

## TINGKAT KEEFEKTIFAN LACTOPEROXIDASE SYSTEM (LPS) UNTUK MEMPERPANJANG LAMA SIMPAN SUSU SEGAR

### *Effectiveness Level of Lactoperoxidase System(LPS) in Enhancing Storage Duration of Fresh Milk*

Fitriyono Ayustaningwarno<sup>1)</sup>, Bernadetha Soedarini<sup>2)</sup>, Ita Sulistyawati<sup>2)</sup>  
dan Gijsbert Peter Eijhusen<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Magister Program Studi Ilmu Pangan Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan Institut Pertanian Bogor, Indonesia

<sup>2)</sup> Pengajar Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang

#### ABSTRACT

Fresh milk is high risk food since it is susceptible to microorganism spoilage. Without appropriate handling, fresh milk will spoil in short time. Lactoperoxidase is an enzyme that in its nature in milk was not an antibacterial, but can be activated to be an antibacterial. The method is used to activate lactoperoxidase for milk preservation known as lactoperoxidase system (LPS). This experiment aims to identify LPS effectiveness in two different temperatures. Fresh milk sample, obtained from Nyatnyono Village, Ungaran Central of Java. Fresh milk storage duration was compared between milk without LPS in room temperature (25-28°C), milk without LPS in refrigerator temperature (5-10°C), milk with LPS in room temperature, and milk with LPS in refrigerator temperature. The total bacterial cells (TPC), Salmonella count, and Escherichia coli count, and pH were examined. Total bacteria in all treatments were increased, except in LPS at refrigerator temperature that have storage duration until 20 hours. In the all of treatments, Salmonella counts were increased rapidly except in milk with LPS at refrigerator temperature that have storage duration until 8 hours. However, E. coli could growth well in all treatments during storage. The pH value can be kept below 6 in all treatments, except in milk without LPS at room temperature.

**Key words :** effectiveness of lactoperoxidase system, storage duration

#### PENDAHULUAN

Susu segar adalah bahan pangan yang mudah rusak, karena susu banyak mengandung air dan nutrisi yang cocok bagi pertumbuhan mikrobia. Dalam satu mililiter susu bisa terkandung ratusan ribu hingga jutaan sel bakteri pembusuk. Rata-rata bakteri mampu berkembang biak delapan kali lipat setiap jamnya. Oleh karena itu, hanya selang empat jam setelah pemerahan, susu segar akan berangsur-angsur rusak (Bagus, 2003).

Penanganan yang dilakukan untuk memperpanjang umur simpan susu segar adalah dengan pendinginan. Bila tidak tersedia refrigerator, maka diperlukan metode pengawetan yang lain. Lactoperoxidase adalah enzim di dalam susu.

Secara alami enzim ini bukan antibakteri, tetapi bila diaktifkan dapat menimbulkan efek antibakteri. Metode aktivasi lactoperoxidase (LP) untuk pengawetan susu segar dikenal dengan sistem laktoperoxidase (LPS) (Bagus, 2003).

Hasil studi Boussouel *et al.* (2000) tentang pengaruh penggunaan kombinasi LPS dan nisin pada karakteristik Listeria dalam susu skim, menunjukkan bahwa dalam susu skim LPS dapat berfungsi sebagai bakteriostatik selama 8 jam terhadap bakteri *Listeria monocytogenes* dan *Listeria innocua*. Seifu *et al.* (2006) dalam reviewnya tentang potensi penggunaan LPS dalam industri susu mengungkapkan bahwa penambahan ion SCN<sup>-</sup> sebanyak 0.25 mM dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dalam jumlah seimbang akan mencegah

pertumbuhan bakteri psikrotropik hingga 5 hari. Boots & Floris (2006) dalam reviewnya mengenai kemampuan LP dalam aplikasi praktis menyatakan bahwa aplikasi LP sebagai pertahanan terhadap berbagai macam patogen telah meluas akhir-akhir ini.

Dari latar belakang itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat efektivitas LPS pada dua tingkat suhu yang berbeda terhadap umur simpan susu segar.

