



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 YOGURT

Yogurt adalah minuman fermentasi yang dibuat dari susu segar dan atau susu skim dengan menggunakan bakteri asam laktat sebagai starter. Menurut Standar Nasional Indonesia (2009), yogurt merupakan produk yang diperoleh dari fermentasi susu dan atau susu rekonstitusi dengan menggunakan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* dan atau bakteri asam laktat lain yang sesuai, dengan atau tanpa penambahan bahan pangan lain dan bahan tambahan pangan yang diizinkan. Yogurt yang berupa minuman cair kental dengan rasa asam (dari akumulasi asam laktat) dan flavor yang khas (dari komponen asetaldehida, sejumlah kecil diasetil, aseton, asetoin, dan sebagainya) merupakan hasil dari aktivitas starter bakteri (bakteri asam laktat atau BAL) dalam fermentasi susu.

Yogurt dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen dalam tubuh, seperti *Enteropathogenic Escherichia coli* (EPEC). Mekanisme penghambatan yogurt terhadap EPEC adalah dengan menurunkan pH lingkungan pertumbuhan EPEC. Asam organik yang dihasilkan oleh BAL dapat menurunkan pH hingga kurang dari 4 sehingga pertumbuhan *Escherichia coli* enteropatogenik dapat terhambat. Selain itu, BAL juga menghasilkan senyawa antibakteri seperti H₂O₂ dan bakteriosin yang menghambat pertumbuhan EPEC tersebut (Lourens-Hattingh dan Viljoen 2001).

Proses pembuatan yogurt secara umum terdiri atas empat langkah dasar, yaitu pemanasan, inokulasi, inkubasi, dan pendinginan. Pemanasan yang dilakukan pada susu sebelum diinokulasi kultur dilakukan pada suhu 80-85°C selama 15-30 menit. Tujuan dari proses pemanasan ini adalah untuk membunuh mikroba awal dalam susu yang tidak diinginkan sehingga kultur yogurt dapat tumbuh secara optimum, menguapkan sebagian air dan membebaskan sebagian oksigen sehingga menciptakan kondisi anaerobik bagi kultur selama fermentasi, memecah beberapa komponen susu, dan mendenaturasi serta mengkoagulasi albumin dan globulin susu (Rahman *et al.* 1992). Inokulasi starter dilakukan setelah susu didinginkan kembali hingga suhu 37°C. Penurunan suhu sebaiknya dilakukan secara cepat dan langsung diinokulasikan dengan kultur yogurt. Hal ini berkaitan dengan suplai oksigen yang dapat mempengaruhi pertumbuhan kultur yogurt yang bersifat anaerob fakultatif (Nakazawa dan Hosono 1992). Proses inkubasi yogurt dapat dilakukan pada berbagai kombinasi suhu dan waktu. Proses inkubasi yogurt biasanya dilakukan pada suhu antara 35-46°C dengan kisaran waktu mulai dari 3 sampai 24 jam. Kombinasi suhu dan waktu inkubasi yang berbeda memberikan hasil karakteristik yogurt yang berbeda (Lee dan Lucey 2004). Pendinginan merupakan proses akhir pembuatan yogurt yang berfungsi untuk menghentikan fermentasi atau inaktivasi kultur starter dengan cara didinginkan hingga suhu 5-10°C (Tamime dan Robinson 2007).

Bakteri asam laktat yang sering digunakan sebagai starter yogurt adalah *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*. Menurut Vedamuthu (1979), *S. thermophilus* adalah bakteri berbentuk kokus dan *L. bulgaricus* berbentuk batang. *S. thermophilus* dan *L. bulgaricus* menunjukkan hubungan simbiosis selama proses fermentasi yogurt, dengan rasio perbandingan jumlah tiap spesies berubah secara konstan (Radke-Mitchell dan Sandine 1984).

Pada awal inkubasi, *S. thermophilus* tumbuh cepat dan mendominasi fermentasi dengan memanfaatkan asam amino esensial yang dihasilkan oleh *L. bulgaricus*. *S. thermophilus* memproduksi asam laktat yang menurunkan pH hingga mencapai pH optimal bagi pertumbuhan *L.*

bulgaricus. Setelah pH mencapai 4.2-4.4, pertumbuhan bakteri *S. thermophilus* terhambat sehingga *L. bulgaricus* kemudian mendominasi fermentasi dan melanjutkan produksi asam laktat.

Perbandingan yang baik antara *S. thermophilus* dan *L. bulgaricus* adalah 1:1 dengan konsentrasi starter 2% dari volume susu. Flavor khas yogurt disebabkan oleh asam laktat dan sisa-sisa asetaldehida, diasetil, asam asetat dan bahan-bahan mudah menguap lainnya yang dihasilkan oleh fermentasi bakteri. *L. bulgaricus* adalah penyebab utama terbentuknya asetaldehida yang menyebabkan flavor tajam khas yogurt (Buckle *et al.* 1987).

