

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dadih adalah salah satu makanan tradisional berupa susu fermentasi khas Indonesia yang telah dikenal sebagai probiotik. Dadih dikenal sebagai pangan tradisional masyarakat Sumatra Barat. Di tempat asalnya, dadih dibuat dari susu kerbau yang difermentasi secara alami di dalam sepotong ruas bambu segar selama 48 jam. Fermentasi dilakukan oleh bakteri asam laktat (BAL) yang terdapat pada bambu yang digunakan sebagai tempat fermentasi. Hasil isolasi BAL pada dadih terdiri dari 36 strain genus *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc*, dan *Lactococcus* (Ngatirah *et al.*, 2000, Pato, 2003).

Kendala dalam fermentasi yang dilakukan secara alami adalah sulitnya mengatur kondisi proses produksi untuk menghasilkan rasa, aroma, dan tekstur yang konsisten dari dadih. Salah satu upaya untuk menjaga konsistensi rasa dan mempercepat proses produksi dadih adalah dengan penggunaan *starter* yang ditambahkan pada proses produksi. *Starter* yang biasanya digunakan untuk membuat susu fermentasi (*yoghurt*) adalah *starter* cair (*bulk starter*) (Dave dan Shah, 1997, Ace dan Supangkat, 2006). Namun, kendala penggunaan *starter* jenis ini adalah tidak tahan disimpan pada suhu ruang dalam waktu yang lama sehingga harus selalu dilakukan peremajaan atau perawatan kultur. Proses penyimpanan kultur cair memerlukan biaya yang mahal dan penanganan kultur yang intensif agar kemampuan atau efektifitas kerja BAL dalam memfermentasi substrat tetap baik. Cara lain yang telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan pada kultur cair adalah dengan membuat kultur kering (*dry starter*).

Proses untuk membuat *starter* kering biasanya dilakukan dengan teknik enkapsulasi. Selain untuk mendapatkan bentuk serbuk (*powder*), enkapsulasi juga dimaksudkan untuk melindungi BAL probiotik dari kondisi lingkungan yang ekstrim seperti pH rendah, adanya H₂O₂, garam empedu (*bile salts*), serta kompetisi bakteri lain dalam sistem pencernaan (Frazier dan Westhoff, 1998). Teknik enkapsulasi biasanya dilakukan dengan menggunakan *freeze dryer* (Sharma dan Arora, 1995, Harmayani *et al.*, 2001) dan *spray dryer* (Picot dan Lacroix, 2004, Yulinery *et al.*, 2006, Triana *et al.*, 2006). Penggunaan *freeze dryer* untuk enkapsulasi probiotik dapat lebih menjaga viabilitas sel karena menggunakan suhu rendah, sedangkan penggunaan *spray dryer* untuk enkapsulasi probiotik melibatkan suhu proses yang tinggi mencapai 80 – 160 °C yang dapat menyebabkan viabilitas sel menurun. Namun, penggunaan *freeze dryer* dan *spray dryer* memerlukan biaya dan energi yang besar serta waktu proses yang lama jika menggunakan *freeze dryer*. Teknik enkapsulasi lain yang melibatkan suhu rendah (suhu ruang), murah, tidak toksik dan mudah adalah teknik enkapsulasi menggunakan alginat (Ivanova *et al.*, 2000, Sultana *et al.*, 2000, Widodo *et al.*, 2003, Purwandhani *et al.*, 2007, Castilla *et al.*, 2009, Heidebach *et al.*, 2009, Vidyalakshmi *et al.*, 2009).

Enkapsulasi probiotik menggunakan alginat merupakan salah satu teknik melindungi sel dengan cara penambahan bahan enkapsulan berupa alginat yang melindungi komponen aktif (sel bakteri) melalui pembentukan kapsul atau matriks. Larutan alginat yang ditambahkan dengan suspensi sel BAL probiotik yang diteteskan ke dalam larutan CaCl₂ akan menghasilkan matriks gel berbentuk manik-manik (*bead*). Pembentukan matriks tersebut terjadi secara lembut dalam suhu ruang antara kation divalen (Ca²⁺) dengan molekul alginat membentuk ikatan silang

(Cardenas *et al.*, 2003). Akan tetapi, adanya *chelating agents* seperti fosfat, laktat, dan sitrat, lingkungan yang asam serta adanya panas dapat menyebabkan ketidakstabilan dari *beads* yang dihasilkan. Beberapa *treatment* khusus yang dapat dilakukan untuk meningkatkan stabilitas *beads* adalah dengan penambahan *cryoprotectants* seperti gliserol, ikatan silang dengan polimer kation (seperti *polyethyleneimine* dan *glutaraldehyde*), penyalutan dengan citosan, dan pencampuran dengan pati (Krasaekoopt *et al.*, 2003).

Penggunaan pati sebagai bahan tambahan enkapsulasi pada matriks alginat adalah yang paling potensial diterapkan di Indonesia. Selain banyak tersedia, pati juga cukup murah. Jenis pati yang biasanya ditambahkan dalam proses enkapsulasi probiotik menggunakan alginat adalah dengan penambahan pati jagung (*Hi-maize*). Penggunaan pati jagung untuk bahan enkapsulan juga belum berpengaruh secara signifikan terhadap peningkatan viabilitas probiotik dalam lingkungan asam dan garam empedu. Selain itu, fermentasi berjalan lebih lambat dibandingkan starter yang tidak dienkapsulasi (Sultana *et al.*, 2000). Pati jagung komersil juga sulit didapat. Oleh karena itu, perlu dicari alternatif bahan pati-patian lain yang memiliki sifat lebih baik serta keberadaan yang cukup melimpah dan mudah didapat.

Jenis pati yang banyak terdapat di Indonesia adalah pati singkong (tapioka). Dengan penambahan pati singkong sebagai bahan pengisi (*filler*) pada suspensi alginat diharapkan dapat meningkatkan stabilitas *beads* alginat yang nantinya akan meningkatkan viabilitas sel selama penyimpanan dan proses produksi. *Bead* alginat yang terbentuk dapat diubah menjadi bentuk serbuk dengan proses pengeringan. Metode pengeringan sederhana yang dapat dilakukan dengan biaya yang murah dan cepat adalah dengan pengeringan oven. Penambahan pati singkong nantinya diharapkan dapat meningkatkan stabilitas matriks alginat, mempertahankan viabilitas sel selama proses pengeringan *starter* dan pembuatan dadih, penyimpanan, maupun selama dalam jalur pencernaan serta menghasilkan waktu fermentasi yang cepat karena sifat pati singkong yang sedikit larut dalam air.

Disisi lain, dadih memiliki tekstur yang lebih kental dibandingkan dengan *yoghurt*. Hal ini dikarenakan perbedaan komposisi antara susu kerbau yang memiliki total padatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan susu sapi. Dadih memiliki rasa dan aroma yang lebih khas dibandingkan dengan *yoghurt*. Akan tetapi, untuk dapat memproduksi dadih secara masal diperlukan pasokan susu kerbau yang kontinyu. Salah satu alternatif untuk mengatasi kurangnya pasokan susu kerbau adalah menggunakan susu sapi yang telah ditingkatkan total padatannya dengan menghilangkan kandungan air didalamnya dengan cara menguapkan kandungan air pada susu sapi (*toning*). Hasil penelitian Azria (1986) diketahui bahwa dadih dapat dibuat dari susu sapi yang diuapkan dengan evaporator vakum sampai 30%, 50%, dan 70 % dari volume awal (v/v). Melalui penggunaan susu sapi yang telah ditingkatkan kandungan padatannya diharapkan produksi dadih dapat berlangsung secara kontinyu jika hendak diproduksi secara masal untuk kegiatan komersil.