## **METODA PENELITIAN**

### **Bahan dan Alat**

Bahan utama yang digunakan yaitu susu sapi segar, KCSN, hidrogen peroksida ( $H_2O_2$ ), SSA padat, dan NA padat. Alat utama yang digunakan adalah petri disk dan alat kultur lainnya.

### **Tahap Penelitian**

#### ***Persiapan sampel***

Sampel susu dihomogenkan lalu ditempatkan pada dua buah wadah. Pada bagian pertama dilakukan pengaktifan LPS, sedangkan pada bagian kedua LPS tidak diaktifkan. Kedua sampel tersebut kemudian dibagi menjadi dua, sampel pertama disimpan dalam refrigerator ( $5-10^\circ C$ ), dan sampel kedua disimpan pada suhu ruang ( $25-28^\circ C$ ). Setiap sampel ini disimpan dalam enam buah botol kaca steril yang telah diberi label jam ke-0; 4; 8; 12; 16 dan 20. Sampel diuji setiap empat jam sesuai label yang ada, dan diulang tiga kali untuk setiap perlakuan.

#### ***Aktivasi lactoperoxidase system***

Pengawetan susu segar memakai LPS dilakukan dengan menambahkan 14 ppm KCSN dan 8 ppm  $H_2O_2$  sebagai aktivator. KCSN dimasukkan ke dalam susu dan diaduk selama 30 detik, lalu ditambahkan  $H_2O_2$ , dan pengadukan dilakukan hingga dua menit. Selanjutnya susu didiamkan selama lima menit

untuk menyempurnakan pengaktifan (Garcia-Graells *et al.*, 2000).

### **Rancangan Percobaan**

#### ***Analisis data***

Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan *SPSS for Windows version 11.5*, parametrik dan non parametrik, kemudian grafik dibuat menggunakan Microsoft Excel 2003.

### **Metode Analisis**

#### ***Analisis karakteristik mikrobiologi***

Penghitungan jumlah mikroba total dilakukan dengan menggunakan metode *Total Plate Count*. Sebanyak 1 ml sampel diambil dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml aquadest steril, dan dihomogenkan sebagai pengenceran  $10^{-1}$ . Selanjutnya dibuat seri pengenceran lagi sampai didapat tingkat pengenceran yang diinginkan. Sebanyak 0.1 ml hasil pengenceran diinokulasikan ke dalam *petridisk* yang berisi 10 ml NA padat dan hasil inokulasi diratakan dengan spatula. *Petridisk*, lalu diinkubasi terbalik pada suhu  $36 \pm 1^\circ C$  selama 24 jam. Setelah inkubasi, dihitung koloni yang berjumlah 30 – 300. Nilai TPC dinyatakan dengan mengkalikan jumlah koloni dan faktor pengenceran per satu ml sampel (Anonim, 1992). Pengujian dilakukan secara *triplo*.

Penghitungan jumlah *Salmonella* dilakukan dengan cara mengencerkan 1 ml sampel ke dalam 9 ml aquadest steril dalam tabung reaksi, dan dihomogenkan sebagai pengenceran  $10^{-1}$ . Selanjutnya dibuat seri pengenceran lagi sampai diperoleh pengenceran yang diinginkan. Sebanyak 0.1 ml hasil pengenceran diinokulasikan ke dalam *petridisk* yang berisi 10 ml SSA padat, dan hasil inokulasi diratakan dengan spatula. *Petridisk*, diinkubasi terbalik pada suhu  $36 \pm 1^\circ C$  selama 24 jam. Setelah inkubasi, dihitung jumlah koloni yang memberikan “*reverse*” berwarna hitam untuk jumlah 30 – 300. Hasil perhitungan dinyatakan dengan mengkalikan jumlah koloni dan

faktor pengenceran dalam satu ml sampel (Anonim, 1992). Pengujian dilakukan secara *duplo*.