Namun, ternyata bakteri-bakteri asam laktat tersebut belum cukup untuk menjaga kesehatan saluran pencernaan karena tidak mampu bertahan dalam saluran pencernaan manusia. Bakteri-bakteri tersebut tidak tahan terhadap asam lambung dan garam empedu sehingga tidak mampu melewati usus dalam keadaan hidup (Gilliland 1979 diacu dalam Lourens-Hattingh dan Viljoen 2001). Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan penambahan bakteri probiotik yang mampu bertahan hidup, berkembang biak, berkompetisi dalam hal adhesi dan substrat fermentasi serta mengeluarkan zat antimikroba dalam saluran pencernaan manusia sehingga dapat menghambat pertumbuhan mikroba patogen.

Sinbiotik adalah campuran probiotik dan prebiotik yang bermanfaat terhadap inang dengan memperbaiki sistem kekebalan tubuh dan menambah suplemen pangan berupa mikroba hidup di dalam saluran pencernaan (Andersson *et al.* 2001). Yogurt sinbiotik merupakan salah satu produk susu fermentasi yang dibuat menggunakan campuran beberapa kultur bakteri asam laktat seperti *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, dan *Bifidobacterium bifidum*, yang dikombinasikan dengan prebiotik seperti fruktooligosakarida (FOS). Kombinasi probiotik (bakteri asam laktat) dan prebiotik dapat meningkatkan daya tahan bakteri probiotik karena substrat yang spesifik telah tersedia untuk difermentasi sehingga tubuh mendapat manfaat yang lebih sempurna dari kombinasi ini (Zhang dan Ghosh 2001).

Parameter mutu yogurt dapat dikelompokkan berdasarkan sifat fisik, kimia, mikrobiologi, dan organoleptik seperti terlihat pada **Tabel 1**. Karakteristik fisik dan organoleptik yogurt yang baik menurut SNI (**Tabel 1**) adalah memiliki tekstur berupa cairan kental padat dengan konsistensi homogen serta memiliki bau dan rasa asam khas yogurt. Jumlah bakteri starter yang terkandung pada yogurt menurut SNI harus mencapai minimal 10^7 koloni/g. Regulasi ini dapat berbeda-beda di tiap negara walaupun jumlah tersebut telah diterima secara luas. Di Jepang, standar untuk jumlah bakteri starter yang terkandung adalah minimal 10^7 koloni/ml, Swiss Food Regulation mensyaratkan minimal 10^6 koloni/g, sedangkan Spanish Yogurt Quality Standard mensyaratkan minimal 10^7 koloni/ml (Salvador dan Fiszman 2004).

Jenis-jenis yogurt dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori, seperti berdasarkan kandungan lemak, cara pembuatan, flavor dan proses yang dilakukan terhadap yogurt pasca inkubasi (Rahman *et al.* 1992). Sesuai SNI (**Tabel 1**), yogurt dikelompokkan berdasarkan kandungan lemaknya menjadi tiga jenis, yaitu yogurt berkadar lemak penuh (minimal 3%), yogurt rendah lemak (0.6-2.9%), dan yogurt tanpa lemak (maksimal 0.5%). Berdasarkan perlakuan pasca inkubasi, yogurt dapat dibedakan menjadi yogurt tanpa perlakuan panas setelah fermentasi dan yogurt dengan perlakuan panas setelah fermentasi. Pada umumnya, yogurt tidak diberi perlakuan panas seperti pasteurisasi setelah proses fermentasi berlangsung. Yogurt yang diberi perlakuan panas setelah fermentasi bertujuan untuk mematikan bakteri dalam yogurt dan memperpanjang masa simpannya. Yogurt jenis ini dikenal juga sebagai *death yogurt* karena kultur bakteri yogurt telah mati akibat pemanasan (Helferich dan Westhoff 1980).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 1. Syarat mutu yogurt berdasarkan SNI 2981-2009

No.	Kriteria Uji	Satuan	Yogurt tanpa perlakuan panas setelah fermentasi			Yogurt dengan perlakuan panas setelah fermentasi		
			Yogurt	Yogurt rendah lemak	Yogurt tanpa lemak	Yogurt	Yogurt rendah lemak	Yogurt tanpa lemak
1	Kedaaan							
1.1	Penampakan	-	cairan kental – padat			cairan kental - padat		
1.2	Bau	-	normal/khas			normal/khas		
1.3	Rasa	-	asam/khas			asam/khas		
1.4	Konsistensi	-	homogen			homogen		
2	Kadar lemak (b/b)	%	min. 3.0	0.6 - 2.9	maks. 0.5	min. 3.0	0.6 - 2.9	maks. 0.5
3	Total padatan susu bukan lemak (b/b)	%		min. 8.2			min. 8.2	
4	Protein (Nx6.38) (b/b)	%		min. 2.7			min. 2.7	
5	Kadar abu (b/b)	%		maks. 1.0			maks. 1.0	
6	Keasaman (dihitung sebagai asam laktat) (b/b)	%		0.5 - 2.0			0.5 - 2.0	
7	Cemaran logam							
7.1	Timbal (Pb)	mg/kg		maks. 0.3			maks. 0.3	
7.2	Tembaga (Cu)	mg/kg		maks. 20.0			maks. 20.0	
7.3	Timah (Sn)	mg/kg		maks. 40.0			maks. 40.0	
7.4	Raksa (Hg)	mg/kg		maks. 0.03			maks. 0.03	
8	Arsen	mg/kg		maks. 0.1			maks. 0.1	
9	Cemaran mikroba							
9.1	Bakteri <i>coliform</i>	APM/g atau koloni/g		maks. 10			maks. 10	
9.2	Salmonella	-		negatif/25 g			negatif/25 g	
9.3	<i>Listeria monocytogenes</i>	-		negatif/25 g			negatif/25 g	
10	Jumlah bakteri starter*	koloni/g		min. 10 ⁷			-	