Tujuan

Tujuan dari penulisan karya ilmiah ini adalah :

1. Memberikan informasi mengenai potensi dadih untuk dikembangkan sebagai produk susu fermentasi lokal yang dapat dikomersialkan.
2. Memberikan informasi mengenai desain sederhana proses produksi *starter* kering yang dapat diaplikasikan dengan mudah dan murah.

3. Memberikan informasi mengenai proses produksi dadih dari susu sapi.
4. Memberikan rancangan strategis peran lembaga-lembaga yang terkait dalam implementasi proses produksi *starter* kering oleh masyarakat lokal.

Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari gagasan ini adalah meningkatkan nilai tambah dari dadih yang dihasilkan oleh pengrajin lokal melalui penyediaan kultur kering untuk proses produksi dadih. Selain itu, dengan adanya *starter* kering diharapkan dapat memudahkan proses produksi dadih dan menghasilkan dadih dengan tekstur, rasa, dan aroma yang konsisten. Penggunaan susu sapi untuk menggantikan susu kerbau juga diharapkan dapat menggantikan susu kerbau yang pasokannya sangat terbatas.

GAGASAN

Susu fermentasi saat ini berfungsi sebagai salah satu pangan fungsional yang memiliki efek positif bagi kesehatan. Salah satu produk susu fermentasi tradisional khas Indonesia adalah dadih. Secara umum dadih memiliki karakteristik yang khas dibandingkan *yoghurt*. Dadih memiliki rasa yang asam dengan aroma perpaduan bambu dan susu serta berwarna kekuning-kuningan dan tekstur yang kental. Dadih yang disukai konsumen adalah dadih yang berwarna putih, bertekstur lembut dan memiliki aroma yang spesifik (Sisriyenni dan Zurriyati, 2004).

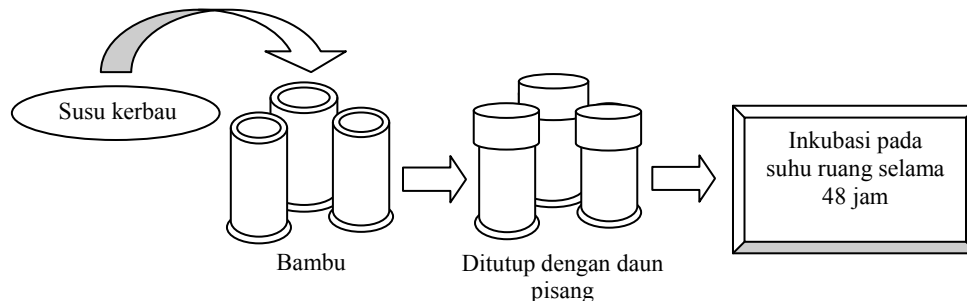
Rasa, aroma, warna dan tekstur dadih sangat dipengaruhi oleh proses pembuatannya. Pembuatan dadih memerlukan kedisiplinan yang tinggi, ke higienisan dan sanitasi karena melibatkan bakteri dalam proses pembuatannya (Sari, 2007). Sampai dengan tahun 2009, produksi dadih masih dilakukan dengan proses yang sangat sederhana dan tidak memperhatikan aspek ke higienisan dan sanitasi. Padahal, jika proses produksi dadih dapat dikembangkan dengan baik dan benar, hal ini akan dapat meningkatkan nilai tambah dadih dan memberikan tambahan penghasilan kepada pengrajin dadih.

Peluang dadih untuk dikembangkan menjadi produk susu fermentasi yang dikembangkan secara komersil sangatlah besar. Dadih dipasarkan di pasar terdekat/lokal melalui pedagang pengumpul (Sirait dan Setiyanto, 1995). Dengan teknologi yang sederhana saat ini, susu kerbau yang diolah menjadi dadih dapat memberikan tambahan penghasilan sekitar Rp 30.000 – Rp 32.000/hari kepada pengrajin dadih. Namun, untuk dapat memproduksi dadih secara komersil dalam jumlah yang lebih besar perlu adanya teknologi agar dadih yang dihasilkan memiliki mutu yang konsisten dengan rasa, aroma, warna dan tekstur yang dapat diterima konsumen. Agar dapat dikembangkan dengan baik, maka yang perlu diperhatikan adalah mata rantai produksi dadih mulai dari susu sebagai bahan baku, proses produksi hingga sampai ke tangan konsumen.

Proses Produksi Dadih secara Tradisional

Dadih merupakan produk olahan susu tradisional yang ada di Indonesia dan pangan khas daerah Sumatra Barat. Dadih tergolong susu fermentasi seperti *yoghurt* dan kefir (Sirait, 1993). Akan tetapi, dadih terbuat dari susu kerbau yang difermentasikan secara alami pada suhu kamar selama dua malam (Sugitha, 1995).

Dadih yang diproduksi di Sumatra Barat, dibuat dengan bahan dasar susu kerbau yang difermentasi di dalam tabung bambu dan tanpa penambahan *starter* lalu ditutup dengan daun pisang. Fermentasi pada dadih diperkirakan dilakukan oleh mikroorganisme yang dapat berasal dari bambu (Azria, 1986, Zakaria *et al.*, 1998), daun pisang serta susu kerbau (Yudoamijoyo *et al.*, 1983).



Gambar 1. Proses pembuatan dadih secara tradisional (Sirait, 1993)

Sampai saat ini dadih masih terbuat secara tradisional dan belum ada standar proses pembuatan, sehingga pada setiap pembuatan dadih di berbagai daerah akan diperoleh dadih dengan kualitas berbeda-beda dalam hal rasa, aroma, dan tekstur (Sirait, 1993). Selain itu dalam produksi dadih secara tradisional tidak ditambahkan *starter*, sehingga konsistensi rasa, aroma dan tekstur sulit untuk dijaga pada produksi berikutnya. Proses pembuatan dadih secara tradisional dapat dilihat pada Gambar 1. Menurut Sirait (1993), dadih yang baik adalah berwarna putih dan memiliki aroma dan konsistensi seperti susu asam (*yoghurt*).

Berbeda dengan *yoghurt* pada umumnya yang terbuat dari susu sapi, bahan baku utama dadih terbuat dari susu kerbau. Susu kerbau memiliki konsentrasi total padatan yang lebih tinggi dibandingkan susu sapi. Perbedaan komposisi susu sapi dengan susu kerbau dapat dilihat pada Tabel 1. Unsur utama pada susu adalah laktosa yang mempunyai peranan penting dalam industri susu. Hal ini dikarenakan laktosa mudah diuraikan oleh bakteri (Eckles *et al.*, 1984).

