

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 PEMBUATAN FORMULA YOGURT SINBIOTIK DAN PENGUKURAN AKTIVITAS ANTIBAKTERI YOGURT SINBIOTIK

Pembuatan yogurt sinbiotik dilakukan terhadap 4 formula berdasarkan kombinasi kultur starter yang digunakan. Setiap formula ditambahkan FOS sebanyak 5% sebagai sumber prebiotiknya. Empat formula yogurt yang dibuat yaitu:

- 1) Formula 1: *L. bulgaricus* + *S. thermophilus* (F1)
- 2) Formula 2: *L. bulgaricus* + *S. thermophilus* + *L. plantarum* 2C12 (F2)
- 3) Formula 3: *L. bulgaricus* + *S. thermophilus* + *L. fermentum* 2B4 (F3)
- 4) Formula 4: *L. bulgaricus* + *S. thermophilus* + *L. plantarum* 2C12 + *L. fermentum* 2B4 (F4)

Keempat formula yogurt tersebut kemudian digunakan untuk diamati aktivitas penghambatannya terhadap pertumbuhan bakteri patogen, khususnya *Enteropathogenic Escherichia coli* (EPEC). Pemilihan bakteri patogen yang dipakai berdasarkan kemampuan bakteri patogen tersebut sebagai salah satu penyebab diare. Bakteri enteropatogenik merupakan bakteri yang dapat menyebabkan terjadinya keracunan makanan yang disebabkan oleh masuknya mikroba patogen dari makanan ke dalam saluran pencernaan manusia (menyebabkan terjadinya infeksi). Setelah masuk ke dalam tubuh (saluran pencernaan), bakteri enteropatogenik ini akan tumbuh, berkembang biak, dan menimbulkan penyakit seperti diare. Salah satu bakteri enteropatogenik penyebab diare adalah *Enteropathogenic Escherichia coli* (EPEC) (Budiarti 1997).

Pengujian aktivitas antibakteri dari yogurt sinbiotik dilakukan dengan melihat efek penghambatan yogurt terhadap pertumbuhan bakteri patogen EPEC dengan metode kontak, yaitu dengan mengukur penurunan jumlah bakteri EPEC setelah dikontakkan dengan yogurt pada waktu tertentu. Semakin besar nilai kematian bakteri maka semakin besar pula kemampuan yogurt sinbiotik dalam menghambat pertumbuhan mikroba patogen, atau dengan kata lain aktivitas antibakteri dari yogurt tersebut semakin tinggi.

Berdasarkan metode kontak, aktivitas antibakteri dari berbagai formula yogurt sinbiotik dapat dilihat pada **Tabel 2**. Rekapitulasi hasil pengukuran aktivitas antibakteri yogurt sinbiotik dapat dilihat pada **Lampiran 1**.

Tabel 2. Aktivitas antibakteri yogurt sinbiotik terhadap EPEC berdasarkan metode kontak

Formula	Jumlah Penurunan EPEC (log cfu/ml)		
	Uji kontak 2 jam	Uji kontak 4 jam	Uji kontak 6 jam
F1	2.78 ±0.54 ^a	3.02±0.25 ^a	3.98±0.26 ^a
F2	2.73±0.23 ^a	3.15±0.50 ^a	4.07±0.48 ^a
F3	2.69±0.30 ^a	3.54±0.38 ^a	4.31±0.88 ^a
F4	2.51±0.72 ^a	3.61±0.23 ^a	4.19±0.43 ^a

Keterangan: nilai sekelom yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (p>0.05)

Dari data pada **Tabel 2** dapat diketahui bahwa keempat formula yogurt menunjukkan aktivitas antimikroba yaitu dengan menurunnya jumlah EPEC setelah dikontakkan selama 2, 4, dan 6 jam. Jumlah penurunan EPEC semakin meningkat seiring dengan bertambahnya waktu kontak. Pada yogurt F3, jumlah penurunan EPEC pada waktu kontak 2 jam sebesar 2.69 log cfu/ml, kemudian meningkat menjadi 3.54 log cfu/ml pada waktu kontak 4 jam, dan 4.31 log cfu/ml pada waktu kontak

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.

selama 6 jam. Hasil uji ANOVA (**Lampiran 2**) menunjukkan bahwa jumlah penurunan EPEC oleh keempat formula yogurt tidak berbeda nyata. Namun, dari hasil pengukuran aktivitas antibakteri yogurt sinbiotik tersebut dapat dilihat bahwa efektivitas penghambatan EPEC terbesar setelah uji kontak selama 6 jam dimiliki oleh yogurt formula 3 (F3) dengan nilai penurunan EPEC sebanyak 4 satuan log.

Rekapitulasi data hasil pengukuran nilai pH formula yogurt sinbiotik dapat dilihat pada **Lampiran 3**. Nilai pH paling kecil ditunjukkan oleh yogurt F2 dengan pH sebesar 4.37, sedangkan nilai pH terbesar ditunjukkan oleh yogurt F1 yaitu 4.61. Yogurt F3 dan F4 masing-masing memiliki nilai pH 4.51 dan 4.42. Berdasarkan analisis ANOVA (**Lampiran 4**) menunjukkan bahwa nilai pH keempat formula yogurt tidak berbeda nyata. Kondisi derajat keasaman yang tidak berbeda nyata pada setiap formula yogurt tersebut menyebabkan aktivitas antibakteri penyebab diare EPEC yang juga tidak berbeda nyata. Menurut Micanel *et al.* (1997) di dalam Lourens-Hattingh dan Viljoen (2001), untuk dapat mencegah pertumbuhan mikroba patogen suatu yogurt harus mencapai pH 4.5 atau lebih rendah.