* sesuai dengan Pasal 2 (istilah dan definisi)
Sumber : BSN 2009

Berdasarkan cara pembuatannya, yogurt dibagi menjadi dua tipe yaitu *set yogurt* dan *stirred yogurt*. Perbedaan keduanya terletak pada sistem pembuatan dan struktur fisik koagulum yang terbentuk. Tipe *set yogurt* adalah yogurt yang proses inkubasinya dilakukan dalam kemasan tertentu, sedangkan *stirred yogurt* diinkubasikan dalam wadah yang besar dan dilakukan pengadukan baru kemudian dikemas ke dalam kemasan – kemasan yang lebih kecil (Helferich dan Westhoff, 1980). *Stirred* yogurt memiliki viskositas yang lebih rendah dibandingkan dengan *set* yogurt akibat proses pengadukan yang menyebabkan perubahan sifat koagulum dan viskositas yogurt tersebut (Tamime dan Robinson 2007). Menurut Muchtadi dan Sugiyono (1992), viskositas atau kekentalan merupakan salah satu sifat reologi paling penting dalam produk yogurt. Sifat ini menggambarkan besarnya hambatan atau resistensi suatu cairan terhadap aliran dan pengadukan. Berdasarkan kekentalannya,

dikenal dua macam yogurt, yaitu *drink* yogurt dan *pudding* yogurt. *Drink* yogurt bersifat agak encer, sedangkan *pudding* yogurt bersifat padat hingga menyerupai *pudding/jelly*.

Berdasarkan flavornya, yogurt dibedakan menjadi *plain* yogurt atau *natural* yogurt, yaitu yogurt yang tidak ditambah flavor sehingga memiliki aroma dan rasa asam yang khas dan sangat tajam, sedangkan *flavoured* yogurt atau *fruit* yogurt merupakan yogurt yang ditambah dengan flavor (Rahman, dkk., 1992). Perbedaan antara *flavoured* yogurt dan *fruit* yogurt adalah bahwa pada *fruit* yogurt menggunakan flavor dari produk buah-buahan, sedangkan *flavoured* yogurt menggunakan flavor sintetik.

2.2 BAKTERI ASAM LAKTAT SEBAGAI PROBIOTIK

Probiotik berasal dari bahasa Yunani yang berarti '*for life*' atau 'untuk kehidupan' dan memiliki berbagai definisi lain pada masa lalu. Menurut Fuller (1989), probiotik merupakan sediaan sel mikroba hidup yang memiliki pengaruh menguntungkan terhadap inangnya dengan meningkatkan keseimbangan mikroflora saluran pencernaan inangnya tersebut. Menurut Salminen *et al.* (1998) dan Tamime *et al.* (2005), probiotik didefinisikan sebagai sediaan sel mikroba hidup atau komponen dari sel mikroba yang memiliki efek yang menguntungkan terhadap kesehatan dan kehidupan inangnya. Menurut FAO (2006), probiotik adalah mikroorganisme hidup yang ketika diberikan (diatur) atau dikonsumsi dalam jumlah yang cukup sebagai bagian dari pangan memberikan manfaat kesehatan pada inangnya. Mikroba probiotik umumnya dimasukkan ke dalam pangan fermentasi yang berbasis susu. Alasannya adalah produk susu fermentasi seperti yogurt telah dikenal sebagai pangan yang menyehatkan.

Probiotik dapat dijadikan sebagai alternatif untuk mengobati infeksi saluran pencernaan dan mencegah diare. Hal ini disebabkan karena probiotik dapat memberikan manfaat bagi inangnya terutama terhadap pencegahan dari infeksi intestinal (Commane *et al.* 2005). Menurut Commane *et al.* (2005), probiotik dapat memberikan efek lain terhadap inangnya seperti menekan alergi, mengontrol kadar kolesterol darah, mengatur fungsi imun, dan mencegah kanker kolon (Commane *et al.* 2005). Adanya persaingan probiotik dan bakteri patogen dalam hal adhesi dan substrat fermentasi dalam saluran pencernaan, serta pengeluaran senyawa yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen merupakan salah satu klaim kesehatan yang paling penting dari bakteri probiotik (Rinkinen *et al.* 2003). Menurut Fuller (1989) di dalam Lourens-Hattingh dan Viljoen (2001), manfaat dari probiotik antara lain menjaga keseimbangan mikroflora saluran pencernaan, meningkatkan sistem imun, mengurangi keluhan malabsorpsi laktosa atau *lactose intolerance*, mengurangi tingkat serum kolesterol, memiliki aktivitas antikarsinogenik, dan meningkatkan nilai nutrisi pangan. Selain itu, probiotik juga memiliki efek terapi untuk mencegah infeksi saluran kandung kemih, mengurangi konstipasi, mencegah berbagai macam diare, mencegah *hypercholestromia*, mencegah kanker kolon, dan mencegah osteoporosis.

