas yang cukup besar untuk memekatkan saribuah. Akibat penggunaan cara penguapan, kemungkinan terjadi kerusakan senyawa-senyawa pemberi flavor, citarasa dan warna dari saribuah relatif besar. Guna mengatasi dan menangani keterbatasan penerapan teknologi pada pengolahan lanjutan jambu biji, maka telah diimplementasikan sistem proses pemekatan saribuah jambu biji menggunakan membran osmosa balik. Proses pemekatan saribuah jambu biji menggunakan membran komposit poliamida-polisulfon-polipropilen buatan DSS, Denmark dilakukan dengan mengalirkan umpan sari buah sejajar permukaan membran pada tekanan operasi 40 bar, temperatur 25 °C dan laju alir 5 liter/menit selama 210 menit. Hasilnya menunjukkan bahwa tingkat penolakan (rejeksi) gula, asam sitrat dan vitamin C terhadap membran masing-masing adalah 100 %, 98 % dan 88 %. Sedangkan hasil analisa sifat-sifat fisiko kimia dari umpan saribuah jambu biji 12 dan 16 °Brix serta konsentrat saribuah jambu biji ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Sifat-sifat fisiko kimia dari umpan saribuah jambu biji 12 dan 16 °Brix serta konsentrat saribuah jambu biji.

Sifat-sifat Fisiko Kimia	Saribuah Segar 12 °Brix	Konsentrat Saribuah	Saribuah Segar 16 °Brix	Konsentrat Saribuah
Padatan Terlarut Total, °Brix	12	26,6	16	26,0
Glukosa, %	12,36	27,68	15,97	25,29
Asam Sitrat, mg	0,5777	1,1999	0,7791	1,2001
Vitamin C, mg/100 ml	1,5677	2,6306	1,9594	2,5913
PH	3,46	3,40	3,43	3,35
Kekentalan, Cps	4,0	16,5	7,5	16,0
Berat Jenis, gr/ml	1,0492	1,1171	1,0825	1,1268

Proses pemekatan saribuah jeruk dengan cara penguapan dapat mengakibatkan penurunan kualitas produk, seperti menguapnya sebagian esen jeruk, perubahan aroma dan citarasa. Pilihan sistem pemekatan menggunakan membran dapat menggabungkan teknik ultrafiltrasi dan osmosa balik yang beroperasi pada temperatur kamar. Saribuah yang dihasilkan dari ekstraktor dan finisher dengan konsentrasi 12 °Brix dilewatkan melalui membran ultrafiltrasi. Retentat yang dihasilkan dari membran ultrafiltrasi disebut pulp. Sedangkan permeat yang dihasilkan masih berupa saribuah encer kemudian dilewatkan melalui membran osmosa balik. Retentat yang berasal dari membran osmosa balik selanjutnya dipekatkan dengan teknik penguapan. Dengan cara ini, beban energi operasi penguapan relatif lebih kecil dan waktu penguapan lebih singkat apabila dibandingkan dengan proses pemekatan konvensional dimana keseluruhan prosesnya menggunakan cara penguapan. Produk dari proses penguapan dicampur dengan pulp hasil ultrafiltrasi untuk menghasilkan konsentrat dengan konsentrasi 45 - 60 °Brix.

Markisa (Passion fruit) merupakan buah-buahan tropis yang telah lama dikenal karena kandungan senyawa flavor yang khas. Buah markisa biasa dikonsumsi dalam bentuk saribuah. Aroma yang tajam juga membuat saribuah markisa dipakai untuk beberapa formula produk pangan dan minuman. Pemekatan saribuah markisa dapat diproses menggunakan cara penguapan vakum. Namun demikian, perolehan kembali konstituen flavor yang mudah menguap selama penguapan merupakan hal yang esensial untuk mencegah terjadinya kerusakan flavor. Teknik pemekatan menggunakan membran telah dipakai untuk memekatkan sejumlah saribuah markisa oleh karena kebutuhan energi yang rendah. Modul yang digunakan berupa modul osmosa balik plate & frame dengan bahan membran terbuat dari selulosa asetat. Sistem ini bisa memekatkan padatan terlarut dan konstituen aroma dalam saribuah markisa masing-masing dari 16,8 menjadi 28 % dan 41,6 menjadi 69,1 %. Pemekatan saribuah markisa umumnya dilakukan dengan teknik osmosa balik. Sedangkan teknik ultrafiltrasi umumnya dianggap tidak mencukupi untuk proses pemekatan saribuah karena kemampuan penolakan yang rendah terhadap senyawa pemberi aroma mengingat porositas membran ultrafiltrasi cukup tinggi. Namun demikian, ada penelitian lain yang menyatakan bahwa beberapa senyawa flavor penting yang terdapat dalam saribuah markisa dapat dipisahkan dengan membran ultrafiltrasi. Hal ini mungkin karena menyangkut dengan makromolekul.