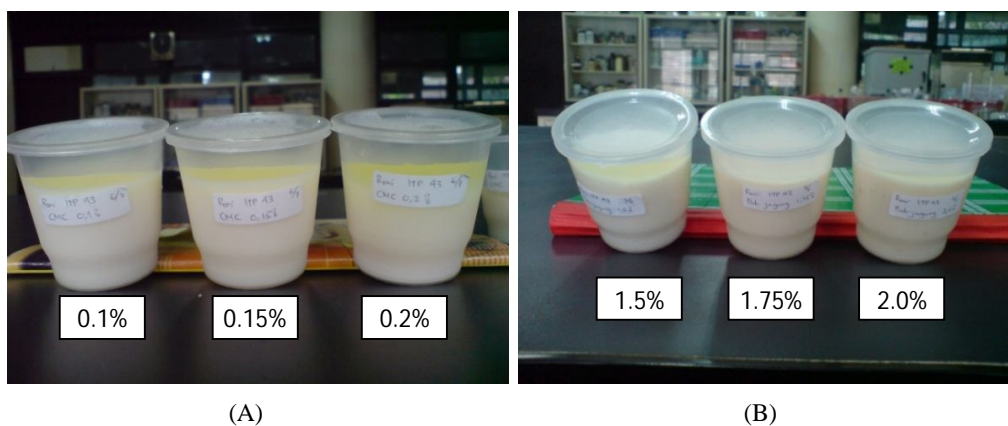
Aktivitas antibakteri terhadap bakteri EPEC diduga disebabkan oleh rendahnya derajat keasaman (pH) yogurt tersebut sehingga menyebabkan kematian bakteri EPEC. Pada umumnya BAL menghasilkan asam organik, seperti asam laktat dan asam asetat, sehingga menjadikan kondisi lingkungan asam yang dapat menghambat bakteri patogen (Saulnier *et al.* 2009). Menurut Lourens-Hattingh dan Viljoen (2001) mekanisme penghambatan patogen oleh *Lactobacillus* disebabkan karena adanya persaingan dalam adhesi dan nutrisi, produksi senyawa antimikroba seperti asam organik, hidrogen peroksida, bakteriosin, dan antibiotik, serta menstimulasi sistem imun. Produksi asam organik oleh probiotik menyebabkan turunnya pH dan merubah potensial reduksi-oksidasi sehingga menghasilkan efek antimikroba. Dalam saluran pencernaan, kombinasi asam organik dengan kandungan oksigen yang terbatas terutama akan menghambat pertumbuhan bakteri patogen gram negatif seperti bakteri koliform (Sandine 1979).

Dari hasil pengamatan terhadap penampakan fisik keempat formula yogurt, diketahui bahwa yogurt F1 dan F3 memiliki konsistensi yang lebih stabil dibandingkan yogurt F2 dan F4. *Whey* yang dihasilkan yogurt F1 dan F3 lebih sedikit dibandingkan yogurt F2 dan F4. Hal ini menunjukkan bahwa yogurt F3 memiliki konsistensi yang menyerupai yogurt F1, yaitu yogurt yang hanya menggunakan kultur *L. bulgaricus* dan *S. thermophilus*, seperti halnya yogurt standar pada umumnya. Yogurt F1 tidak dipilih untuk digunakan dalam tahap penelitian selanjutnya. Menurut Chandan dan Shah (2006), *L. bulgaricus* dan *S. thermophilus* tidak dapat bertahan terhadap kondisi asam lambung dan garam empedu, serta tidak dapat menempel pada permukaan usus dan berkompetisi dengan bakteri patogen pada saluran pencernaan. Oleh karena itu, yogurt yang hanya terdiri dari *L. bulgaricus* dan *S. thermophilus* tidak dapat digunakan untuk mencegah diare.

Tekstur yogurt F3 yang stabil dimungkinkan karena adanya *L. fermentum* yang memiliki sifat proteolitik lemah (Sasaki *et al.* 1995). Sifat proteolitik yang lemah ini menyebabkan kemampuan *L. fermentum* dalam memecah kasein, yang merupakan emulsifier alami dalam susu, tidak menghasilkan *whey* yang banyak. Selain itu, menurut Franck (2002), penambahan prebiotik dalam produk pangan dapat meningkatkan kualitas organoleptik dan komposisi nutrisi yang lebih seimbang. Pada produk yogurt, prebiotik dapat meningkatkan kualitas tekstur dan *mouthfeel*, pengganti gula, dan sebagai serat (Wang 2009).

4.2 PENAMBAHAN BAHAN PENSTABIL PADA YOGURT SINBIOTIK

Penambahan bahan penstabil dilakukan terhadap yogurt formula F3 dan penambahan bahan penstabil ini dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas yogurt yang dihasilkan dengan memperbaiki konsistensi dan kekentalannya, serta mengurangi jumlah *whey* yang dihasilkan (Chandan *et al.* 2006). Bahan penstabil (*stabilizer*) digunakan secara luas dalam industri pangan karena kemampuannya dalam mengubah berbagai sifat penting dalam sistem pangan, seperti *Water Holding Capacity* (WHC), laju evaporasi, sifat reologi, sifat interfasial yang mempengaruhi stabilitas emulsi, buih, dan suspensi partikel tidak larut. Bahan penstabil sering digolongkan sebagai hidrokoloid dengan dua fungsi dasar, yaitu mengikat air dan meningkatkan viskositas (Tamime dan Robinson 2007). Penampakan yogurt sinbiotik F3 yang telah ditambahkan bahan penstabil dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Penampakan yogurt F3 dengan penstabil
 (A) CMC (B) Pati Jagung

Dari **Gambar 2** dapat terlihat bahwa yogurt sinbiotik F3 yang diberi bahan penstabil pati jagung (B) menghasilkan yogurt dengan konsistensi lebih baik bila dibandingkan dengan yogurt sinbiotik F3 dengan penambahan CMC (A). Pada yogurt sinbiotik F3 dengan penambahan CMC terlihat masih terdapat *whey* yang cukup banyak.