Menurut Commane *et al.* (2005), beberapa penelitian *in vivo* mengenai manfaat probiotik sebagai antikarsinogenik dan antikanker menunjukkan bahwa berbagai strain probiotik dari genus *Bifidobacterium* dan *Lactobacillus* dapat melindungi berbagai organ saluran pencernaan dari sel tumor. Selain itu, sebagian besar hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa probiotik yang dikombinasikan dengan prebiotik sebagai sinbiotik diketahui memiliki peningkatan efek antikarsinogenik yang signifikan dalam mencegah terjangkitnya saluran pencernaan oleh sel kanker.

Mekanisme probiotik dalam mengatur mikroflora saluran pencernaan antara lain akibat adanya kompetisi dengan mikroflora usus, produksi senyawa antibakteri seperti bakteriosin untuk mengontrol pertumbuhan mikroflora lainnya, dan juga produksi asam laktat serta asam-asam lainnya sehingga pH turun dan mengatur aktivitas enzim (Commane *et al.* 2005). Probiotik seperti *L.*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

acidophilus dan *B. bifidum* diketahui memiliki efek penghambatan terhadap berbagai bakteri patogen dalam pangan dan kontrol terhadap pencegahan infeksi saluran pencernaan (Lourens-Hattingh dan Viljoen 2001).

Menurut Lourens-Hattingh dan Viljoen (2001), mekanisme penghambatan bakteri patogen oleh probiotik *Lactobacilli* dan *Bifidobacteria* disebabkan oleh :

- adanya produksi senyawa penghambat pertumbuhan patogen dan antimikroba seperti asam-asam organik, hidrogen peroksida, bakteriosin, antibiotik, dan *deconjugated bile acids*;
- perannya sebagai kompetitor antagonis seperti persaingan dalam hal adhesi dan nutrisi;
- menstimulasi sistem kekebalan tubuh.

Produksi asam organik oleh bakteri probiotik menyebabkan penurunan pH dan merubah potensial reduksi-oksidasi pada saluran pencernaan sehingga menghasilkan efek antimikroba. Kombinasi asam organik dengan jumlah oksigen yang terbatas dalam saluran pencernaan terutama akan menyebabkan penghambatan terhadap bakteri patogen Gram negatif seperti bakteri koliform (Sandine 1979). *Bifidobacteria* memproduksi asam asetat dalam jumlah yang lebih banyak dibandingkan asam laktat. Asam asetat memiliki efek penghambatan yang lebih kuat dibanding asam laktat (Rasic 1983). Probiotik dapat mencegah kolonisasi bakteri yang membahayakan dengan menciptakan kondisi lingkungan yang tidak memungkinkan bagi pertumbuhan bakteri patogen tersebut karena adanya senyawa antimikroba dan juga probiotik lebih efektif dalam penempelan di saluran pencernaan maupun dalam penyerapan nutrisi-nutrisi esensial (Sandine 1979; Gurr 1987). Konsumsi probiotik secara teratur dapat meningkatkan respon imun pada manusia (Rasic 1983).

Mekanisme potensial aktivitas antikarsinogenik dari probiotik antara lain disebabkan perannya sebagai antigenotoksisitas, penghambatan enzim saluran kolon, mengontrol pertumbuhan bakteri yang berpotensi membahayakan, interaksi dengan sel-sel kolon, menstimulasi sistem imun, dan produksi metabolit aktif (Commane *et al.* 2005). Efek probiotik sebagai antitumor disebabkan oleh adanya penghambatan terhadap zat karsinogen maupun prokarsinogen, dan juga menghambat bakteri yang mampu merubah zat prokarsinogen menjadi karsinogen, serta mengaktifkan sistem imun inang (Gilliland 1989; Gorbach *et al.* 1987; Rasic 1983). Berbagai studi *in vivo* menunjukkan bahwa konsumsi yogurt dan susu fermentasi yang mengandung probiotik dapat menghambat pembentukan dan proliferasi sel kanker/tumor (Kailasapathy dan Rybka 1997).