Indonesia merupakan salah satu negara tropis penghasil sayuran dengan keanekaragaman jenis, bentuk, rasa, warna, aroma dan warna yang khas. Banyak sayuran tidak mengenal musim yang tumbuh di Indonesia, seperti seledri, wortel, tomat, ketimun, bayam, sawi, kentang dan lain-lain. Manfaat sayuran sebagai sumber vitamin (A & C) dan mineral telah banyak diketahui meskipun kandungannya sangat rendah. Sementara kandungan terbesar dalam sayur berupa air yang bervariasi 65 – 92 %. Meskipun sayuran bukan merupakan sumber mineral utama, tetapi mineral itu sangat dibutuhkan oleh tubuh manusia, seperti zat besi, kalsium, kalium, fosfor dan lain-lain. Bahkan kandungan non-gizi (serat kasar) pada sayuran sangat berguna untuk melancarkan pencernaan sehingga zat-zat racun yang membahayakan kesehatan manusia bisa keluar dari tubuh. Sayuran yang dikonsumsi dalam keadaan segar akan berbeda kandungan vitaminnya apabila dibandingkan dengan sayuran yang tidak segar lagi. Cara penanganan yang kurang sempurna pada pasca panen, seperti masalah pengangkutan, kondisi penyimpanan dan kondisi proses pengolahan bisa menurunkan kandungan zat gizi sampai 50 %. Proses pengolahan sayuran telah mendapat perhatian dari para ahli gizi, tetapi pasarannya tidak sebesar pengolahan buah-buahan. Salah satu pengolahan sayuran adalah pembuatan jus dari sayuran, seperti seledri, tomat, wortel dan ketimun. Prinsipnya sayuran yang lunak ditekan, sarinya disaring dan kemudian hasil saringan diproses dengan sistem membran ultrafiltrasi. Selanjutnya, permeat yang berwarna jernih dipekatkan dengan menggunakan membran osmosa balik. Fluks hasil membran osmosa balik lebih rendah dari pada fluks hasil membran ultrafiltrasi serta fluks untuk wortel, seledri, tomat dan ketimun menggunakan membran ultrafiltrasi masing-masing adalah 30,5, 82,5, 295,7 dan 432 liter/m<sup>2</sup>.hari.

### **Produk hewani**

Gelatin merupakan suatu senyawa yang biasa dipakai dalam industri pangan karena mempunyai kemampuan untuk membentuk gel yang kuat dalam medium larutan. Gelatin dihasilkan melalui proses hidrolisis selektif kolagen. Kolagen (Berat Molekul 100.000) merupakan senyawa protein intraseluler pada jaringan kulit dan tulang hewan. Jadi, gelatin diproduksi dari kulit atau tulang hewan melalui proses ekstraksi dengan bantuan asam atau enzim. Proses ekstraksi dilakukan dengan penambahan larutan asam fosfat sekitar 4 – 7 %. Ekstrak yang dihasilkan memiliki kandungan protein sekitar 2 – 5 % dan sejumlah besar abu.

Pada proses konvensional, peralatan penukar ion digunakan untuk memisahkan ion-ion dari garam terlarut dan digabungkan dengan peralatan penguapan untuk proses pemekatan. Proses membran mempunyai peluang untuk menggantikan kedua proses tersebut. Keuntungan proses membran ultrafiltrasi adalah modul tersebut mampu melewatkan garam-garam terlarut sebagai permeat dan sekaligus memekatkan gelatin, menggunakan energi yang relatif kecil sehingga aspek ekonomi akan menguntungkan. Gelatin secara luas dipergunakan sebagai perekat dalam preparasi farmasi, produk fotografik dan dessert. Fluks yang dihasilkan dari membran poliethersulfon dan polisulfon bervariasi masing-masing sebesar 4 – 18 liter/m<sup>2</sup>.jam dan 10 - 60 liter/m<sup>2</sup>.jam dengan kisaran konsentrasi gelatin 3 – 20 %.