Penambahan pati jagung memberikan konsistensi yogurt yang lebih baik dibandingkan dengan CMC (**Tabel 3**). Dari segi rasa, penambahan bahan penstabil pati jagung memberikan rasa yang lebih asam dibandingkan dengan yogurt dengan penambahan CMC dan yogurt kontrol tanpa penambahan bahan penstabil. Penambahan penstabil tidak memberikan perubahan pada aroma yogurt sinbiotik yang dihasilkan dibandingkan dengan kontrol. Tekstur yogurt yang diberi bahan penstabil tetap lembut dan kompak, kecuali pada penambahan CMC 0.2% yang menghasilkan yogurt yang agak kasar dan encer, serta pada penambahan pati jagung 1.5% yang menghasilkan yogurt yang agak masir. Secara keseluruhan, penambahan penstabil pati jagung menghasilkan jumlah *whey* yang lebih sedikit dibanding CMC. Selain itu, penambahan CMC juga menghasilkan *whey* yang berwarna kuning seperti yang terlihat pada **Gambar 2**.

Tabel 3. Karakteristik sensori yogurt F3 dengan penambahan bahan penstabil

Jenis bahan penstabil	Karakteristik Sensori				Warna Whey
	Rasa	Aroma	Tekstur	Jumlah Whey	
CMC 0.1%	Agak asam	Normal	Lembut, kompak	Banyak	Kuning
CMC 0.15%	Agak asam	Normal	Lembut, kompak	Sedikit	Kuning
CMC 0.2%	Agak asam	Normal	Agak kasar, agak encer	Sangat banyak	Kuning
Pati Jagung 1.5%	Asam	Normal	Kompak, agak masir	Sedikit	Putih
Pati Jagung 1.75%	Asam	Normal	Lembut, kompak	Sangat sedikit	Putih
Pati Jagung 2.0%	Asam	Normal	Lembut, kompak	Sangat sedikit	Putih
Kontrol	Agak asam	Normal	Lembut, kompak	Sedikit	Putih

Dari hasil karakteristik fisik dan kimia yogurt sinbiotik dengan penambahan bahan penstabil (Tabel 4), dapat dilihat bahwa penambahan pati jagung relatif menghasilkan yogurt yang lebih asam dan lebih kental dibanding CMC. Hal ini terlihat dari nilai pH yang lebih rendah dan nilai viskositas yang lebih tinggi. Adanya perbedaan nilai pH antara yogurt dengan penambahan pati jagung dan CMC diduga mungkin karena perbedaan struktur kimia komponen penyusun pati jagung dan CMC. Pati jagung tersusun atas amilosa dan amilopektin, sedangkan CMC tersusun atas selulosa. Perbedaan kemampuan BAL dalam memfermentasi kedua komponen ini diduga menjadi penyebab nilai pH yogurt dengan penambahan pati jagung menjadi lebih asam dibandingkan yogurt dengan penambahan CMC. Rekapitulasi hasil pengukuran nilai pH, viskositas, dan total asam tertitrasi (TAT) yogurt F3 dengan penambahan bahan penstabil dapat dilihat pada **Lampiran 5, 6, dan 7.**

Tabel 4. Karakteristik fisik dan kimia yogurt F3 dengan penambahan bahan penstabil

Jenis bahan Penstabil	pH	Viskositas (cP)	TAT (% b/b)
CMC 0.1%	4.92 ^c	3300 ^c	1.646 ^{d,e}
CMC 0.15%	4.90 ^d	3300 ^c	1.588 ^c
CMC 0.2%	4.90 ^d	1200 ^a	1.555 ^b
Pati Jagung 1.5%	4.39 ^a	8900 ^d	1.704 ^f
Pati Jagung 1.75%	4.40 ^a	12300 ^e	1.654 ^e
Pati Jagung 2.0%	4.46 ^b	13000 ^f	1.638 ^d
Kontrol	4.59 ^c	2800 ^b	1.538 ^a

Keterangan: nilai sekolom yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata ($p > 0.05$)

Yogurt sinbiotik yang dihasilkan memiliki kisaran rata-rata nilai pH antara 4.39-4.92. Menurut Jay (2000), yogurt umumnya mempunyai pH yang baik dengan nilai berkisar antara 3.5-4.5. Dengan kisaran nilai pH tersebut, yogurt dapat menghambat pertumbuhan bakteri patogen yang umumnya tidak dapat tumbuh pada kondisi asam, seperti *Listeria monocytogenes* yang akan mati pada pH kurang dari 4.2. Sebagian kecil *Salmonella* dan *E. coli* O157 masih dapat bertahan pada pH lebih dari 4.5 (Robinson dan Itsaranuwat 2006). Jika mengacu pada nilai tersebut (pH 3.5-4.5), nilai pH yogurt sinbiotik dengan penambahan bahan penstabil pati jagung antara 4.39-4.46 termasuk pada kisaran tersebut, sedangkan nilai pH yogurt sinbiotik dengan penambahan bahan penstabil CMC antara 4.90-4.92 tidak termasuk dalam kisaran tersebut. Hasil analisis ANOVA (**Lampiran 8**) juga menunjukkan bahwa penambahan pati jagung memberikan perbedaan yang nyata terhadap nilai pH yogurt dibandingkan dengan penambahan CMC maupun yogurt kontrol.

Nilai total asam tertitrasi (TAT) pada yogurt dinyatakan sebagai persen asam laktat, asam laktat merupakan komponen asam terbesar hasil fermentasi yogurt. Asam laktat ($C_3H_6O_3$) mudah

- 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.

terdisosiasi menjadi ion H^+ dan $CH_3CHOHCOO^-$. Secara umum dapat dikatakan bahwa penurunan nilai pH akan diikuti oleh peningkatan nilai TAT, namun hal tersebut sebenarnya tidak selalu demikian. Pada pengukuran pH, nilai yang terukur adalah konsentrasi ion-ion H^+ yang menunjukkan total asam terdisosiasi, sedangkan TAT merupakan pengukuran untuk semua komponen asam, baik yang terdisosiasi maupun tidak terdisosiasi (Elisabeth 2003).