Tabel 1. Komposisi susu sapi dan susu kerbau dari beberapa spesies (dalam %)

Spesies	Dalam susu					Dalam total padatan			
	Air	Lemak	Padatan non lemak			Lemak	Padatan non lemak		
			Pro	Lak	Abu		Pro	Lak	Abu
Sapi	87,20	3,70	3,50	4,90	0,70	28,90	27,34	38,28	5,47
K. Arab	82,09	7,96	4,86	4,86	0,78	44,44	23,23	27,14	4,36
K. Cina	76,80	12,60	3,70	3,70	0,86	54,31	26,03	15,94	3,71
K. Filipina	78,46	10,35	4,32	4,32	0,84	48,05	27,30	20,06	3,90
K. india	82,46	7,38	5,48	5,48	0,78	42,81	20,88	31,78	4,52

Keterangan : K = kerbau, Pro = protein, Lak = laktosa

Sumber : Henderson (1971)

Perbedaan komposisi bahan baku susu fermentasi akan menghasilkan produk dengan komposisi yang berbeda pula. Menurut Yudoamijoyo *et al.* (1983), dadih memiliki kandungan lemak dan protein yang lebih tinggi dibandingkan *yoghurt* yang dibuat dari susu sapi (Tabel 2). Hasil analisis proksimat pada dadih yang dilakukan Sirait *et al.* (1995) menunjukkan hasil yang bervariasi dengan rata-rata kadar air 82,10%, kadar protein 6,99%, kadar lemak 8,08%, dan pH 4,99.

Tabel 2. Komposisi kimia *yoghurt* dan dadih (dalam %)

	pH	T.A	Protein	Lemak	Karbohidrat	Abu	Kadar air
<i>Yoghurt</i>	3,4	1,490	3,91	0,07	4,32	0,92	90,78
Dadiah A	4,1	1,278	5,93	5,42	3,34	0,96	84,35
Dadiah B	4,0	1,320	7,57	6,48	3,79	1,13	81,03

Keterangan : T.A = *titrable acidity* (sebagai asam laktat)

Kadar air = 100% - total bahan kering (%)

A dan B adalah sampel dadih yang berasal dari daerah berbeda

Sumber : Yudoamijoyo *et al.* (1983)

Proses terjadinya dadih melibatkan berbagai macam mikroorganisme. Secara tradisional, kemungkinan terbesar mikroorganisme tersebut berasal dari bambu yang digunakan sebagai wadah pembuatan dadih atau dari susu kerbau. Bambu yang umum digunakan untuk pembuatan dadih adalah bambu gombang (*Gigantochloa verticillata*) dan bambu ampel (*Bambusa vulgaris*) (Azria, 1986).

Proses pembuatan dadih yang masih dilakukan secara tradisional menyebabkan kualitasnya bervariasi. Penelitian yang dilakukan Sirait dan Setiyanto (1995) yang dilakukan di Kabupaten Agam dan Solok di Provinsi Sumatra Barat menghasilkan kandungan nutrisi yang berbeda seperti yang diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan nutrisi dadih di Kabupaten Agam dan Solok Sumatra Barat

Komposisi kimia	Kabupaten Agam	Kabupaten Solok
Kadar air (%)	82,40	81,79
Protein (%)	7,06	6,91
Lemak (%)	8,17	7,98
Abu(%)	0,91	0,90
pH	4,81	4,76
Keasaman	1,28	1,32

Sumber : Sirait dan Setiyanto (1995)

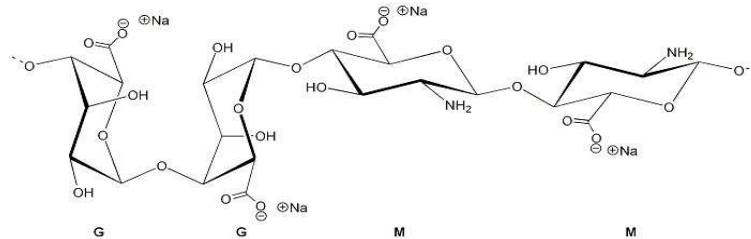
Disisi lain, perkembangan teknologi pengolahan lahan pertanian telah menggantikan fungsi ternak kerbau dengan mesin traktor pertanian, sehingga populasi ternak kerbau di Sumatra Barat sebagai sumber bahan baku dadih populasinya menurun. Kondisi tersebut berdampak pada penurunan jumlah pengrajin dadih di Sumatra Barat (Setiyanto dan Zulbardi, 2005). Oleh karena itu, terbatasnya pasokan susu kerbau menjadi kendala dalam proses produksi dadih.

Selain pasokan susu kerbau, kendala lainnya yang dihadapi dalam proses produksi dadih adalah tidak adanya *starter* yang dapat langsung digunakan oleh pengrajin untuk memproduksi dadih. Adanya *starter* dalam proses produksi sangat penting untuk mengendalikan karakteristik mutu dadih yang diinginkan serta dapat mempercepat proses produksi dan dihasilkan produk yang konsisten. Oleh karena itu, diperlukan teknologi pembuatan *starter* yang murah dan mudah diterapkan.

Enkapsulasi Probiotik

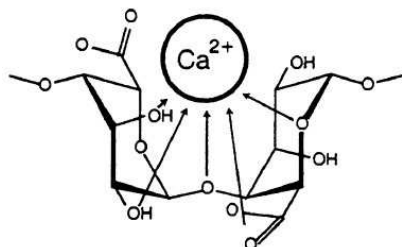
Enkapsulasi adalah proses atau teknik untuk menyalut suatu senyawa aktif (dapat berupa padatan, cairan, gas, ataupun sel) dengan suatu material tertentu yang dapat mengurangi kerusakan senyawa aktif tersebut. Enkapsulasi pada probiotik merupakan suatu cara untuk meningkatkan ketahanan atau viabilitas sel probiotik selama proses pembuatan produk, penyimpanan (Capela *et al.*, 2006, Krasaekoopt *et al.*, 2006), dan jalur pencernaan (pH rendah dan cairan empedu) (Sultana *et al.*, 2000).

Bahan dasar yang digunakan untuk enkapsulasi probiotik umumnya adalah alginat. Alginat tergolong salah satu contoh hidrokoloid alami. Alginat merupakan kopolimer rantai lurus dari residu asam β -(1-4)-D-manuronat (M) dan asam α -(1-4)-L-guluronat (G) yang membentuk homopolimer M atau G dan blok heteropolimer MG (Cardenas *et al.*, 2003). Struktur molekul alginat dapat dilihat pada Gambar 2. Garam alginat larut dalam air, tetapi mengendap dan membentuk gel pada pH lebih rendah dari tiga. Alginat dapat membentuk gel (formasi *egg-box*), film, manik (*beads*), pelet, mikropartikel, dan nonao partikel (Ferreira *et al.*, 2007). Oleh karena itu, gel alginat dapat digunakan sebagai penyalut.



Gambar 2. Struktur molekul natrium alginat (ptp2007.files.wordpress.com)

Gel alginat terbentuk jika ditambahkan kation divalen (misalnya Ca^{2+}) yang berfungsi sebagai penaut silang antar molekul alginat (Cardenas *et al.*, 2003). Ikatan yang terbentuk antara Ca^{2+} dengan alginat dapat dilihat pada Gambar 3. Proses pembentukan kapsul menggunakan alginat berlangsung pada kondisi yang lembut, sehingga tidak merusak bahan yang disalutnya (Bregni *et al.*, 2000). Kelebihan tersebut memungkinkan alginat digunakan sebagai enkapsulan sel probiotik. Enkapsulasi probiotik menggunakan alginat dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu metode ekstrusi (*droplet method*) dan metode emulsi (*two phase system*). Kedua metode tersebut mampu meningkatkan ketahanan bakteri probiotik.