Penghitungan jumlah sel *E. coli* dilakukan dengan cara mengencerkan 1 ml sampel ke dalam 9 ml aquadest steril dalam tabung reaksi, dan dihomogenkan sebagai pengenceran  $10^{-1}$ . Kemudian dibuat seri pengenceran lagi sampai diperoleh pengenceran yang diinginkan. Sebanyak 0.1 ml hasil pengenceran diinokulasikan ke dalam *petridisk* yang berisi 10 ml *MacConkey agar* padat, dan hasil inokulasi diratakan dengan spatula. *Petridisk*, diinkubasi terbalik pada suhu  $36 \pm 1^\circ\text{C}$  selama 24 jam. Setelah inkubasi, dihitung koloni yang memberikan "reverse" berwarna merah dengan titik hitam untuk jumlah 30 – 300. Nilai jumlah *E. coli* dinyatakan sebagai hasil perkalian jumlah koloni dengan faktor pengenceran dalam satu ml sampel (Forsythe & Heyes, 1998). Pengujian ini dilakukan secara *duplo*.

#### **Analisis karakteristik kimia**

Pengukuran pH dilakukan dengan cara memasukkan 50 ml sampel dalam *beaker glass*, lalu diuji menggunakan pH meter dan ditunggu hingga hasil pengukuran konstan (Anonim, 1992).

Pengujian tingkat koagulasi susu dilakukan dengan cara memasukkan 1 ml sampel ke dalam tabung reaksi, lalu ditambahkan 1 ml alkohol 70%, dan dikocok dengan baik untuk melihat terjadinya koagulasi. Dari uji ini dapat dilihat tiga tingkat kualitas susu yaitu positif, negatif, dan zat positif, dengan kriteria untuk positif: ada koagulasi; negatif: ada pemisahan antara bagian lemak dan skim, dan zat positif: ada koagulasi, tetapi dapat diatasi dengan pemanasan  $80^\circ\text{C}$  (Anonim, 1992).

#### **Analisis fisik**

Analisis fisik dilakukan terhadap viskositas sampel dengan memasukkan

400 ml sampel ke dalam bejana viskosimeter dan menguji dengan viskosimeter (Dugdale, 1986).

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Kandungan air dan nutrisi susu yang lengkap sangat cocok untuk pertumbuhan mikrobia, sehingga susu mudah mengalami kerusakan. Dari **Gambar 1** terlihat bahwa pada jam ke 0 terdeteksi lebih dari  $10^4$  CFU/ml bakteri. Hasil ini kemungkinan disebabkan oleh kontaminasi dari kondisi sanitasi tempat pemerahan yang kurang terjamin.

Menurut Benford (2001), bahwa faktor yang harus diperhatikan dalam kontaminasi mikrobiologi yaitu karakter mikroorganisme patogen (ketahanan terhadap panas, kecepatan pertumbuhan); perlakuan yang diberikan pada makanan selama produksi, pemrosesan, penanganan dan distribusi; terjadinya kontaminasi silang dengan patogen bahan pangan lain selama proses, penyimpanan, distribusi dan penggunaan; faktor lingkungan seperti suhu pH, RH, dan sebagainya.

Hasil penelitian juga menunjukkan pada jam ke 4 total bakteri susu segar tanpa LPS, pada suhu ruang lebih besar dari  $10^6$  CFU/ml (batas SNI).

Jumlah mikroorganisme awal menentukan kecepatan pertumbuhannya, dimana semakin besar jumlah sel awal akan semakin cepat perkembangbiakan-nya. Dalam kurva pertumbuhan mikrobia pertumbuhan awal masuk dalam fase logaritmik (Hayes, 1995).

Data pada **Tabel 1** memperlihatkan bahwa nilai hubungan antara lama penyimpanan dan TPC sebesar 0,651 pada tingkat kepercayaan 99%. Hal ini menunjukkan lama penyimpanan berpengaruh terhadap jumlah total bakteri.