Secara keseluruhan nilai total asam laktat (TAT) yogurt hasil penelitian ini telah sesuai dengan syarat mutu SNI untuk yogurt yaitu 0.5-2.0% b/b. Berdasarkan uji ANOVA (**Lampiran 9**), setiap perlakuan penambahan bahan penstabil memberikan perbedaan yang nyata pada nilai TAT. Penambahan pati jagung cenderung memberikan rata-rata nilai total asam laktat yang lebih besar dibanding penambahan CMC, nilai rata-rata TAT terbesar adalah pada yogurt sinbiotik F3 dengan penambahan pati jagung 1.5%, yaitu sebesar 1.704% asam laktat. Hal ini sejalan dengan nilai pH yogurt sinbiotik F3 dengan penambahan pati jagung yang lebih asam dibandingkan yogurt sinbiotik F3 dengan penambahan CMC sehingga nilai TAT rata-ratanya pun lebih besar.

Rata-rata nilai viskositas yogurt yang dihasilkan berkisar antara 1200-13000 cP. Rata-rata nilai viskositas terbesar dihasilkan pada yogurt dengan pati jagung 2.0%, dan viskositas terkecil pada yogurt dengan CMC 0.2%. Menurut Robinson *et al.* (2006), penurunan pH hingga 5.0 atau lebih rendah akibat peningkatan jumlah asam laktat di dalam produk akan menyebabkan misela kasein yang tidak stabil dikarenakan perubahan kompleks koloidal kalsium-fosfat (CCP) menjadi fraksi kalsium-fosfat yang larut. Kompleks koloidal kalsium-fosfat yang larut pada pH yang lebih rendah mendekati titik isoelektrik kasein (4.6) menyebabkan kasein membentuk struktur gel yang lebih padat (Lee dan Lucey 2004).

Secara keseluruhan, dapat diketahui bahwa rata-rata viskositas terbesar diperoleh pada yogurt dengan penambahan bahan penstabil pati jagung daripada CMC. Berdasarkan analisis ANOVA (**Lampiran 10**), perlakuan penambahan bahan penstabil pati jagung dan CMC memberikan pengaruh nyata pada nilai viskositas yogurt. Menurut Chandan *et al.* (2006), viskositas set yogurt komersial umumnya berada pada kisaran 12000-30000 cP. Berdasarkan acuan tersebut, yang menghasilkan yogurt dengan nilai viskositas yang memenuhi kisaran tersebut adalah yogurt dengan penambahan bahan penstabil pati jagung 1.75% dan 2.0%, masing-masing sebesar 12300 cP dan 13000 cP.

Dari hasil pengamatan terhadap parameter sensori, fisik, serta kimia pada formula yogurt F3 yang ditambah bahan penstabil, dapat diketahui bahwa penambahan bahan penstabil pati jagung memberikan hasil yogurt yang lebih baik. Ketiga konsentrasi pati jagung yaitu 1.5, 1.75, dan 2.0% memberikan hasil yang berbeda. Yogurt dengan penstabil pati jagung 1.75 dan 2.0% mempunyai tekstur yang lebih lembut dan *whey* yang lebih sedikit daripada yang menggunakan pati jagung 1.5%. Penambahan pati jagung 1.75% dan 2.0% juga memberikan viskositas yogurt yang lebih kental dibanding penambahan pati jagung 1.5%. Ditinjau dari segi ekonomis penggunaan bahan dan karakteristik sensori kedua formula yang serupa dengan nilai pH yang lebih rendah dan total asam laktat yang lebih besar, maka penggunaan pati jagung 1.75% lebih efektif bila dibandingkan dengan penambahan pati jagung 2.0%. Sehingga, dalam penelitian tahap selanjutnya bahan penstabil yang akan digunakan adalah pati jagung dengan konsentrasi 1.75%.

4.3 PENAMBAHAN FLAVOR DAN KARAKTERISTIK SENSORI YOGURT SINBIOTIK

Aplikasi penambahan flavor selanjutnya dilakukan terhadap yogurt F3 dengan penambahan pati jagung 1.75%. Penambahan flavor ini dilakukan untuk mendapatkan variasi produk sehingga dapat meningkatkan daya terima konsumen. Yogurt sinbiotik diberi penambahan flavor berupa vanila sebanyak 0.1% dan 0.2%, serta ekstrak stroberi sebanyak 1% dan 2%. Konsentrasi penambahan

- 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.

flavor terbaik diperoleh dengan uji organoleptik pada keempat formula. Formula yang paling disukai merupakan formula terpilih untuk masing-masing flavor (vanila dan stroberi). Parameter mutu produk yang diuji meliputi warna, aroma, tekstur, rasa, dan keseluruhan (*overall*) produk. Kuesioner yang digunakan dalam uji sensori dapat dilihat pada **Lampiran 11**.

4.3.1 Warna dan Aroma Yogurt Sinbiotik

a. Warna

Warna adalah atribut sensori yang pertama dilihat dalam memilih produk dan mempengaruhi kesukaan konsumen. Warna harus menarik, menyenangkan, seragam serta dapat mewakili cita rasa yang ditambahkan (Arbuckle 1986). Pada penelitian ini, flavor yang digunakan adalah vanila dan ekstrak stroberi, tanpa penambahan pewarna. Yogurt *plain* dan vanila tetap berwarna putih kekuningan, sedangkan yogurt stroberi berwarna putih pucat agak kemerahan karena pengaruh dari ekstrak stroberi yang ditambahkan.

Dari hasil uji rating hedonik terhadap warna dari kelima formula yogurt sinbiotik (**Lampiran 12**), dapat diketahui bahwa yogurt sinbiotik dengan penambahan flavor stroberi 1% (5.60) mempunyai nilai kesukaan tertinggi, dilanjutkan yogurt vanila 0.1% (5.53), yogurt *plain* (5.40), stroberi 2% (4.97), dan vanila 0.2% (4.77). Berdasarkan hasil analisis ANOVA (**Lampiran 13**) terlihat bahwa penambahan flavor ketiga formula dengan nilai kesukaan paling tinggi tidak berbeda nyata pada taraf signifikansi 0.05%.

b. Aroma

Aroma merupakan salah satu parameter sensori yang diperhatikan dalam memilih makanan. Pada jenis makanan seperti yogurt, aroma sangat mempengaruhi nilai kesukaan konsumen karena yogurt, sebagai salah satu produk fermentasi, menghasilkan aroma yang khas. Hal tersebut juga merupakan salah satu syarat mutu yogurt dalam SNI 2981-2009 tentang yogurt yang menyebutkan aroma (bau) yogurt harus normal (khas yogurt). Aroma yogurt yang khas disebabkan oleh adanya komponen asam laktat, asetaldehid, dan senyawa-senyawa volatil lain yang diproduksi oleh kultur starter sebagai hasil fermentasi (Tamime dan Robinson 2007).