Probiotik yang baik untuk diaplikasikan pada suatu produk pangan harus dapat mempertahankan viabilitasnya dari pengaruh proses pengolahan serta tidak menimbulkan efek negatif terhadap karakteristik sensori dari produk pangan tersebut. Probiotik tersebut juga harus stabil selama masa penyimpanan produk sehingga manfaat dari proiotik tersebut tetap terjaga ketika akan dikonsumsi (Songisepp *et al.* 2004). Selain itu, probiotik tersebut juga harus mudah diproduksi dan mampu tumbuh dalam sistem produksi skala besar (Salminen *et al.* 2004).

Jumlah minimal sel probiotik yang dapat memberikan efek kesehatan masih kontroversial. Menurut Kailasapathy dan Rybka (1997) dosis konsumsi probiotik adalah harus mencapai lebih dari 10^7 dan 10^8 cfu/ml, sedangkan menurut Farida (2005) minimum 10^5 sel hidup setiap gram atau ml produk. Dosis tersebut dipengaruhi oleh jenis makanan dan strain yang digunakan (Rahayu 2004).

Bakteri asam laktat (BAL) merupakan bakteri yang telah dikenal sebagai probiotik. BAL adalah bakteri Gram positif yang bersifat mikroaerofilik, tidak berspora, dan mampu memfermentasi karbohidrat menjadi asam laktat. Penggunaan BAL sebagai probiotik (nonpatogen, mikroorganisme turunan inang yang bermanfaat bagi inang dengan memperbaiki keseimbangan mikrobial yang sesuai) bermanfaat untuk memperbaiki dan mempertahankan kesehatan (Reid 2000). Beberapa jenis BAL diketahui efektif dalam menghambat pertumbuhan berbagai jenis mikroba patogen seperti

Staphylococcus aureus, *E. coli*, *S. typhimurium*, *P. aeruginosa*, *K. pneumonia*, dan *L. monocytogenes* (Commans *et al.* 2005).

Lactobacillus dan *Bifidobacterium* merupakan genus utama yang digunakan, tetapi tidak selalu, sebagai mikroorganisme probiotik dan pangan probiotik yang tersedia bagi konsumen (Macfarlane *et al.* 1999; FAO 2006). Menurut Seveline (2005), untuk dapat bersifat sebagai probiotik, BAL harus memenuhi beberapa syarat, yaitu:

1. Tahan terhadap asam, terutama asam lambung dengan pH antara 1,5-2,0 (kondisi tidak makan) dan pH 4,0-5,0 (sehabis makan).
2. Stabil terhadap garam empedu dan mampu bertahan hidup selama berada dalam usus kecil.
3. Memproduksi senyawa antimikroba seperti asam laktat, hidrogen peroksida, dan bakteriosin.
4. Mampu menempel pada sel usus manusia, dapat membentuk koloni, memiliki aktivitas antagonis terhadap patogen, mampu mengatur sistem daya tahan tubuh, dan mempercepat penyembuhan infeksi.
5. Tumbuh baik dan berkembang dalam saluran pencernaan.
6. Dapat berkoagregasi (kemampuan untuk berinteraksi antarkultur untuk saling menempel) membentuk lingkungan mikroflora yang normal dan seimbang.
7. Aman dikonsumsi oleh manusia.

BAL memiliki peranan yang penting dalam kehidupan manusia karena BAL memiliki kemampuan untuk menghasilkan makanan fermentasi dan dapat hidup di dalam saluran pencernaan. BAL dapat menghasilkan asam laktat dan senyawa-senyawa tertentu lainnya (asam organik, hidrogen peroksida, karbondioksida, diasetil, reuterin, dan bakteriosin) yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri lain yang tidak dikehendaki. Kemampuan BAL untuk hidup di dalam saluran pencernaan, dapat menekan pertumbuhan bakteri enterik patogen (EPEC) sehingga bermanfaat untuk menjaga kesehatan tubuh (saluran pencernaan). Oleh karena itu, BAL sangat berpotensi sebagai probiotik.

2.2.1 *Lactobacillus plantarum*

Lactobacillus plantarum adalah bakteri Gram positif yang memproduksi asam laktat dan hidup pada berbagai lingkungan yang berbeda, termasuk pada beberapa pangan dan saluran pencernaan manusia (EBI 2010). *L. plantarum* berbentuk batang, tidak berspora, nonmotil, dan termasuk heterofermentatif fakultatif (Ma'rifah 2008). *L. plantarum* merupakan bakteri yang bersifat aerotoleran yang dapat tumbuh pada suhu 15°C, tetapi tidak dapat tumbuh pada suhu 45°C (Wikipedia 2010). *L. plantarum* adalah spesies yang penting dalam fermentasi berbagai produk sayuran dan daging. *L. plantarum* juga diketahui memproduksi senyawa antimikroba, seperti *plantaricin*, yang aktif dalam melawan bakteri patogen (Son *et al.* 2009).