**Tabel 1.** Korelasi antara perlakuan dan parameter

	Lama Penyimpanan	LR	NF	LF	TPC	Salmonella	E. coli	pH
Lama Penyimpanan	1,000	0,000	0,000	0,000	0,651**	0,645**	0,696**	-
LR		1,000	0,000	1,000**	0,345**	-0,291*	-0,197	0,125
NF			1,000	1,000**	0,428**	-0,483**	-0,423**	0,332**
LF				1,000	0,676**	-0,729**	-0,601**	0,397*
TPC					1,000	0,859**	0,731**	-
Salmonella						1,000	0,763**	-
E. coli							1,000	-
pH								1,000

Catatan: Koefisien korelasi bervariasi antara -1 hingga 1, angka negative menyatakan bahwa peningkatan parameter yang satu akan menurunkan parameter yang lain, sedangkan koefisien positif menyatakan bahwa peningkatan satu parameter akan meningkatkan parameter yang lain

\*\* menyatakan korelasi signifikan pada tingkat kepercayaan 99%,

\* menyatakan korelasi signifikan pada tingkat kepercayaan 95%

NF : Tanpa LPS, pada suhu refrigerator

LR : Dengan LPS, pada suhu ruang

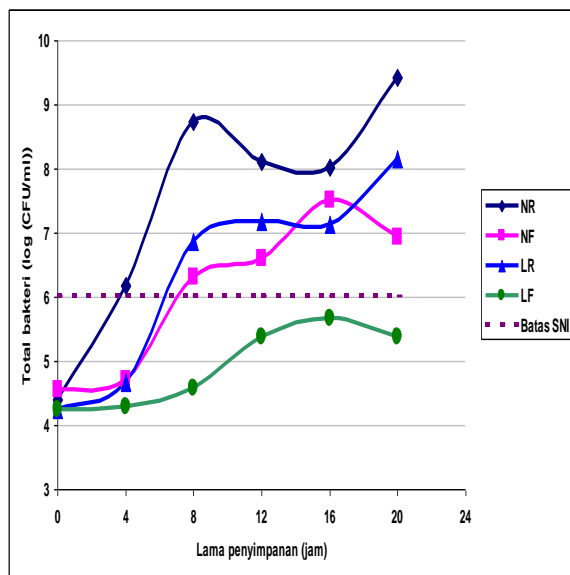
LF : Dengan LPS, pada suhu refrigerator

NR : Tanpa LPS, pada suhu ruang

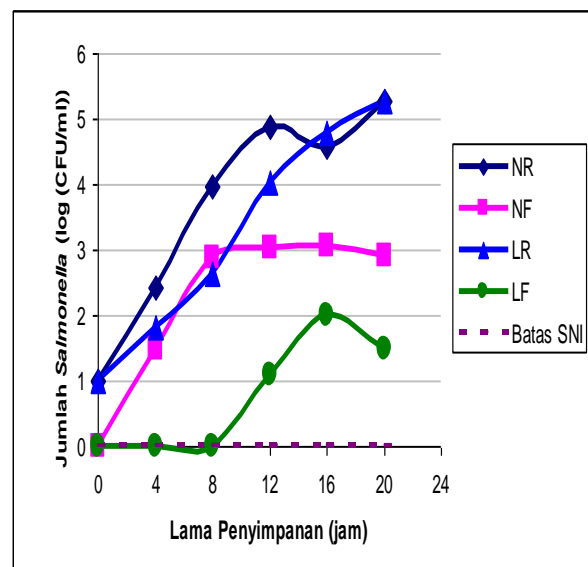
NF : Tanpa LPS, pada suhu refrigerator

LR : Dengan LPS, pada suhu ruang

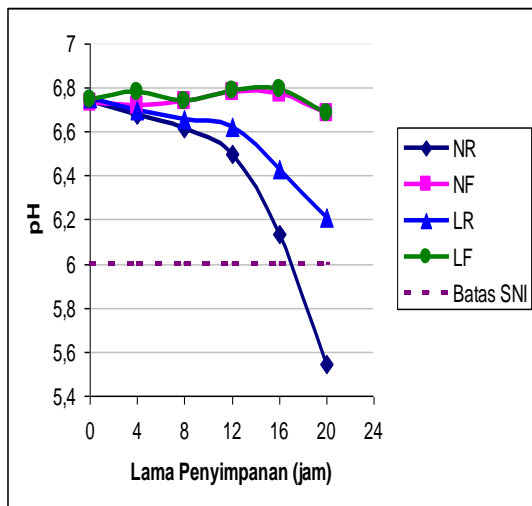
LF : Dengan LPS, pada suhu refrigerator



**Gambar 1.** Pertumbuhan total bakteri selama penyimpanan



**Gambar 2.** Pertumbuhan *Salmonella* selama penyimpanan

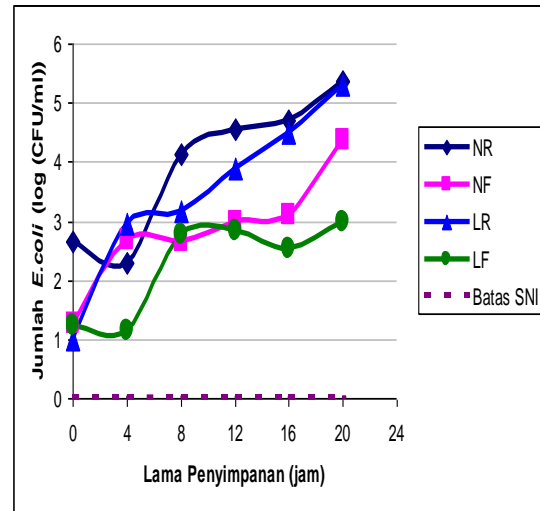


**Gambar 3.** Pertumbuhan *E. coli* selama penyimpanan

Jumlah bakteri total (TPC) menjadi tolok ukur tingkat kualitas susu segar. Pertumbuhan bakteri dalam susu segar dapat menyebabkan perubahan parameter lain seperti pH. Hasil korelasi antara parameter uji juga menyatakan bahwa hubungan antara TPC dengan pH bernilai -0.365. Hal ini sesuai dengan yang diperoleh Ray (1996) bahwa pertumbuhan mikrobial akan mempengaruhi sifat fisik maupun kimia susu segar.