Biota laut, seperti rumput laut, dapat menghasilkan bahan-bahan lain yang bernilai sangat tinggi, antara lain alginat, karaginan, sorbitol dan manitol. Karaginan yang dihasilkan dari ekstraksi rumput laut merah merupakan jenis polisakarida yang mempunyai berat molekul berkisar antara 100.000 – 1.000.000. Karaginan dapat meningkatkan kekentalan larutan dan membentuk gel yang bisa bereaksi dengan kasein sehingga karaginan banyak digunakan dalam pembuatan gel susu. Proses konvensional yang biasa digunakan untuk memekatkan karaginan adalah proses penguapan. Energi yang diperlukan untuk proses penguapan adalah sekitar 30 – 50 kWh/m<sup>3</sup> air yang dipisahkan. Sedangkan pilihan lain yang lebih efektif untuk menggantikan proses penguapan adalah dengan menggunakan teknik membran ultrafiltrasi. Bahan membran ultrafiltrasi yang biasa dipakai adalah polisulfon dan polamida. Kestabilan fluks dapat dipertahankan untuk waktu yang lama didalam proses pemisahan. Fluks yang stabil ini merupakan salah satu kinerja yang penting pada proses produksi biota laut secara besar-besaran. Keunggulan proses membran ultrafiltrasi adalah lamanya waktu operasi bisa meminimalkan pemakaian bahan-bahan kimia. Kebutuhan energi untuk proses pemekatan dengan membran lebih rendah daripada proses penguapan yaitu sekitar 20 – 30 kWh/m<sup>3</sup> air yang dipisahkan.

## **ASPEK EKONOMI**

Guna memilih bentuk konfigurasi modul membran yang akan diterapkan, maka dipandang perlu untuk mengkaji pertimbangan beberapa aspek ekonomi (perhitungan harga), aspek teknologi serta aspek operasi dan pemeliharaan (cara

operasi). Biasanya pemilik proses menawarkan sistem peralatan dalam bentuk paket terpasang. Pertimbangan aspek ekonomi mencakup biaya investasi (lokasi, lahan, konstruksi, peralatan, utilitas, biaya tak terduga) dan biaya operasi (energi, membran, buruh & overhead, spare part, bahan kimia, filter dan lain-lain). Sedangkan pertimbangan aspek teknologi menyangkut proses dan bahan yang akan diterapkan serta kebutuhan energi. Kebutuhan energi untuk sistem membran harus seminimal mungkin karena berhubungan dengan biaya produksi. Energi yang dipakai dalam system membran berfungsi sebagai penggerak pompa guna mendorong fluida menembus membran. Pertimbangan aspek operasi dan pemeliharaan meliputi kemudahan dan fleksibilitas sistem operasi termasuk kemudahan start-up, kemampuan beroperasi, kemudahan pembersihan, pemeliharaan dan perbaikan.

## **PELUANG DAN TANTANGAN**

Perdagangan bebas mulai memasuki Indonesia, banyak dijumpai beranekaragam komoditas konsentrat saribuah yang diimpor dari luar negeri. Di Indonesia, bahan konsentrat tersebut diproses lebih lanjut menjadi minuman saribuah dengan tingkat kemanisan tertentu. Indonesia bisa mengembangkan berbagai jenis produk olahan pangan karena Indonesia memiliki lahan subur yang bisa menghasilkan produk pertanian, hortikultura dan perkebunan. Produk olahan pangan yang dimaksud enzim, dekstrin, dekstran, protein, soya, putih telur, gelatin, whey, susu, pektin, agar-agar, karagenan, saribuah & sayuran, nira tebu, hidrolisat pati, fruktosa.

Teknologi membran diharapkan mampu diterapkan di bidang pangan menggantikan sebagian teknologi konvensional agar bisa membantu memecahkan beberapa masalah kualitas produk, konsumsi energi, lingkungan dan ekonomi sehingga mampu memberikan keuntungan bagi industri pangan. Sementara kendala aplikasi membran untuk proses pemekatan ditandai dengan adanya keterbatasan berupa polarisasi konsentrasi (lapisan hasil penumpukan partikel pada permukaan membran) dan penyumbatan pada matriks membran oleh partikel-partikel. Kendala tersebut bisa menurunkan kinerja membran sehingga proses

pemisahan, pemurnian dan pemekatan memerlukan waktu yang lama dan menjadi tidak efisien sehingga terjadi pemborosan energi dan biaya operasi.