Hasil uji rating hedonik untuk aroma kelima yogurt sinbiotik (**Lampiran 14**) menunjukkan bahwa aroma yogurt sinbiotik dengan nilai kesukaan paling tinggi adalah yogurt vanila 0.1% (5.17), kemudian stroberi 1% (4.73), vanila 0.2% (4.63), stroberi 2% (4.63), dan yogurt *plain* (4.60). Namun, berdasarkan hasil uji ANOVA (**Lampiran 15**), nilai kesukaan terhadap kelima formula yogurt sinbiotik tersebut tidak berbeda nyata pada taraf signifikansi 0.05%. Hal tersebut menunjukkan bahwa kelima formula yogurt yang dihasilkan sama-sama disukai dan dapat diterima oleh konsumen. Bila dikombinasikan antara atribut warna dan aroma yogurt sinbiotik, maka yogurt vanila 0.1% merupakan formula yang paling disukai oleh panelis.

4.3.2 Tekstur Yogurt Sinbiotik

Tekstur yogurt yang diinginkan dalam penelitian adalah tekstur yogurt yang kompak dan lembut karena yogurt yang dihasilkan merupakan set yogurt. Tekstur ini terbentuk karena aktivitas kultur starter yang menghasilkan asam laktat sehingga mengkoagulasi protein susu.

Berdasarkan hasil uji rating hedonik terhadap tekstur kelima formula yogurt (**Lampiran 16**) dengan analisis ANOVA (**Lampiran 17**) dapat diketahui bahwa kesukaan panelis terhadap tekstur yogurt sinbiotik dengan penambahan flavor berbeda nyata dengan yogurt *plain*. Yogurt stroberi 1% (5.37) memiliki nilai kesukaan tertinggi, kemudian stroberi 2% (5.00), vanila 0.1% (4.77), yogurt *plain* (4.60), dan vanila 0.2% (3.83).

- 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.

4.3.3 Rasa Yogurt Sinbiotik

Rasa merupakan parameter penting dalam memilih makanan oleh konsumen. Rasa makanan yang sesuai dengan selera konsumen akan memberikan alasan tersendiri untuk mengkonsumsi makanan tersebut. Menurut SNI 2981-2009, yogurt harus memiliki rasa asam yang khas. Rasa asam yogurt sebagian besar disebabkan oleh adanya asam laktat sebagai hasil dari fermentasi susu oleh kultur starter. Penambahan flavor pada yogurt umumnya tidak akan menghilangkan rasa asam khas yogurt.

Dari hasil uji rating hedonik untuk rasa yogurt sinbiotik dengan penambahan flavor (**Lampiran 18**), dapat diketahui bahwa nilai kesukaan tertinggi ada pada rasa yogurt vanila 0.1% (5.20), stroberi 1% (5.07), stroberi 2% (4.40), vanila 0.2% (4.23), dan yogurt *plain* (3.83). Hasil uji ANOVA (**Lampiran 19**) menunjukkan bahwa penambahan flavor dapat memberikan perbedaan nyata terhadap penerimaan konsumen akan rasa yogurt.

4.3.4 Keseluruhan Yogurt Sinbiotik

Dari hasil uji hedonik terhadap keseluruhan (*overall*) parameter yogurt (**Lampiran 20**) dapat diketahui bahwa yogurt stroberi 1% (5.17) memiliki nilai kesukaan tertinggi, kemudian yogurt vanila 0.1% (5.03), stroberi 2% (4.67), vanila 0.2% (4.27), dan yogurt *plain* (4.10). Hasil uji ANOVA (**Lampiran 21**) menunjukkan bahwa penambahan flavor dapat memberikan perbedaan nyata terhadap penerimaan konsumen akan rasa yogurt. Secara umum dapat dilihat bahwa hasil ini menyerupai urutan kesukaan konsumen pada rasa yogurt. Dari hasil ini dapat diketahui bahwa parameter utama yang dinilai konsumen adalah rasa.

4.3.5 Uji Rangking

Uji rangking dilakukan untuk mengetahui jenis konsentrasi flavor terbaik untuk diaplikasikan pada pembuatan yogurt sinbiotik yang kemudian akan dianalisis lebih lanjut. Hasil uji rangking terhadap kelima sampel yogurt sinbiotik (**Lampiran 22**) menunjukkan bahwa yogurt berflavor stroberi 1% dan vanila 0.1% memiliki nilai rangking rata-rata terbaik, yaitu masing-masing 2.20 dan 2.70. Yogurt *plain* memiliki nilai rata-rata rangking terendah dengan nilai 3.80. Dengan demikian, yogurt yang dianalisis lebih lanjut adalah yogurt sinbiotik dengan penambahan flavor stroberi 1% dan vanila 0.1%.

Rekapitulasi keseluruhan data hasil uji sensori terhadap kelima sampel yogurt sinbiotik dengan penambahan flavor (**Lampiran 23**) menunjukkan bahwa yogurt yang paling disukai adalah yogurt F3 dengan penambahan flavor stroberi 1% dan vanila 0.1%. Hal ini dapat dilihat dari nilai kesukaan terhadap kedua yogurt yang bernilai lebih tinggi dibandingkan formula yogurt yang lain dalam setiap parameter, serta memiliki nilai peringkat kesukaan paling tinggi. Menurut O'Rell dan Chandan (2006), yogurt dengan flavor stroberi dan vanila merupakan yogurt dengan nilai penjualan terbesar urutan pertama dan kedua di dunia. Secara keseluruhan, dapat diketahui bahwa penambahan flavor pada yogurt dapat meningkatkan penerimaan konsumen.