Gambar 3. Pengaruh kation Ca^{2+} terhadap struktur alginat (blog.khymos.org)

Metode ekstrusi dilakukan dengan cara menyiapkan larutan hidrokoloid natrium alginat dan ditambahkan mikroorganisme probiotik, kemudian dimasukkan ke dalam jarum suntik atau *syringe needle* dan meneteskannya ke dalam larutan CaCl_2 sehingga terbentuk *beads*. Ukuran dan bentuk *beads* yang dihasilkan bergantung pada diameter jarum. Sedangkan metode emulsi dilakukan dengan menyuspensikan sebagian kecil polimer (alginat) ke dalam minyak nabati seperti minyak kedelai, minyak bunga matahari, minyak conola, atau minyak jagung, kemudian dihomogenisasi dalam bentuk *water in oil* (w/o). Emulsi tersebut akan membentuk droplet. Ukuran *beads* pada metode emulsi ditentukan oleh ukuran droplet emulsi yang terbentuk. Ukuran droplet emulsi dapat dikontrol dengan kecepatan pengadukan saat emulsifikasi (Krasaekoopt *et al.*, 2003).

Penelitian Terdahulu mengenai Enkapsulasi Probiotik

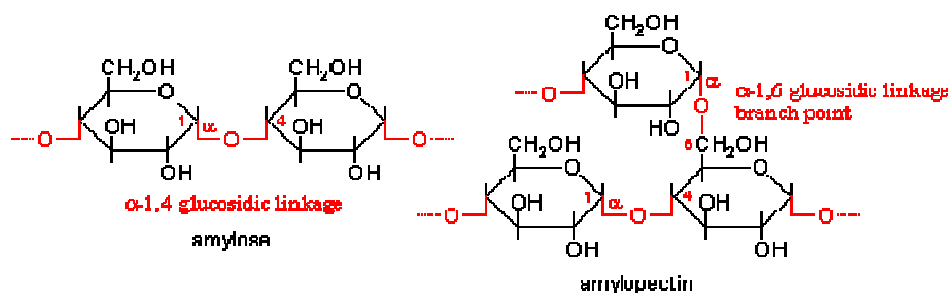
Upaya untuk meningkatkan viabilitas probiotik telah banyak dilakukan. Peningkatan viabilitas probiotik selama proses produksi, penyimpanan, dan terhadap kondisi pencernaan banyak dilakukan dengan penggunaan *cryoprotectant* dan enkapsulasi menggunakan skim, alginat ataupun prebiotik. Beberapa penelitian mengenai enkapsulasi probiotik menggunakan alginat adalah sebagai berikut :

1. Capela *et al.* (2000), melakukan enkapsulasi *L. acidophilus* dan *L. casei* dengan metode emulsi menggunakan 3% alginat dan CaCl_2 0,1 M pada 200 rpm. Proses enkapsulasi memberikan peningkatan viabilitas probiotik pada *yoghurt* selama pengeringan beku dan setelah penyimpanan selama enam bulan pada suhu 4 dan 21 °C.
2. Krasaekoopt *et al.* (2006), melakukan enkapsulasi *L. acidophilus* 547 (koleksi kultur di University of Queensland, Australia), *L. casei* 01 (produksi Chr. Hansen Pty Ltd., Australia), dan *B. bifidum* ATTC 1994 (CSIRO starter koleksi kultur, Australia) dengan metode ekstrusi menggunakan alginat 2% yang diberi perlakuan khusus dengan penyalutan sitosan 0,4% untuk meningkatkan stabilitas *beads*. Viabilitas sel terenkapsulasi lebih besar 1 siklus log selama penyimpanan 4 minggu dibandingkan dengan sel bebas (tidak dienkapsulasi).
3. Purwandhani *et al.* (2007), melakukan enkapsulasi *L. acidophilus* SNP 2 dengan metode ekstrusi dan emulsi satu lapis menggunakan alginat 3% dan CaCl_2 0,1 M serta enkapsulasi dua lapis (*double coating*) dengan penambahan skim sebagai lapis pertama. Enkapsulasi dengan metode emulsi menghasilkan ukuran *beads* yang lebih kecil (50 – 100 μm) dibandingkan metode ekstrusi (2,5 – 4mm). Sel probiotik terenkapsulasi memiliki ketahanan terhadap panas yang lebih tinggi dibandingkan sel bebas. Metode ekstrusi menghasilkan ketahanan sel yang lebih tinggi dibandingkan metode emulsi.
4. Widodo *et al.* (2003), melakukan enkapsulasi *L. casei* dengan metode emulsi menggunakan alginat 1% dengan penambahan 2% *pollard* dan 2% tepung terigu dan CaCl_2 5%. Enkapsulasi dengan *pollard* menghasilkan viabilitas *L. casei* lebih tinggi ($2,4 \times 10^8$ sel/ml) dibandingkan dengan tepung terigu ($9,3 \times 10^7$ sel/ml). Laju pengasaman dalam mencapai pH 4,5 pada *L. casei* terenkapsulasi lebih lambat 1 jam dibandingkan *L. casei* bebas.
5. Sultana *et al.* (2000), melakukan enkapsulasi *Bifidobacterium* dan *L. casei* dengan metode emulsi menggunakan alginat 2%, CaCl_2 0,1 M, dan dengan perlakuan khusus berupa penambahan *resistant starch* pati jagung (Hi-maize, Starch Australia Ltd) sebanyak 2%. Hasil menunjukkan bahwa sel terenkapsulasi belum dapat melindungi sel dari kondisi pH rendah dan garam empedu.
6. Nazzaro *et al.* (2009), melakukan enkapsulasi *L. acidophilus* dengan metode ekstrusi menggunakan alginat 2%, CaCl_2 0,05 M, dan dengan perlakuan khusus berupa penambahan 1% prebiotik inulin dan 0,15% xanthan gum. *L. acidophilus* terenkapsulasi memiliki kemampuan tumbuh baik dalam jus wortel dan bertahan selama 8 minggu penyimpanan pada suhu 4 °C. Enkapsulasi mampu meningkatkan viabilitas sel selama fermentasi dan penyimpanan (6×10^{12} dan 4×10^{10} untuk probiotik terenkapsulasi vs 2×10^8 untuk probiotik bebas). Selain itu enkapsulasi dengan alginat-inulin-xanthan gum mampu meningkatkan viabilitas sel secara signifikan dibandingkan sel bebas.
7. Castilla *et al.* (2010), melakukan penelitian mengenai sifat tekstur dari enkapsulasi *L. casei* dengan metode ekstrusi menggunakan alginat : pektin (1:2,

1:4, dan 1:6). Hasil menunjukkan bahwa diameter *beads* meningkat seiring dengan peningkatan proporsi pectin. Penggunaan alginat : pectin dengan perbandingan 1:4 dan 1:6 mampu meningkatkan viabilitas sel pada simulasi kondisi pencernaan.

Pati Singkong sebagai Filler pada Matriks Alginat

Pati adalah polisakarida yang terbentuk dari sejumlah molekul glukosa dengan ikatan α -glikosidik. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak terlarut disebut amilopektin (Winarno, 1992). Struktur amilosa merupakan struktur lurus dengan ikatan α -(1,4)-glukosidik, sedangkan amilopektin merupakan struktur bercabang terdiri dari ikatan α -(1,4)-glukosidik dengan titik percabangan α -(1,6)-glukosidik (Wilbrahan dan Matta, 1992).