Menurut Liong (2007), strain *L. plantarum* dapat menginduksi pelepasan sitokin dari donor manusia sehat melalui leukosit darah perifer mononuklear dan meningkatkan produksi interleukin-10 (IL-10) oleh makrofag dan sel T dari mukosa usus. Menurut Lee dan Salminen (2009), *L. plantarum* dapat meningkatkan masa penyembuhan pasien infeksi bakteri enterik dengan cara menguatkan fungsi proteksi mukosa usus melalui pencegahan kolonisasi bakteri patogen. *L. plantarum* juga dapat membantu menghasilkan *lactolin* yang merupakan antibiotik alami, membasmi patogen dari makanan fermentasi, meningkatkan jumlah sel sistem kekebalan, dan mensintesis asam amino antiviral (L-lisin).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

2.2.2 *Lactobacillus fermentum*

Lactobacillus fermentum adalah bakteri Gram positif yang umumnya ditemukan pada bahan tumbuhan dan hewan fermentasi (Wikipedia 2010). *L. fermentum* merupakan bakteri yang tidak membentuk spora dan bersifat heterofermentatif (Songisepp *et al.* 2004). Kullisaar *et al.* (2003) melaporkan bahwa konsumsi susu fermentasi yang mengandung *L. fermentum* menunjukkan efek antioksidatif dan antiaterogenik. Sementara itu, menurut Reid (2000), strain *L. fermentum* dapat memproduksi hidrogen peroksida yang berperan sebagai senyawa antimikroba.

Menurut Zoumpopoulou *et al.* (2008), *L. fermentum* menunjukkan potensi sebagai probiotik karena memiliki aktivitas mikrobial dan immunomodulator yang diuji secara *in vitro* maupun *in vivo* menggunakan tikus percobaan. *L. fermentum* memiliki efek antimikroba yang tinggi terhadap patogen seperti EPEC, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, dan *Shigella sonnei* (Songisepp *et al.* 2004). Bao *et al.* (2010) menyatakan bahwa *L. fermentum* memiliki karakteristik probiotik yang potensial karena memiliki ketahanan terhadap pH rendah serta mampu menstimulasi enzim pada saluran pencernaan dan menstimulasi pengeluaran garam empedu.

2.3 PREBIOTIK

Dewasa ini, tren konsumsi probiotik terutama dalam produk fermentasi susu di seluruh dunia mengalami peningkatan. Penambahan probiotik ini tidak hanya dilakukan untuk mendapatkan efek kesehatan yang diinginkan, tetapi juga untuk mengembangkan variasi produk yang dapat diformulasikan dengan probiotik (Liu *et al.* 2002 di dalam Chen *et al.* 2003). Selain dengan melakukan suplementasi probiotik langsung ke dalam pangan, dilakukan juga pendekatan lain guna meningkatkan jumlah bakteri menguntungkan dalam saluran pencernaan manusia melalui konsumsi bahan yang dapat meningkatkan pertumbuhan probiotik itu sendiri, yaitu dengan mengonsumsi prebiotik (Holzapfel dan Schillinger 2002).

Prebiotik didefinisikan oleh Gibson dan Robertfroid (1995) sebagai suatu bahan pangan yang tidak dapat dicerna yang memberikan manfaat positif bagi tubuh inangnya karena secara selektif mampu menstimulasi pertumbuhan dan aktivitas bakteri dalam kolon. Menurut FAO (2007), prebiotik merupakan komponen pangan yang nonviabel yang memberikan manfaat kesehatan pada inangnya terkait dengan pengaturan mikrobiota. Prebiotik merupakan karbohidrat yang tidak dapat dicerna oleh enzim-enzim pencernaan usus manusia, tetapi menguntungkan terhadap bakteri kolon dengan cara meningkatkan pertumbuhan dan keaktifan satu jenis atau lebih bakteri baik yang berada dalam kolon (Winarno 2003). Contoh prebiotik antara lain pati resisten, polisakarida nonpati (pektin, selulosa, guar, dan xylan), gula, dan oligosakarida (laktosa, laktulosa, rafinosa, stakiosa, dan fruktooligosakarida).

Untuk dapat diklasifikasikan sebagai prebiotik, suatu bahan pangan harus tidak dapat dihidrolisis atau tidak dapat diserap di dalam saluran pencernaan atas sehingga dapat mencapai kolon tanpa perubahan struktur atau disekresikan dalam feses, kemudian dapat difermentasi secara selektif oleh sejumlah terbatas bakteri yang berpotensi menguntungkan di dalam kolon sehingga mengubah komposisi mikrobiota kolon menjadi koloni yang lebih menyehatkan bagi inang (Franck 2008). Menurut FAO (2007), untuk mengklasifikasikan suatu produk pangan sebagai prebiotik ada empat langkah yang harus dilakukan, yaitu:

1. Karakterisasi komponen prebiotik, untuk mengetahui sumber, asal-usul, komposisi kimia, struktur, dan kemurniannya.
2. Karakterisasi fungsional, dilakukan baik secara *in vitro* maupun pada hewan percobaan untuk mengetahui efek modulasi mikrobiota atau efek bifidogeniknya.