4.4 KARAKTERISTIK MUTU YOGURT SINBIOTIK

Analisis karakteristik mutu yogurt yang dilakukan meliputi analisis proksimat (kadar air, abu, lemak, protein, dan karbohidrat), analisis cemaran logam, serta analisis cemaran mikrobiologi. Analisis dilakukan terhadap yogurt *plain* (yogurt tanpa penambahan flavor), yogurt stroberi 1%, dan yogurt vanila 0.1%.

- 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 5. Hasil uji karakteristik mutu yogurt

Karakteristik Mutu	Satuan	Yogurt Plain	Yogurt Stroberi 1%	Yogurt Vanila 0.1%	SNI Yogurt 2981-2009
Air	% b/b	74.53	75.59	74.90	-
Abu	% b/b	1.00	1.00	1.00	maks. 1.00
Lemak	% b/b	0.16	0.16	0.16	maks. 0.5 (tanpa lemak)
Protein	% b/b	6.14	5.79	5.88	min. 2.7
Karbohidrat	% b/b	18.17	17.46	18.06	-
Cemaran Logam					
Timbal (Pb)	mg/kg	-	< 0.030	< 0.030	maks. 0.3
Tembaga (Cu)	mg/kg	-	1.92	8.78	maks. 20.0
Timah (Sn)	mg/kg	-	< 0.010	< 0.010	maks. 40.0
Raksa (Hg)	mg/kg	-	< 0.001	< 0.001	maks. 0.03
Arsen (As)	mg/kg	-	< 0.010	< 0.010	maks. 0.1
Cemaran Mikroba					
Bakteri koliform	APM/g	< 3	< 3	< 3	maks. 10
Salmonella	-	negatif	negatif	negatif	negatif/25 g

Berdasarkan hasil uji karakteristik mutu pada formula yogurt dengan flavor terpilih (Tabel 6), diketahui bahwa semua kriteria uji yogurt yang dihasilkan telah memenuhi standar SNI 2981-2009 untuk yogurt. Dalam hal kadar lemaknya, yogurt yang dihasilkan termasuk kategori yogurt tanpa lemak dengan rata-rata kadar lemak hanya 0.16%. Yogurt yang dihasilkan juga memiliki kadar protein yang cukup tinggi dibanding standar SNI. Hal ini disebabkan yogurt diproduksi dari susu skim bubuk yang memiliki kadar protein tinggi, tetapi rendah kadar lemaknya. Menurut Rahman *et al.* (1992) lemak mempengaruhi viskositas yogurt dan menghasilkan cita rasa *creamy*. Selama fermentasi dapat terjadi pemecahan komponen lemak oleh kultur bakteri, namun biasanya proses lipolitik ini hanya sedikit terjadi.

Kadar protein yogurt sinbiotik yang dihasilkan dalam penelitian ini berkisar antara 5.79 – 6.14%. Menurut Tamime dan Robinson (2007), kandungan protein merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan mutu yogurt karena berperan dalam membentuk viskositas yogurt. Semakin tinggi kadar proteinnya, viskositas yogurt akan semakin meningkat. Menurut Helferich dan Westhoff (1980), protein yogurt lebih mudah dicerna dibandingkan protein susu. Yogurt mengandung asam-asam amino esensial seperti leusin, lisin, fenilalanin, tirosin, dan valin yang tinggi.

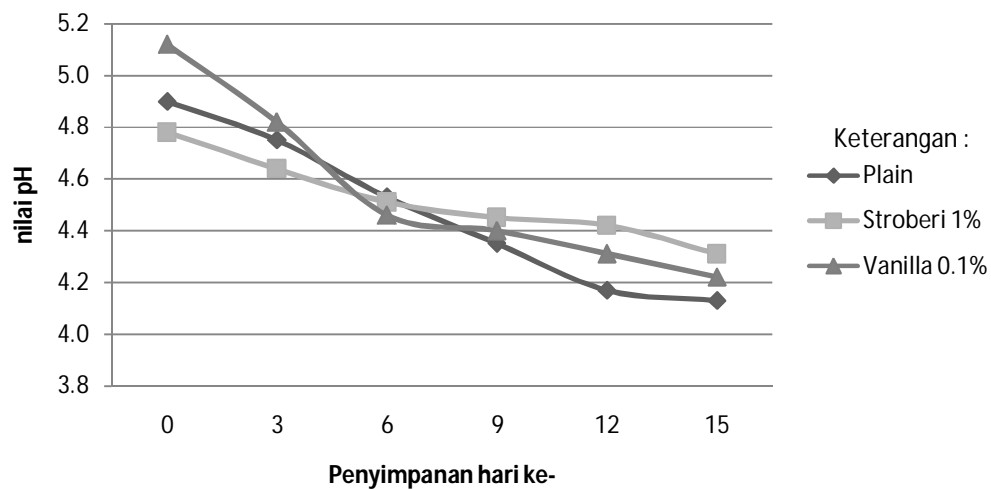
Menurut Tamime dan Robinson (2007), proses fermentasi susu pada yogurt akan sedikit meningkatkan kandungan mineralnya. Namun, kelebihan adalah daya cerna mineral pada yogurt lebih tinggi daripada mineral susu (Helferich dan Westhoff, 1980). Kandungan mineral pada yogurt sebagian besar berasal dari susu sebagai bahan utamanya. Kandungan mineral tersebut antara lain kalsium (Ca), fosfor (P), besi (Fe), natrium (Na), dan kalium (K). Analisis cemaran logam berat menunjukkan bahwa yogurt yang dihasilkan masih berada pada standar SNI 2981-2009. Sumber cemaran logam berat bisa berasal dari bahan baku, air, maupun peralatan yang digunakan dalam proses produksi yogurt.