Gambar 4. Struktur amilosa dan amilopektin (www.chemie.uni-regensburg.de)

Pati singkong (tapioka) didapat dengan cara mengekstrak umbi singkong menggunakan air. Rendemen tapioka sekitar 11% dengan sekitar 6 % dari berat kering (Juliana, 2007). Pati singkong berbentuk granula berwarna putih dengan ukuran diameter yang bervariasi antara 4 – 35 μm dan rata-rata 20 μm . Granula ini berbentuk mangkuk (cup) dan sangat kompak, tetapi selama pengolahan granula tersebut akan pecah menjadi komponen-komponen yang tidak teratur bentuknya (Swinkels, 1985). Granula pati akan mengembang dalam air panas atau hangat. Pengembangan tersebut disebabkan karena melemahnya ikatan hidrogen pada molekul amilosa dan amilopektin sehingga air mudah berpenetrasi ke dalam granula. Saat suhu kembali turun, maka air akan terikat secara simultan.

Granula pati bersifat semi-kristal yang terdiri dari bagian amorphous dan bagian kristal, dimana unit kristal pati lebih tahan terhadap perlakuan-perlakuan kimia daripada unit amorph. Daerah amorf atau daerah yang kurang padat merupakan daerah pertama yang mudah dimasuki air dan senyawa-senyawa yang larut dalam air. Bagian kristal dari granula pati tahan terhadap serangan enzim maupun asam, sedangkan bagian amorphous sangat labil terhadap serangan enzim maupun asam. Amilopektin diduga merupakan komponen pati yang menimbulkan sifat-sifat kristalisasi. Sifat pati singkong yang memiliki bagian yang tahan terhadap perlakuan kimia diharapkan dapat melindungi bakteri probiotik yang terperangkap dalam matriks Ca-alginat-tapioka sehingga viabilitas sel tetap tinggi saat kondisi lingkungan yang ekstrim, sedangkan daerah yang larut air pada pati singkong diharapkan dapat menyebabkan sebagian sel yang terperangkap keluar dari matriks (*release*) saat proses fermentasi sehingga fermentasi nantinya berjalan cepat. Selain itu pati singkong merupakan pati yang banyak terdapat di Indonesia dan mudah dibuat dengan bahan baku yang melimpah. Hal ini lebih menjamin ketersediaan pati

singkong sebagai *filler* dibandingkan dengan pati jagung yang belum banyak beredar di pasar

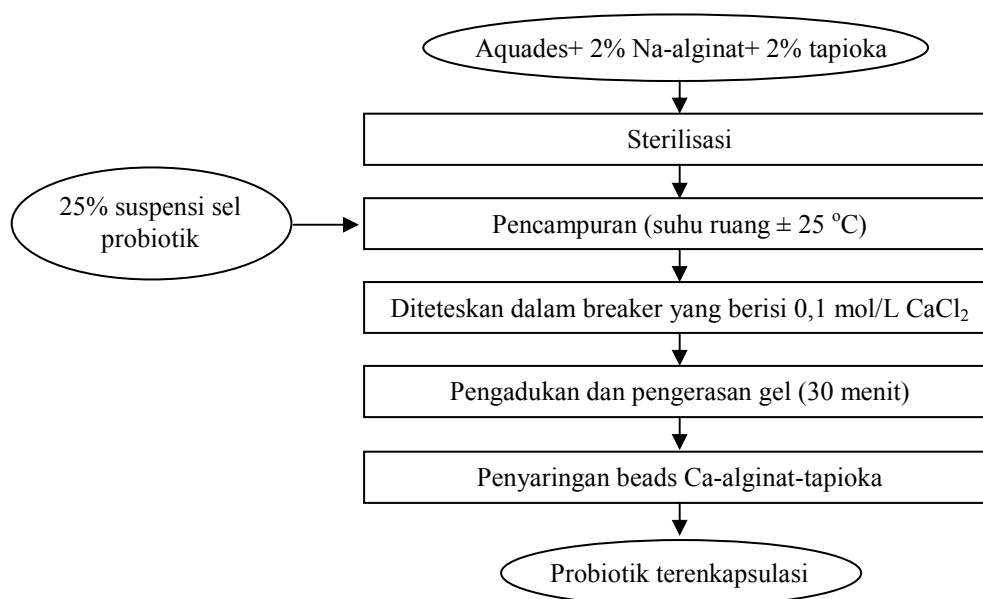
Desain Produksi *Starter Kering*

Starter yang digunakan dalam pembuatan dadih dapat menggunakan *strain* BAL probiotik yang telah diisolasi dari dadih seperti *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus brevis*, dan *Lactococcus lactis* (Hosono *et al.*, 1989 di dalam Pato 2003) maupun jenis bakteri asam laktat lainnya seperti *Bifidobacterium longum*, *Lactobacillus acidophilus*, *Streptococcus thermophilus*, maupun *Lactobacillus bulgaricus*.

Dadiah yang dihasilkan oleh setiap daerah memiliki karakteristik tekstur, aroma, dan rasa yang berbeda. Perbedaan ini disebabkan karena perbedaan jenis BAL probiotik yang ada pada dadiah. Sunarlim *et al.* (1999) melakukan penelitian mengisolasi BAL dalam dadiah yang berasal dari Sumatra Barat yang hasilnya adalah *Lactobacillus plantarum* sebagai bakteri yang paling dominan.

Untuk dapat menghasilkan dadiah dengan rasa yang sesuai maka perlu terlebih dahulu melakukan isolasi bakteri lalu membuat kultur tunggal. Setelah didapat kultur tunggal barulah kultur diperbanyak (produksi biomassa). Dalam memperbanyak biomassa akan lebih menguntungkan dengan menggunakan substrat yang murah namun dapat menghasilkan jumlah sel yang sama dengan media komersil.

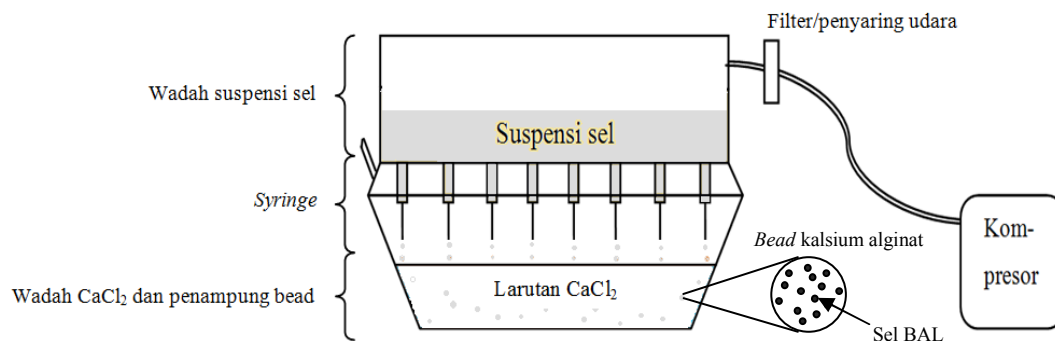
Produksi biomassa BAL probiotik dapat dilakukan dengan menggunakan media air kelapa dan glukosa yang diperkaya dengan ekstrak tauge 10%. Inkubasi *L. Acidophilus* dalam media air kelapa dan glukosa yang diperkaya ekstrak tauge 10% selama 18 jam pada suhu 35 °C meningkatkan sel sebanyak 2 siklus log dan menghasilkan peningkatan yang sama dengan menggunakan *yeast* ekstrak (Purwandhani *et al.*, 2007). Setelah sel diperbanyak, kemudian dilakukan proses enkapsulasi sel dengan suspensi alginat. Proses enkapsulasi dilakukan dengan metode ekstrusi (Purwandhani *et al.*, 2007). Proses enkapsulasi secara rinci dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Proses enkapsulasi dengan metode ekstrusi

Konsentrasi alginat yang biasa digunakan untuk enkapsulasi adalah 2% (Sultana *et al.*, 2000, Krasaekoopt *et al.*, 2006, Nazzaro *et al.*, 2009). Pada penelitian yang dilakukan Chen *et al.* (2006), konsentrasi optimum enkapsulan yang digunakan adalah alginat 3% dengan penambahan Fruktooligosakarida (FOS) 3% dan peptide 1%. Akan tetapi, untuk penggunaan alginat-pati yang telah banyak dilakukan adalah konsentrasi alginat 2% dan pati 2% (Sultana *et al.*, 2000).