3. Kualifikasi, untuk mengetahui keuntungan atau dampak lain yang berkaitan dengan kesehatan fisiologis maupun efektifitasnya dibandingkan kontrol.
4. Pengujian keamanan, untuk memastikan produk atau bahan tersebut aman dikonsumsi.

Manfaat prebiotik terhadap kesehatan antara lain menghambat patogen, meningkatkan penyerapan kalsium, melindungi dari kanker kolon, menurunkan kolesterol, dan meningkatkan imunitas (Gibson dan Roberfroid 1995; Manning *et al.* 2004). Mekanisme penghambatan patogen oleh prebiotik terbagi menjadi dua, yaitu secara langsung dan tidak langsung (Rastall *et al.* 2005). Penghambatan patogen oleh prebiotik secara langsung adalah karena prebiotik dapat mem-blok sisi reseptor pelekatan patogen pada mukosa usus, sehingga patogen tidak dapat melekat pada mukosa usus. Penghambatan patogen oleh prebiotik secara tidak langsung adalah karena prebiotik dapat meningkatkan pertumbuhan probiotik seperti *Bifidobacteria* dan *Lactobacilli*. Asam laktat dan asam organik lain yang diproduksi oleh bakteri tersebut diketahui memiliki sifat penghambatan terhadap bakteri patogen.

Peranan prebiotik dalam meningkatkan penyerapan kalsium adalah karena BAL dapat memfermentasi prebiotik dan menghasilkan asam lemak rantai pendek (SCFA) yang menyebabkan penurunan pH dinding mukosa usus. Nilai pH rendah tersebut meningkatkan kelarutan dan penyerapan kalsium di dalam usus (Ouweland *et al.* 1999). Mekanisme prebiotik dalam melindungi dari kanker kolon adalah dengan cara memproduksi metabolit yang bersifat protektif (butirat dapat menstimulasi apoptosis sel kanker kolon dan berperan sebagai bahan bakar untuk kesehatan sel-sel kolon) dan membuat metabolisme bakterial di dalam kolon menghasilkan produk akhir yang tidak berbahaya (Gibson dan Roberfroid 1995; Reddy 1999).

Mekanisme prebiotik dalam menurunkan kolesterol juga ada kaitannya dengan fungsi utama prebiotik yang dapat meningkatkan BAL. BAL dapat memproduksi enzim BSH (*Bile Salt Hydrolase*) yang menghasilkan asam empedu terdekonyugasi dalam bentuk asam kholat bebas yang kurang diserap oleh usus halus dibanding asam empedu terkonyugasi. Asam-asam empedu membentuk garam empedu. Dekonyugasi garam empedu akan lebih mudah terbuang melalui feses. Hal ini mengakibatkan semakin banyak kolesterol yang dibutuhkan untuk membentuk garam empedu lagi sehingga kadar kolesterol dalam serum darah menurun. BAL juga dapat mengikat kolesterol dalam usus halus sebelum kolesterol diserap oleh tubuh (Marlis 2008). Prebiotik juga secara tidak langsung dapat memberikan efek imunologi. Bakteri asam laktat yang dapat menggunakan prebiotik dapat menstimulasi sejumlah sel yang terlibat dalam respon imun spesifik (Gibson dan Roberfroid 1995).

Analisis secara *in vitro* dan *in vivo* menunjukkan bahwa prebiotik tidak dicerna oleh enzim, tetapi difermentasi oleh bakteri anaerob dalam usus besar. Prebiotik yang telah difermentasi dalam usus besar menghasilkan asam lemak rantai pendek, menstimulasi pertumbuhan berbagai bakteri termasuk *Lactobacilli* dan *Bifidobacteria*, serta dapat menghasilkan gas. Fortifikasi menggunakan *Bifidobacteria* atau *Lactobacilli* (probiotik) dengan prebiotik dapat memperbaiki efek perlindungan usus besar terhadap berbagai mikroorganisme patogen dalam usus (Wang 2009).

Menurut Franck (2008), inulin, oligofruktosa atau fruktooligosakarida, dan galaktooligosakarida telah diteliti oleh pihak-pihak kesehatan yang berwenang di kebanyakan negara dan telah dinyatakan “aman”. Efek samping dari prebiotik adalah menyebabkan kembung, flatulensi, dan feses yang lembut. Namun, dalam praktiknya, tingkat penggunaan prebiotik (umumnya 2-4 g/serving) jauh di bawah jumlah yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan saluran pencernaan. Menurut Soedarto (2008), FDA (2007) telah menyatakan FOS sebagai GRAS yang dapat digunakan pada makanan secara umum kecuali untuk susu bayi pada level sampai dengan 20g/hari dan pada level sampai 4.2g/hari untuk bayi usia di bawah 1 tahun.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Jenis oligosakarida yang paling banyak digunakan secara komersil sebagai prebiotik adalah fruktooligosakarida (FOS) (Kaplan dan Hutkins 2000). Fruktooligosakarida (FOS) merupakan oligosakarida dengan berat molekul yang rendah yang memiliki efek terhadap *Bifidobacteria* usus dan merupakan prebiotik yang penting. Senyawa tersebut dapat diperoleh dari berbagai sumber alami seperti inulin atau disintesis dari sukrosa (Kaplan dan Hutkins 2000). Sifat dari FOS adalah larut dalam air, tidak dicerna di dalam usus halus, tidak bersifat *viscous*, tidak mengikat asam empedu, dan sangat mudah difermentasi (Schneeman 1999).