Masalah dalam mengembangkan industri membran adalah masih lemahnya penguasaan teknologi pembuatan membran akibatnya kita harus tergantung pada impor. Padahal di Indonesia telah berdiri pabrik polimer (bahan baku pembuatan membran) dan pabrik permesinan (manufaktur). Sementara beberapa lembaga penelitian di Indonesia telah mengembangkan membran dan aplikasinya tetapi hanya sebatas skala laboratorium.

Untuk bersaing dalam era perdagangan bebas, kita perlu meningkatkan kemampuan dalam mengembangkan keunggulan teknologi membran dengan berbasis pada HAKI. Langkah-langkah inovasi produk unggulan yang bersaing perlu dilakukan dengan memperhatikan rambu-rambu perlindungan HAKI dan ketentuan WTO sebelum kita terlibat dalam AFTA (2003), APEC (2010) dan perdagangan bebas (2020).

## **PENUTUP**

1. Dalam proses industri, pilihan akhir dari proses pemisahan selalu menghasilkan keterkaitan antara faktor-faktor ekonomi, hasil yang diinginkan dan hasil pemanfaatan kembali dari produk serta tergantung pada berbagai hambatan dan kondisi, seperti kemungkinan keterpaduan dengan proses-proses lain, kapasitas yang diinginkan dan komposisi dari fluida yang akan diproses;
2. Oleh karena penerapan teknologi membran pada industri pangan relatif baru, maka penelitian dan pengembangan yang mengarah pada permintaan pasar serta evaluasi ekonomi perlu dilakukan untuk meyakinkan kepada para pengguna skala besar;
3. Untuk menerapkan teknologi membran pada bidang pangan, hal-hal yang harus dipertimbangkan adalah jenis bahan yang akan dipisahkan, jenis

- konfigurasi modul, harga, ketahanan terhadap fouling, bahan kimia, mikroorganisme, tekanan operasi dan ketersediaan membran di pasaran;
4. Untuk pengembangan teknologi membran di Indonesia, perlu didirikan pabrik membran guna mendukung proses produk pangan menggunakan membran karena sampai saat ini modul dan membran itu sendiri masih didatangkan dari luar negeri sehingga sangat tergantung pada pasokan impor.

#### DAFTAR PUSTAKA

10. Richard D. Noble & S. Alexander Stern, *Membrane Separations Technology: Principles and Applications*, Elsevier Science, Amsterdam, 1996, 37, 415, 424, 447, 452, 453, 457.
11. W.S. Winston Ho & Kamalesh K. Sirkar, *Membrane Handbook*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1992, 3, 4, 356, 401.
12. K. Scott, *Handbook of Industrial Membranes*, Elsevier Advanced Technology, Oxford, 1995, 28, 729, 730, 731, 743, 747 & 754.
13. David Sleeman, *Profile on the International Membrane Industry*, Elsevier Advanced Technology, Oxford, 1996, 14, 16, & 18.
14. Anonim, *The Filtration Spectrum*, Corporate Headquarters Osmonics, Inc., USA, 1996.
15. Ratih Dewanti, d.k.k., *Kajian Kebijakan Iptek Bagi Pengembangan Diversifikasi Produk Pangan Pokok*, Pusat Kajian Makanan Tradisional, IPB, Bogor, 2001.
16. J.A. Howell, V. Sanchez & R.W. Field, *Membranes in Bioprocessing : Theory and Applications*, Chapman & Hall, London, 1993, 18 & 19.
17. Takeshi Matsuura, *Synthetic Membranes and Membrane Separation Processes*, CRC Press, Boca Raton, 1994, 305, 309, 310, 311, 314 & 315.
18. Mark C. Porter, *Handbook of Industrial Membrane Technology*, Noyes Publications, New Jersey, 1990, 114, 237 & 238.