Proses pembuatan sel probiotik terenkapsulasi Ca-alginat-tapioka dengan metode ekstrusi dapat dilakukan menggunakan *syringe* atau dengan wadah yang memiliki lubang pengeluaran berupa jarum *syringe* ukuran 0,4 – 0,8 mm pada bagian dasar wadah dan diberi tekanan untuk menghasilkan tetesan-tetesan (*droplet*) suspensi sel alginat-tapioka. Kapasitas produksi dapat disesuaikan dengan jumlah *syringe* pada bagian wadah. Semakin banyak jarum *syringe* yang dipasangkan, jumlah beads yang dihasilkan juga akan meningkat per satuan waktu. Desain alat untuk meneteskan suspensi alginat-tapioka-sel probiotik dapat dilihat pada Gambar 6.



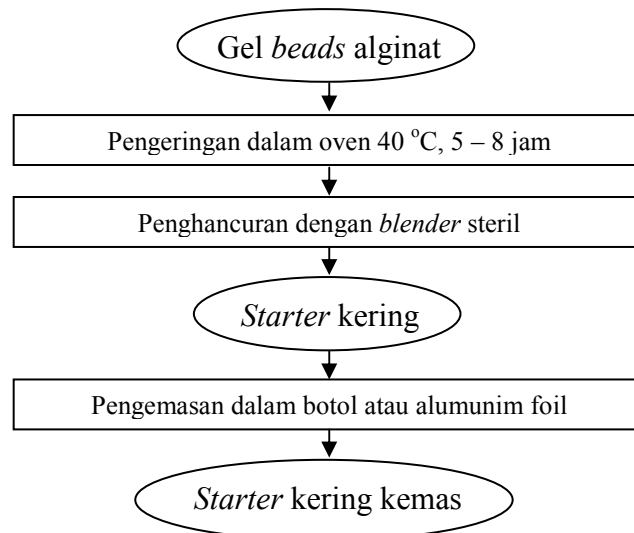
Gambar 6. Desain alat pembentuk *beads* kalsium alginat untuk enkapsulasi probiotik

Saat tetesan suspensi masuk ke dalam larutan pengeras (CaCl_2), maka tetesan tersebut akan menjadi gel berbentuk manik-manik (*beads*). Gel dibiarkan mengeras (gelifikasi) didalam CaCl_2 dengan waktu optimal pengerasan 30 menit (Shariff *et al.* 2007), kemudian disaring. Setelah dilakukan penyaringan akan didapatkan *beads* dengan ukuran 2 – 3 mm, bergantung pada ukuran jarum dan konsentrasi alginat yang digunakan (Jankowski *et al.*, 1997). Semakin besar ukuran jarum yang digunakan, ukuran *beads* yang dihasilkan juga akan semakin besar. Demikian halnya dengan peningkatan konsentrasi yang berimplikasi pada peningkatan ukuran *beads*.

Sel probiotik akan terperangkap dalam matriks atau pori-pori yang terbentuk akibat ikatan silang ion kalsium dengan molekul alginat. Pori-pori tersebut juga terisi oleh tapioka. Adanya tapioka yang menjadi bahan pengisi (*filler*) diharapkan dapat melindungi sel dari lingkungan yang ekstrim.

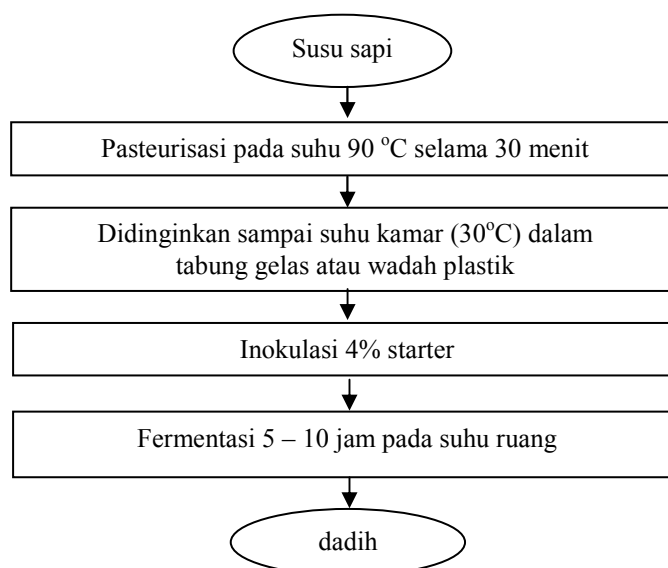
Setelah didapatkan gel *beads* alginat, proses berikutnya adalah pengeringan *beads*. Pengeringan dapat dilakukan dengan menggunakan *freeze dryer*, *microwave*, oven (*hot air oven*) atau oven vakum (Shariff *et al.* 2007). Diantara cara tersebut, cara yang paling mudah adalah dengan menggunakan *hot air oven*. Diagram alir pengeringan menggunakan oven untuk mendapatkan *starter* kering dapat dilihat pada Gambar 7. Agar proses pengeringan tetap mempertahankan viabilitas sel, maka proses pengeringan harus dilakukan pada suhu pertumbuhan BAL probiotik yang dienkapsulasi. Sebagai contoh, *Bifidobacterium* memiliki suhu optimum 37 – 41 °C (Shah, 2007), sehingga pengeringan dapat dilakukan pada suhu 40 °C atau tidak melebihi suhu 41°C. Pada saat pengeringan, ruangan pengering harus tetap dijaga

steril. Proses pengeringan ini dipengaruhi oleh ukuran *beads* yang dihasilkan. Semakin kecil *beads* yang dihasilkan maka waktu pengeringan akan semakin singkat karena luas permukaan *beads* secara keseluruhan lebih besar. Setelah didapat *beads* kering kemudian dihaluskan dengan *blender* steril dan disimpan dalam botol atau aluminium foil.



Gambar 7. Proses pengeringan dan pengemasan untuk mendapatkan *stater* kering

Produksi dadih di daerah asalnya masih menggunakan susu kerbau. Sedikitnya ketersediaan bahan baku susu kerbau dapat menjadi hambatan dalam memproduksi dadih secara luas. Saat ini, susu kerbau untuk membuat dadih dapat digantikan dengan susu sapi yang telah di-*toning* 50% untuk menguapkan air sebanyak 50% bobot awal susu. Hasil penelitian Alase (1994) di dalam Sugiyanto (2005) menyatakan bahwa penguapan sebesar 50% adalah yang paling baik karena mempunyai komposisi susu yang mendekati komposisi susu kerbau. Dengan dilakukannya *toning* maka total padatan susu akan meningkat. Selain bahan baku susu sapi yang cukup melimpah, penggunaan susu sapi sebagai bahan baku dadih memiliki keunggulan dalam hal memasarkan produk di luar wilayah Sumatra Barat nantinya.