LPS menunjukkan kemampuan memperlambat pertumbuhan bakteri. **Gambar 1** menjelaskan bahwa total bakteri susu segar tanpa LPS pada suhu ruang lebih besar dari  $10^6$  CFU/ml pada jam ke 4, dan pada susu segar dengan LPS pada suhu ruang untuk jumlah bakteri yang sama dicapai setelah 8 jam, sehingga penggunaan LPS sebagai pengawet masih dapat diperhitungkan. Menurut Bagus (2003), laktoperoksidase (LP) dalam susu secara alami bukan sebagai antibakteri, tetapi bila diaktifkan (sistem laktoperoksidase - LPS) akan mampu menimbulkan efek antibakteri.

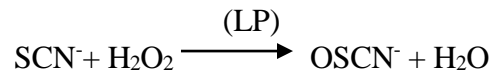
Penerapan LPS untuk pengawetan susu segar dilakukan dengan menambahkan 14 mg natrium tiosianat (NaSCN) dan 30 mg natrium perkarbonat per liter susu. Pemberian kedua senyawa tersebut



**Gambar 4.** Perubahan pH selama penyimpanan

untuk meningkatkan kandungan anion tiosianat susu menjadi sekitar 15ppm, serta  $H_2O_2$  hingga menjadi 10-11 ppm.

Untuk aktivasi LPS membutuhkan *hydrogen peroxide* (senyawa berbahaya). Senyawa ini dapat digunakan pada makanan karena pada LPS, senyawa ini akan terurai menjadi air. Sifat reaksi ini dijelaskan oleh Ryoba *et al.* (2004):



Oksidasi tiosianat menjadi oksidantiosianat ( $OSCN^-$ ) menyebabkan gugus sulfhidril (SH) pada enzim sel bakteri mengikat gugus hidroksilnya, sehingga penggunaan oksigen terhambat dan sistem respirasinya terganggu. Selain itu, juga terjadi penghambatan kerja enzim heksokinase dan pelepasan mineral kalium pada sel bakteri. Dengan mekanisme itu LPS bisa menghambat pertumbuhan atau bersifat bakteriostatik terhadap bakteri pembusuk susu segar. Menurut Anonim (1999), *Streptococci* dan *Lactobacilli* akan terhambat untuk sementara dan kemudian pulih (efek bakteriostatik).

Total bakteri susu segar tanpa LPS pada suhu refrigerator melebihi  $10^6$  CFU/ml pada jam ke 8 (**Gambar 1**).