Analisis cemaran mikroba meliputi analisis kandungan bakteri koliform dan Salmonella. Dari Tabel 6 dapat diketahui bahwa hasil analisis terhadap bakteri koliform pada yogurt sinbiotik sebesar <3 APM/g dan uji kandungan Salmonella diketahui negatif. Hal ini sesuai dengan standar yang ditetapkan SNI bahwa kandungan bakteri koliform pada yogurt maksimal 10 APM/g dan Salmonella negatif untuk setiap 25g yogurt. Bakteri patogen seperti koliform, Salmonella, dan *Listeria monocytogenes* biasanya tidak dapat tumbuh pada suasana asam seperti pada yogurt (Robinson dan Itsaranuwat 2006). Namun, jika bakteri tersebut masih terdapat di dalam produk,

kemungkinan terjadi akibat adanya kontaminasi dan sanitasi yang tidak baik selama proses pembuatan yogurt.

4.5 STABILITAS YOGURT SINBIOTIK SELAMA PENYIMPANAN

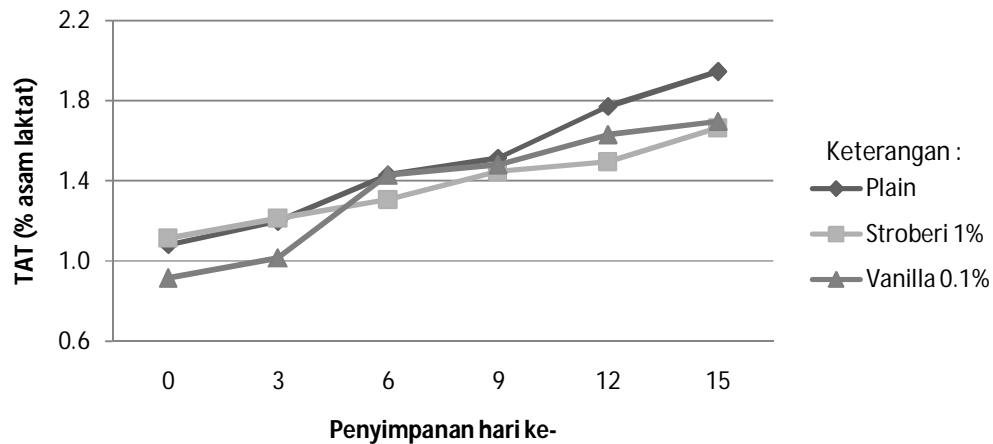
Uji stabilitas selama penyimpanan dilakukan untuk melihat perubahan mutu yang terjadi pada produk yogurt selama penyimpanan. Penyimpanan dilakukan di dalam refrigerator (10°C) selama 15 hari, dan pengamatan dilakukan setiap 3 hari. Perubahan mutu yang diamati meliputi perubahan nilai pH, total asam tertitiasi (TAT), viskositas, viabilitas BAL, dan kontaminan kapang khamir, serta perubahan mutu sensori. Pengujian dilakukan terhadap yogurt *plain* (yogurt tanpa penambahan flavor), yogurt stroberi 1%, dan yogurt vanila 0.1%.



Gambar 3. Perubahan nilai pH yogurt selama penyimpanan

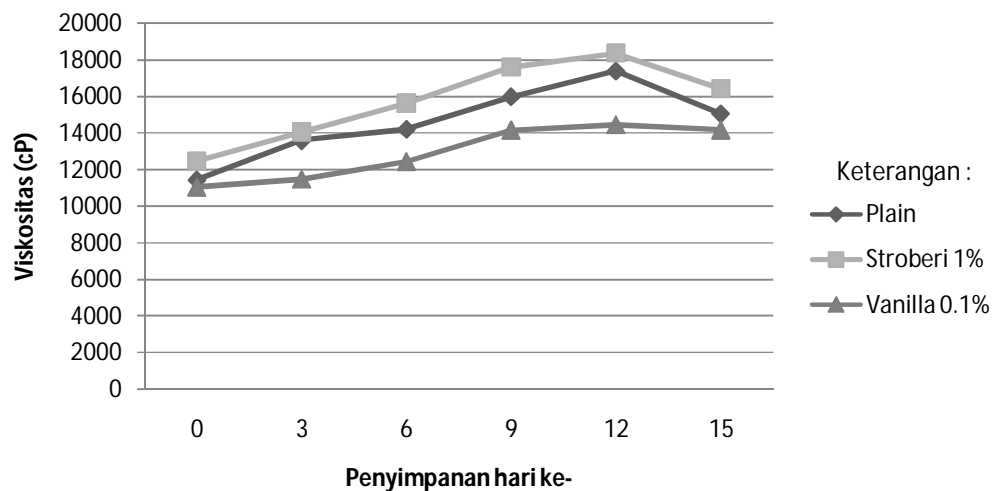
Nilai pH yogurt selama penyimpanan cenderung mengalami penurunan (**Gambar 3**), sedangkan nilai TAT yogurt mengalami peningkatan (**Gambar 4**). Penurunan pH yogurt diduga mungkin disebabkan oleh asam laktat yang dihasilkan selama penyimpanan. Hal ini sejalan dengan peningkatan nilai TAT yogurt yang dihitung sebagai total asam laktat (Beal *et al.* 1998; Al-Kadamany *et al.* 2002). Derajat keasaman yogurt dipengaruhi oleh aktivitas kultur starter untuk memfermentasi gula menjadi sebagian asam laktat dan sejumlah kecil asam lainnya (Tamime dan Robinson 2007). Penurunan pH ini berpengaruh terhadap rasa asam dan aroma khas yogurt yang meningkat selama penyimpanan (Helferich dan Westhoff, 1980). Menurut Jay (2000), yogurt umumnya mempunyai pH yang baik dengan nilai berkisar pada 3.5-4.5. Setelah penyimpanan selama 15 hari, ketiga yogurt sinbiotik masih memenuhi kriteria tersebut dengan rata-rata nilai pH yogurt berada pada kisaran 4.1-4.3. Selama 15 hari penyimpanan, total asam laktat dari yogurt tersebut juga masih terdapat pada kisaran standar SNI yogurt (2009) yaitu antara 0.5-2.0%, sehingga selama masa penyimpanan nilai total asam yogurt masih memenuhi kriteria standar SNI.