Gambar 8. Proses pembuatan dadih dari susu sapi

Sugitha (1998) melakukan modifikasi proses produksi dadih dengan menggunakan susu sapi yang dipasturisasi selama 30 menit untuk memekatkan mendapatkan total padatan yang menyerupai susu kerbau dan dilakukan dalam wadah gelas dengan penambahan starter *Streptococcus lactis* yang diisolasi dari serbuk bambu. Pemekatan susu sapi dapat dilakukan dengan cara pemanasan pada suhu 90 °C selama 30 menit karena proses ini selain membunuh bakteri patogen juga dapat meningkatkan presentase padatan susu. Kultur starter diinokulasi (4%) ke dalam susu yang telah didinginkan terlebih dahulu sampai suhu kamar (30°C) dan difermentasi selama 5 – 10 jam hingga susu mengental.

Pihak yang Terlibat dalam Pengembangan *Starter* Kering

Pihak yang terlibat dalam realisasi untuk mengaplikasikan teknologi pembuatan starter kering dengan metode enkapsulasi kalsium alginat dan penambahan *filler* pati singkong adalah lembaga penelitian. Lembaga penelitian sangat berperan dalam mencari kondisi proses yang optimum untuk enkapsulasi sel probiotik dengan alginat dan tapioka. Selain itu setiap daerah memiliki rasa dan aroma yang khas, oleh karena itu perlu diidentifikasi bakteri probiotik dominan pada setiap dadih yang dihasilkan di beberapa daerah di Sumatra Barat melalui proses isolasi bakteri pada dadih. Setelah didapat jenis bakteri dominan, maka bakteri tersebut nantinya menjadi kultur yang akan dienkapsulasi.

Faktor yang sangat berpengaruh dalam memproduksi *starter* kering adalah konsentrasi alginat, konsentrasi tapioka, dan suhu pengeringan. Lembaga penelitian berperan untuk mencari kondisi optimum agar proses enkapsulasi berjalan efisien. Setelah kondisi proses optimum didapatkan, proses berikutnya adalah transfer teknologi kepada pengrajin dadih mengenai proses produksi kultur kering dan penggunaan susu sapi sebagai bahan baku dadih.

Produksi dadih saat ini masih menggunakan peralatan yang sederhana sehingga ke higienisan dan sanitasi kurang terjaga. Oleh karena itu, peran pemerintah sangat diperlukan dalam penyediaan peralatan produksi guna menunjang proses produksi dadih yang lebih higienis.

KESIMPULAN

Proses produksi dadih secara tradisional tanpa menggunakan *starter* mengakibatkan mutu dadih yang tidak konsisten. Dalam mendukung pengembangan dadih lebih luas, maka diperlukan teknologi dalam pengadaan *starter* dadih. Pengadaan *starter* untuk produksi dadih dapat dilakukan dengan metode enkapsulasi menggunakan alginat dengan penambahan *filler* tapioka. Penambahan *filler* berupa tapioka akan meningkatkan viabilitas sel selama proses produksi, penyimpanan dan selama dikonsumsi.

Penggunaan susu kerbau sebagai bahan baku dadih memiliki kendala pada terbatasnya pasokan bahan baku susu kerbau. Penggunaan susu kerbau untuk pembuatan dadih dapat digantikan dengan menggunakan susu sapi yang telah ditingkatkan kandungan total padatannya dengan proses evaporasi. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan kandungan total padatan yang menyerupai susu kerbau.

Melalui pengadaan *strater* kering yang mudah di produksi, murah dan mampu menjaga efektivitas kerja bakteri, diharapkan kualitas dadih dapat lebih

konsisten sehingga menjadi produk yang memiliki nilai jual tinggi. Penggunaan *starter* pada proses pembuatan dadih juga akan mempercepat proses fermentasi sehingga waktu produksi menjadi lebih singkat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ace, I. S dan S. Supangkat. 2006. Pengaruh konsentrasi starter terhadap karakteristik yoghurt. *Jurnal Penyuluhan Pertanian* 1(1): 28 – 33.
- Azria, D 1986. Mikrobiologi dalam Pembuatan Dadih Susu Sapi. *Skripsi* Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Bregni, C *et al.* 2000. Alginat microspheres of *Bacillus subtilis*. *Ars Pharm* 41: 245 – 248.
- Capela, P., T. K. C. Hay dan N. P. Shah. 2006. Effect of cryoprotectant, prebiotics, and microencapsulation on survival of probiotic organism in yoghurt and freeze-dried yoghurt. *Food Resaearch International* 39: 203 – 211.
- Cardenas, A., Monal W. A., Goycoolea F. M., Ciapara I. H. dan Peniche C. 2003. Diffusion through membranes of the polyelectrolyte complex of chitosan and alginat. *Macromol Biosci* 3: 535 – 539.
- Castilla, O. S., C. L. Calleros, H. S. Garcia Galindo, J. A. Ramirez, E. J. Vernon carter. 2010. Textural properties of alginate-pectin beads and survivability of entrapped *Lb. casei* in simulated gastrointestinal condition and in yoghurt. *Food Research International* 43: 111 – 117.
- Dave, R. I. dan Nagendra Shah P. 1997. Viability of yoghurt and probiotic bacteria in yoghurt made from commercial starter cultures. *International Dairy Journal* 7: 31 – 41.
- Eckles, C. H., W. B. Combs and H. Mucy. 1984. *Milk and Milk Product 4th ed.* New Delhi: Mc Graw Hill Publishing Co, LTD.
- Ferreira, D *et al.* 2007. Alginat/chitosan nanoparticles are effective for oral insulin delivery. *Pharmaceutical Res* 24: 2198 – 2206.
- Frazier, W. C. dan D. C. Westhoff. 1998. *Food Microbiology 4th ed.* Singapore: Mc Graw-Hill Book Co.
- Harmayani, E., Ngatirah, E. S. Rahayu, dan T. Utami. 2001. Ketahanan dan viabilitas probiotik bakteri asam laktat selama proses pembuatan kultur kering dengan metode *freeze* dan *spray drying*. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 7(2): 126 – 132.
- Heidebach, T., P. Forst, dan U. Kulozik. 2009. Microencapsulation of probiotic cells by means of rennet-gelation of milk protein. *Food Hydrokoloid* 23: 1670 – 1677.
- Henderson, J. L. 1971. *The Fluid Milk Industry*. Newyork: The AVI Publishing Company Inc., Westport.
- Ivanova, E., V. Chipeva, I. Ivanova, X. Dousset, dan D. Poncelet. 2000. Encapsulation of lactic acid bacteria in calcium alginate beads for bacteriocin production. *Journal of Culture Collections* 3: 53 – 58.
- Jankowski, T., M. Zielinska, dan A. Wszakowska. 1997. Encapsulation of lactic acid bacteria with alginat/starch capsule. *Biotechnol. Tech.* 11: 31 – 34.