Suhu refrigerator bisa menghambat pertumbuhan kelompok bakteri mesotrofik dan termotrofik, namun bakteri psikotrofik masih dapat hidup. Hasil ini sesuai dengan riset Ray (1996), bahwa susu yang disimpan dalam suhu dingin (5-10°C) setelah pemerahan dan disimpan beberapa hari, pembusukan didominasi oleh bakteri batang psikro-trofik negatif, seperti *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium spp* dan *Coliform*.

Dari hasil penelitian diketahui bahwa total bakteri susu segar dengan LPS pada suhu refrigerator hingga jam ke 20 kurang dari 10<sup>6</sup> CFU/ml. Hal ini disebabkan kombinasi suhu refrigerator dan LPS mampu menghambat sejumlah besar bakteri. Suhu refrigerator menjaga hanya untuk bakteri psikotrofik yang bisa tumbuh, sedangkan LPS memberi efek bakteriostatik seperti diungkapkan oleh Anonim (1999). Sementara itu perlakuan pengawetan yang lain hanya dapat menahan hingga 4 jam, pada selang waktu berikutnya jumlah sel telah melebihi 10<sup>6</sup> CFU/ml.

Dalam **Tabel 1** ditunjukkan bahwa nilai hubungan antara perlakuan LPS pada suhu ruang dan TPC, hubungan perlakuan tanpa LPS pada suhu refrigerator dan TPC, dan hubungan perlakuan LPS pada suhu refrigerator dan TPC berturut-turut sebesar (-0.345), (-0.428), dan (-0.676) pada tingkat kepercayaan 99%. Hasil ini menandakan bahwa perlakuan LPS pada suhu refrigerator paling efektif menghambat pertumbuhan bakteri, diikuti perlakuan tanpa LPS pada suhu refrigerator dan perlakuan LPS pada suhu ruang.

Pengujian *Salmonella* dan *E. coli* penting dilakukan, selain karena keduanya dapat menyebabkan diare, demam stadium rendah, dan pusing, kedua bakteri ini juga dapat tumbuh baik pada susu (Mortimore & Wallace, 1998).

**Gambar 2** menunjukkan bahwa jumlah *Salmonella* susu segar tanpa LPS pada suhu ruang dan pada susu segar

dengan LPS pada suhu ruang pada jam ke 0 sebesar 10 CFU/ml (lebih besar dari standar SNI, 0 CFU/ml). Namun, jumlah *Salmonella* susu segar tanpa LPS pada suhu ruang setelah 4 jam mencapai lebih dari 10<sup>2</sup> CFU/ml, sedangkan pada susu segar dengan LPS pada suhu ruang untuk jumlah tersebut baru dicapai pada jam ke 8. Perbedaan ini menunjukkan bahwa aktivasi LPS pada suhu ruang mampu menghambat pertumbuhan *Salmonella*. Hasil ini sesuai dengan kajian Purdy, *et al.* (1982) dimana *Salmonella* memiliki ketahanan terhadap sifat bakteriosidal dari LPS, namun peka terhadap efek bakteriostatiknya. Jumlah *Salmonella* susu segar tanpa LPS pada suhu ruang pada jam ke 0 sebesar 10 CFU/ml, dimungkinkan akibat sanitasi tempat pemerahan susu yang buruk.

Data pada **Tabel 1** menunjukkan bahwa korelasi antara lama penyimpanan dan jumlah *Salmonella* bernilai 0.645, yang berarti jumlah *Salmonella* meningkat seiring bertambahnya lama penyimpanan.

Pada kombinasi perlakuan tanpa LPS pada suhu refrigerator pada jam ke 0 susu segar tidak mengandung sel *Salmonella*, akan tetapi terus meningkat selama penyimpanan. Pada susu segar tanpa LPS pada suhu ruang mengandung *Salmonella* mendekati 10<sup>5</sup> CFU/ml setelah penyimpanan 12 jam, namun pada susu segar tanpa LPS pada suhu refrigerator untuk lama penyimpanan yang sama mengandung *Salmonella* sebesar 10<sup>3</sup> CFU/ml. Perlakuan suhu refrigerator dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Salmonella*, karena menurut Mortimore & Wallace (1998) bakteri ini memiliki suhu pertumbuhan optimum 35 - 43°C dan dapat hidup pada suhu 5.2 - 46.2°C.