FOS secara kimiawi adalah senyawa β -D-fruktans rantai pendek atau sedang, yang terikat dengan ikatan β -2-1 glikosidik, yang tidak dapat diuraikan oleh enzim pencernaan mamalia. FOS memiliki nilai derajat polimerisasi (DP) berkisar antara 2-8. FOS dapat diproduksi melalui dua metode berbeda dan tiap metode menghasilkan oligomer yang berbeda. Metode pertama adalah dengan proses enzimatik transglukosilasi sukrosa (D-Glu-(1-2)-D-Fru) menggunakan enzim β -fruktofuranosidase yang menghasilkan oligomer D-Glu-(1-2)-[-D-Fru-(1-2)-] n dengan $n = 2-4$ (nilai DP rata-rata 3.6). Metode kedua adalah dengan proses hidrolisis enzimatik dari inulin (D-Glu-(1-2)-[-D-Fru-(1-2)-] n dengan $n = 2-65$) menggunakan enzim endoinulinase yang menghasilkan oligomer campuran dari D-Fru-(1-2)-[-D-Fru-(1-2)-] n dengan $n = 1-9$ dan D-Glu(1-2)-[-D-Fru-(1-2)-] n dengan $n = 2-9$ (Gibson dan Roberfroid 2008).

Dibandingkan dengan karbohidrat simpleks maupun kompleks lainnya, FOS difermentasikan secara selektif oleh hampir semua strain *Bifidobacteria*. Dalam penelitian yang dilakukan Artanti (2009), FOS diketahui dapat meningkatkan pertumbuhan probiotik *E. faecium*, *L. plantarum*, dan *L. casei* strain shirota. Bila FOS dikonsumsi dalam jumlah yang cukup banyak maka FOS secara signifikan dan konsisten merangsang proliferasi *Bifidobacteria* menjadi mikroflora yang dominan dalam kolon (Lisal 2005). FOS memiliki nilai DP (derajat polimerisasi) lebih rendah daripada inulin, yaitu berkisar antara 2-8 (Franck dan De Leenheer 2005).

Menurut Franck (2008), FOS dapat dihidrolisis secara parsial dalam kondisi yang sangat asam, berkontribusi terhadap tekstur dan *mouthfeel*, menunjukkan kemampuannya sebagai humektan, mengurangi aktivitas air, berpengaruh terhadap titik didih dan titik beku, serta memiliki energi yang moderat. Menurut Chen *et al.* (2003), pemberian FOS dapat meningkatkan pertumbuhan *Bifidobacteria spp.* dan *Lactobacilli spp.*, meningkatkan konsentrasi asam lemak rantai pendek, dan mengurangi jumlah *Clostridia*, *Fusobacteria*, dan *Bacteroides*.

Efek bifidogenik dari FOS dipengaruhi oleh kondisi lingkungan diantaranya pH. Menurut Tungland (2003) di dalam Tamime (2005), secara *in vitro* FOS dan inulin menghasilkan efek bifidogenik yang optimum pada pH 6.8 dan 1 g/100 mL karbohidrat, yang setara dengan 4 g/hari. Menurut Djouzi dan Andrieux (1998) di dalam Chen *et al.* (2003), dosis konsumsi FOS yang dapat memberikan efek bifidogenik berkisar antara 4-15 g/hari. Menurut Surono (2004), jumlah prebiotik yang efektif adalah 1-3 g/hari untuk anak-anak dan 5-15 g/hari untuk orang dewasa.

Menurut Nadal *et al.* (2010), 5% fruktooligosakarida merupakan promotor pertumbuhan yang terbaik terhadap *Bifidobacteria*. Penambahan FOS kurang dari 2.5% untuk produk sinbiotik tidak memberikan efek bifidogenik yang diharapkan karena jumlah yang tidak mencukupi setelah memasuki saluran pencernaan. Konsumsi FOS yang terlalu banyak (lebih dari 10g/hari) dapat memberikan efek samping berupa ketidaknyamanan pencernaan seperti flatulensi (de Vrese dan Schrezenmeir 2008). Oleh karena itu, penambahan FOS harus disesuaikan sehingga dapat mencegah efek samping yang ditimbulkan, terutama bagi individu yang sensitif, namun tetap dapat memberikan efek kesehatan yang diinginkan. Selain efek bifidogenik, FOS juga menambah nutrisi yang dapat mempengaruhi parameter fisiologis pencernaan seperti pH kolon dan *stool bulking*, yang dapat menggolongkan prebiotik sebagai serat pangan (*dietary fiber*) (Roberfroid 1997 dalam Tamime 2005).