- Juliana, Ribka. 2007. *Resistant Starch* Tipe III dan Tipe IV Pati Singkong (*Manihot esculanta*), Suweg (*Amorphous campanulatus*), dan Ubi jalar (*Ipomea batatas* L.) sebagai Prebiotik. *Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Krasaekoopt, W., Bhesh Bhandari, dan Hilton C. Deeth. 2003. Evaluation of encapsulation techniques of probiotik yoghurt. *International Dairy Journal* 13: 3 – 13.
- Krasaekoopt, W., Bhesh Bhandari, dan Hilton C. Deeth. 2006. Survival of Probiotic Encapsulated in chitosan-coated alginate beads in yoghurt from UHT- and conventionally treated milk during storage. *LWT* 39: 177 – 183.
- Nazzaro, F., F. Fratianni., R. Coppola, A. Sada, P. Orlando. 2009. Fermentatif ability of alginate-prebiotic encapsulated *Lactobacillus acidophilus* and survival under simulated gastrointestinal condition. *Journal of Fungsional Food* 1: 319 – 323.
- Ngatirah, Eni Harmayani, E. S. Rahayu, dan Tyas Utami. 2000. Seleksi Bakteri Asam Laktat sebagai Agensia Probiotik yang Berpotensi Menurunkan Kolesterol. *Prosiding Seminar Nasional Industri Pangan*. Surabaya, 10 – 11 Oktober 2000. Vol 2: 63 – 67.
- Pato, Usman. 2003. Potensi bakteri asam laktat yang diisolasi dari dadih untuk menurunkan resiko penyakit kanker. *Jurnal Natur Indonesia* 5(2): 162 – 166.
- Picot, A. dan C. Lacroix. 2004. Encapsulation of bifidobacteria in whey protein-based microcapsules and survival in simulated gastrointestinal condition and in yoghurt. *International Dairy Journal* 14: 505 – 515.
- Purwandhani, S. N., Made Suladra, dan E. S. Rahayu. 2007. Stabilitas Thermal Agensia Probiotik *L. acidophilus* SNP 2 Terenkapsulasi Metode Ekstrusi dan Emulsi. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi*. Yogyakarta, 24 November 2007, E1 – E6.
- Sari, N. K. 2007. Tren dan Potensi Susu Fermentasi. www.calpico.co.id
- Setiyanto, H. dan M. Zulbardi. 2005. Dadih, Kendala dan Pemecahannya. *Prosiding Seminar Teknologi Inovatif Pasca Panen untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. Bogor.
- Shah, Nagendra P. 2007. Functional cultures and health benefits. *International Dairy Journal* 17: 1262 – 1277.
- Shariff, A., Manna P. K., Paranjhothy K. L. K., dan Manjula M. 2007. Entrapment of andrographolide in cross-linked alginate pellets: I. Formulation and evaluation of associated release kinetics. *Pak. J. Pharm. Science* 20(1): 1 – 9.
- Sharma, N. K. Dan C. P. Arora. 1995. Influence of product thickness, chamber pressure and heating conditon on production rate of freeze-dried yoghurt. *Int. J. Refrig.* 18(5): 297 – 307.
- Sirait, C. H. 1993. Pengolahan Susu Tradisional untuk Perkembangan Agroindustri Persusuan di Pedesaan. *Laporan Hasil Penelitian*. Balai Penelitian Ternak. Ciawi, Bogor.
- Sirait, C. H., H. Setiyanto, Triyantini, dan R. Sunarlim. 1995. Evaluasi Mutu Dadih di Daerah Produsen. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Peternakan*. Balai Penelitian Ternak, Ciawi. Bogor 25 – 26 Oktober 1995.

- Sisriyeni, D dan Zurriyati. 2004. Kajian kualitas dadih susu kerbau di dalam bambu dan tabung plastik. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian* 7(2): 171 – 179.
- Sugianto. 2005. Karakteristik mikrobiologi dadih susu sapi hasil fermentasi bakteri probiotik yang disimpan pada suhu berbeda. *Skripsi*. Fakultas peternakan IPB.
- Sugitha, I Made. 1995. Dadih Makanan Tradisional Minang: Manfaat dan Khasiatnya. *Dalam Widyakarya Nasional Khasiat Makanan Tradisional*. Kantor Menteri Negara Urusan Pangan RI, Jakarta. Hal 532 – 540.
- Sughita, I. M. 1998. Teknologi Pembuatan Dadih. Faterna, UNAND, Padang.
- Sultana, K., Godward, G., Reynolds, N., Arumugaswamy, R., Peiris, P., dan Kailasapathy, K. 2000. Encapsulation of probiotics bacteria with alginate starch and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions and in yoghurt. *International Journal of Food Microbiology* 62(1–2): 47–55.
- Sunarlim, R., Triyantini, Abubakar, dan H. Setiyanto. 1999. Peningkatan Teknologi Pembuatan Inokulum Mikroba Pengolahan Dadih untuk Menunjang Agroindustri Pedesaan. Laporan Penelitian Balai Penelitian Ternak, Bogor.
- Swinkels, J. J. M. 1985. Souch of Starch, its Chemistry and Physics. *Di dalam* G. M. A. Van Beynum and J. A. Roels (ed.), 1985. Starch Convension Technology. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Triana, E., E. Yulianto, dan N. Nurhidayat. 2006. Uji viabilitas *Lactobacillus* sp. Mar 8 terenkapsulasi. *Biodiversitas* 7(2): 114 – 117.
- Vidhyalaksmi, R., R. Bhakayaraj, dan R. S. subhasree. 2009. Encapsulation “the Future of Probiotic”-A Review. *Advance in Biological Research* 3(3-4): 96 – 103.
- Widodo, Soeparno, dan E. Wahyuni. 2003. Bioenkapsulasi probiotik (*Lactobacillus casei*) dengan pollard dan tepung terigu serta pengaruhnya terhadap viabilitas dan laju pengasaman. *Jurnal Teknologi Industri Pangan* 14(2): 98 – 105.
- Wilbraham, A. C. dan M. S. Matta. 1992. Terjemahan. *Pengantar Kimia Organik dan Hayati*. Bandung: Penerbit ITB.
- Winarno, F. G. 1992. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT. Gramedia pustaka Umum.
- Yudoamijoyo, R. M., T. Zoelfikar, Herastuti S. R., A. Tomomatsu, A. Matsuyama dan A. Hosono. 1983. Chemical and microbiological aspect of dadih in Indonesia. *Japanese J. of Dairy and Food Science* 32(1): A-10.
- Yulinery, T., E. Yulianto, dan N. Nurhidayat. 2006. Uji fisiologis probiotik *Lactobacillus* sp. Mar 8 yang telah dienkapsulasi dengan menggunakan spray dryer untuk menurunkan kolesterol. *Biodiversitas* 7(2): 118 – 122.
- Zakaria, Y., H. Ariga, T. Urashima dan T. Toba. 1998. Microbiological and rheological properties of the Indonesian tradisional fermented milk dadih. *Milchwissenschaft* 53: 30 – 33.
- <http://ptp2007.files.wordpress.com/2008/01/hydrolysis.jpg> [2 Januari 2010]
- <http://blog.khymos.org/wp-content/2006/09/calcium-alginate.jpg> [2 januari 2010]
- http://www.chemie.uni-regensburg.de/Organische_Chemie/Didaktik/Keusch/Grafik/amylo-e.gif [2 Januari 2010]