Jumlah *Salmonella* awal pada susu segar kombinasi perlakuan LPS dan suhu refrigerator stabil (0 CFU/ml) hingga jam ke 8 (**Gambar 2**). Kombinasi perlakuan tersebut menunjukkan cara terbaik untuk menghambat pertumbuhan *Salmonella*. Hasil ini sesuai dengan kajian Purdy *et al.*

(1982) dan Mortimore & Wallace (1998). Sementara itu, perlakuan yang lain kurang menunjukkan kemampuan dapat menahan pertumbuhan *Salmonella*.

Nilai hubungan antara *Salmonella* dan: perlakuan LPS pada suhu ruang, perlakuan tanpa LPS pada suhu refrigerator, dan perlakuan LPS pada suhu refrigerator berturut-turut sebesar (-0.291), (-0.483) dan (-0.729) pada tingkat kepercayaan 95% - 99%. (Tabel 1). Hal ini menandakan bahwa perlakuan LPS pada suhu refrigerator memberikan efek terbaik pada penghambatan *Salmonella* dibanding dengan perlakuan lain.

Gambar 3 menunjukkan jumlah *E. coli* susu segar pada semua perlakuan pada jam ke 0 lebih dari 0 CFU/ml dan terus meningkat selama penyimpanan. Dari Tabel 1 juga diketahui bahwa nilai hubungan antara lama penyimpanan dan jumlah *E. coli* sebesar 0.696 pada tingkat kepercayaan 99%. Hasil ini menandakan bahwa selama penyimpanan terjadi peningkatan jumlah *E. coli*. Pada perlakuan tanpa LPS pada suhu ruang jumlah *E. coli* susu segar pada jam ke 8 lebih dari  $10^4$  CFU/ml, sedangkan pada susu segar dengan LPS pada suhu ruang jumlah tersebut dicapai pada jam ke 16. Hasil ini menunjukkan bahwa pada suhu ruang perlakuan LPS lebih menghambat pertumbuhan *E. coli* dibandingkan tanpa LPS. Dan hasil ini sesuai dengan studi Garcia-Graells *et al.* (2000) bahwa LPS memiliki efek menghambat pada *E. coli* dalam susu UHT pada suhu 20°C.

Jumlah *E. coli* di susu tanpa LPS pada suhu ruang mencapai lebih dari  $10^4$  CFU/ml pada jam ke 8, sedangkan pada susu segar tanpa LPS pada suhu refrigerator untuk jumlah sel yang sama dicapai pada jam ke 20. Hasil ini menunjukkan bahwa suhu refrigerator lebih menghambat pertumbuhan *E. coli*, dibanding suhu ruang. *E. coli* memiliki suhu pertumbuhan optimum 35-40°C dan dapat hidup pada 7-46°C (Mortimore & Wallace, 1998).

Jumlah *E. coli* susu pada kombinasi suhu refrigerator dan LPS pada jam ke 20 kurang dari  $10^3$  CFU/ml (**Gambar 3**). Hal ini menggambarkan bahwa kombinasi suhu refrigerator dan LPS efektif untuk penghambatan pertumbuhan *E. coli*. Hasil ini juga sesuai dengan temuan Garcia-Graells *et al.* (2000) bahwa LPS menghambat pertumbuhan mikrobial, tetapi tidak menginaktifkannya. Dari Tabel 1 juga diketahui bahwa nilai hubungan antara *E. coli* dan: perlakuan LPS pada suhu ruang; perlakuan tanpa LPS pada suhu refrigerator; dan perlakuan LPS pada suhu refrigerator berturut-turut adalah (-0.197), (-0.423) dan (-0.729) pada tingkat kepercayaan 99%. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan LPS pada suhu refrigerator paling efektif untuk menghambat pertumbuhan *E. coli*, diikuti perlakuan tanpa LPS pada suhu refrigerator dan LPS pada suhu ruang.