- 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.



Gambar 4. Perubahan Total Asam yogurt selama penyimpanan

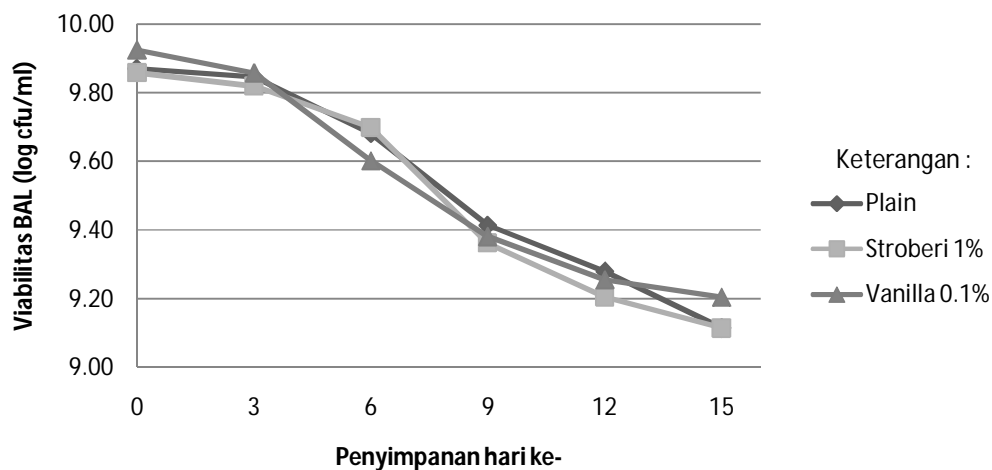
Selama proses penyimpanan, viskositas yogurt mengalami perubahan (Gambar 5) dari kisaran 11.000-12.500 cP pada awal penyimpanan menjadi pada kisaran 14.000-16.500 cP pada penyimpanan hari ke 15. Menurut Rahayu dan Christanti (1991), semakin lama suatu produk disimpan, kemampuan partikel protein di dalamnya untuk bersatu semakin besar sehingga akan terbentuk partikel yang berat dan mudah mengendap. Proses pendinginan dan penyimpanan setelah fermentasi menyebabkan peningkatan viskositas karena hidrasi protein dan pematangan struktur gel yogurt. Selain itu, perubahan derajat keasaman susu dapat mempengaruhi titik isoelektrik protein yang diduga dapat menyebabkan perubahan kelarutan protein. Sedangkan penurunan viskositas kemungkinan disebabkan oleh adanya protein yang membentuk koloid dan terdegradasi selama penyimpanan. Menurut Chandan et al. (2006), viskositas set yogurt komersial umumnya berada pada kisaran 12000 - 30000 cP.



Gambar 5. Viskositas yogurt selama penyimpanan

- 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.

Viabilitas BAL yogurt mengalami penurunan selama penyimpanan (**Gambar 6**). Penurunan ini disebabkan oleh berkurangnya laktosa sebagai sumber karbon utama BAL. Selain itu, penurunan jumlah bakteri asam laktat juga disebabkan adanya akumulasi hasil metabolisme bakteri asam laktat terutama asam laktat yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri itu sendiri (Con *et al.* 1995).



Gambar 6. Viabilitas BAL yogurt selama penyimpanan

Walaupun demikian, viabilitas BAL yogurt setelah penyimpanan 15 hari masih tergolong tinggi untuk dikonsumsi yaitu lebih dari 10^9 cfu/ml. Beberapa peneliti menyebutkan bahwa dosis terapinya adalah berkisar antara 10^7 - 10^8 cfu/ml sel hidup (Kailasapathy dan Rybka 1997), harus mencapai 10^8 sel probiotik hidup per hari (Lourens-Hattingh dan Viljoen, 2001), atau minimum 10^5 sel hidup setiap gram atau ml produk (Farida 2005). Walaupun demikian, dosis tersebut sebetulnya sangat tergantung dari jenis makanan dan strain yang digunakan (Rahayu 2004). Penelitian yang dilakukan oleh Nighswonger *et al.* (1996) menunjukkan bahwa yogurt dengan viabilitas berkisar pada 10^7 cfu/ml saat masa awal penyimpanan dapat tetap mempertahankan viabilitasnya setelah 28 hari penyimpanan pada suhu 7°C .

Kerusakan pada yogurt akibat kontaminasi mikroba khususnya oleh kapang dan khamir yang relatif tahan terhadap suasana asam (dengan kisaran pH pertumbuhan yang luas, yaitu 2.5 sampai 8.5) dan hidup pada produk dengan kadar gula tinggi. Pengujian terhadap total kapang dan khamir dalam yogurt selama penyimpanan dengan media APDA menunjukkan bahwa tidak terdapat pertumbuhan kapang dan khamir. Menurut Rahman *et al.* (1992), maksimal pertumbuhan untuk kapang adalah 10 cfu/ml dan maksimal untuk khamir adalah 100 cfu/ml. Kapang yang mungkin tumbuh pada permukaan yogurt adalah dari genus *Mucor*, *Rhizopus*, *Aspergillus*, dan *Penicillium*.

Dari hasil pengujian stabilitas yogurt sinbiotik selama penyimpanan terhadap beberapa parameter seperti nilai pH, total asam, viskositas, viabilitas BAL, maupun pertumbuhan kapang dan khamir, dapat diketahui bahwa yogurt yang dihasilkan masih dapat dikonsumsi sampai 15 hari penyimpanan. Namun, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui batas kadaluarsa dari yogurt tersebut. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Vargas *et al.* (1989) di dalam Salvador dan Fiszman (2004), yogurt yang disimpan pada suhu pada suhu 5°C memiliki daya simpan sampai dengan 5 minggu. Sedangkan dari hasil penelitian Salvador dan Fiszman (2004), set yogurt yang disimpan pada suhu 10°C dengan lama penyimpanan 91 hari sudah tidak memenuhi kriteria mutu yogurt, baik secara sensori, kimia, maupun mikrobiologi.