19. Anonim, *Operating Manual DSS Plant*, Danish Separation Systems, Denmark, 2000.
20. Shri K. Sharma, Steven J. Mulvaney & Syed S. H. Rizvi, *Food Process Engineering : Theory and Laboratory Experiments*, Wiley-Interscience, New York, 2000, 164.
21. Richard W. Hartel & Arun V. Shastry, *Sugar Crystallization in Food Products*, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1(1) 1991, 49 & 50.
22. Hadi Sangkanparan, Cynthia L. Radiman & Bunbun Bundjali, *Pembuatan Membran, Serat Berongga dan Berbagai Modul untuk Klarifikasi Nira Tebu*, KIPNAS VI, PUSPIPTEK, Serpong, 11 – 15 September 1995, 3.
23. Anonim, *Pohon Industri Jagung*, Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah-LPI, 2001.
24. Agus Sudibyo, Tiurlan F. Hutajulu & Juli Astuti, *Teknologi Membran dan Penerapannya dalam Industri Pengolahan Jagung*, *Warta AKAB* No. 12, 1998, 67.
25. Y. Pouliot, M.C. Wijers, S.F. Gauthier & L. Nadeau, *Fractionation of Whey Protein Hydrolysate using Charged UF/NF Membranes*, *Journal of Membrane Science* 158, 1999, 105.
26. A.S. Grandison & M.J. Lewis, *Separation Processes in the Food and Biotechnology Industries : Principles and Applications*, Technomic Publishing Co. Inc., 1996, 1, 2, 3, 90, 91, 121 & 125, 127, 149.
27. J.L. Maubois, *New Applications of Membrane Technology in the Dairy Industry*, *Australia Journal of Dairy Technology*, 1990, 91 & 92.
28. Purwiyatno Hariyadi, *Air Kelapa Muda sebagai Minuman Isotonik Alami*, *Harian Untuk Umum KOMPAS*, 11 Juli 2002, 28.
29. Frank Kosikowski, *New Cheese – Making Procedures Utilizing Ultrafiltration*, *Food Technology*, Juni 1986, 74.
30. Emma S. Wirakusumah, *Juice Buah dan Sayur suatu Alternatif Pengganti Soft Drink*, *Majalah PANGAN*, No. 26, Vol. VII, 1996, 49, 51.



31. Anang Lukmana, Strategi Pengembangan Industri Hasil Olahan Buah-buahan dalam Rangka Diversifikasi Pangan, *Majalah PANGAN*, No. 26, Vol. VII, 1996, 35.
32. I.G. Wenten & Lusiawati, Keberadaan Teknologi Membran dalam Industri Pangan dan Minuman, *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia dan Proses, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Diponegoro*, 2000, F.15.4 & F.15.7.
33. Aspiyanto, d.k.k., Uji Kinerja Modul Membran Lab Unit M20 DSS untuk Proses Pemekatan Saribuah Jambu Biji, *Jurnal Penelitian Kimia Alchemy, Jurusan Kimia – UNS, Surakarta*, Vol. 1, No. 1, Maret 2002, 70 & 71.
34. Emmawati Junus, HAKI Sebagai Suatu Asset, *Simposium Fisika Nasional XVIII, Himpunan Fisika Indonesia & Pusat Penelitian Fisika – LIPI, PUSPIPTEK, Serpong*, 25 – 27 April 2000, 1 & 4.
35. Zer Ran Yu & Been Huang Chiang, Passion Fruit Juice Concentration by Ultrafiltration and Evaporation, *Journal of Food Science*, Vol. 51, No. 6, 1986, 1501.
36. Munir Cheryan, *Ultrafiltration Handbook*, Technomic Publishing Co. Inc., Lancaster, 1986, 257, 268, 269, 276, 277 & 278.
37. Anonim, Soy : From Pulp to Pastry, *Asia Pacific Food Industry*, Juni 2002, 52.
38. H.G. Ang, P.N. Aw, W.L. Kwik & C.Y. Theng, Ultrafiltration of Soymilk and Its Effects on the Quality of the Spray Dried Product, *Chemistry Department, National University of Singapore*, 255.
39. H. Unus Suriawiria, *10 Tanaman Berkhasiat Sebagai Obat*, Papas Sinar Sinanti, Jakarta, 2002, 13, 18.
40. A.P. Bangun & B. Sarwono, *Khasiat & Manfaat Mengkudu*, Agro Media Pustaka, April 2002, 13, 23, 24, 48, 49.