Selama penyimpanan nilai pH susu segar cenderung mengalami penurunan (**Gambar 4**), yang diakibatkan oleh aktivitas bakteri, terutama pada perlakuan suhu ruang. Menurut Ray (1996), *coliform* laktosa positif akan menghasilkan asam laktat, asam asetat, dan asam formiat, CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub> (dengan fermentasi asam), dan menyebabkan susu masam serta terbentuk *curd* dan *foam*.

Data pada **Tabel 1** juga menunjukkan bahwa hubungan antara lama penyimpanan dan pH bernilai (-0.331) pada tingkat kepercayaan 99%. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai pH menurun seiring lama penyimpanan. Pada suhu refrigerator kestabilan pH susu lebih dapat dijaga dibandingkan dengan pada suhu ruang tanpa LPS. Hal ini disebabkan pada suhu refrigerator, pertumbuhan bakteri dapat dihambat dan LPS mampu menurunkan pengasaman, meskipun tidak signifikan. Hal ini disebabkan LPS mungkin kurang menghambat pertumbuhan bakteri pembentuk asam. Susu dengan kombinasi perlakuan LPS dan suhu refrigerator dapat menjaga pH secara signifikan dibandingkan dengan susu tanpa LPS pada suhu ruang.

## KESIMPULAN

Perlakuan LPS pada suhu kamar (25-28°C) lebih efektif memperpanjang lama simpan susu segar hingga 4 jam dibandingkan perlakuan tanpa LPS. Namun perlakuan LPS pada suhu refrigerator (5-10°C) lebih efektif memperpanjang lama simpan susu segar hingga lebih dari 16 jam dibandingkan dengan perlakuan tanpa LPS pada suhu kamar. Sementara, tanpa LPS, perlakuan suhu refrigerator (5-10°C) lebih efektif memperpanjang lama simpan susu segar hingga 4 jam dibandingkan dengan perlakuan tanpa LPS pada suhu kamar

Peningkatan waktu penyimpanan susu akan meningkatkan jumlah bakteri total (nilai korelasi 0.651), *Salmonella* (nilai korelasi 0.645), dan *E. coli* (nilai korelasi 0.696), serta menurunkan pH (nilai korelasi -0.331), pada tingkat kepercayaan 99%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim (1992). *Milk Testing and Quality Control*. Training Programme for Small Scale Dairy Sector and Dairy Training Institute. Naivasha.
- Anonim (1999). *Manual on The Use of The LP System in Milk Handling and Preservation*. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Roma.
- Bagus (2003). *Mengawetkan Susu Segar*. [http://www.ciptapangan.com/tips-detail.php?detail\\_page=5](http://www.ciptapangan.com/tips-detail.php?detail_page=5)[17 Oktober 2005].
- Benford D (2001). *Principles of risk Assesment of Food and Drinking Water Related to Human Health*. ILSI Europe. Red Star.
- Boots JW and Floris R (2006). Lactoperoxidase: From catalytic mechanism to practical applications. *International Dairy Journal* 16 (11): 1272-1276.
- Boussouel N, Mathieu F, Revol-Junelles AM, Milliere JB (2000). Effects of combinations of lactoperoxidase system and nisin on the behaviour of *Listeria monocytogenes* ATCC 15313 in skim milk. *International Journal of Food Microbiology* 61(2) :169-175.
- Garcia-Graells C, Valckx C, Michiels CW (2000). Inactivation of *Escherichia coli* and *Listeria innocua* in Milk by Combined Treatment with High Hydrostatic Pressure and The Lactoperoxidase System. Laboratory of Food Microbiology. Heverlee. *Applied and Environmental Microbiology* 66(10).
- Purdy MA, Tenovuo J, Pruitt KM, White WE (1982). Effect of Growth Phase and Cell Envelope Structure on Susceptibility of *Salmonella typhimurium* to the Lactoperoxidase-Thiocyanate-Hydrogen Peroxide System. *Infection and Immunity*, p.1187-1195. *American Society for Microbiology*.
- Ray B (1996). *Fundamental Food Microbiology*. CRC Press. London
- Seifu E, Buys EM, Donkin EF (2006). Significance of the lactoperoxidase system in the dairy industry and its potential applications: a review. *Trends in Food Science & Technology* 16(4):137-154.