

KARAKTERISTIK FISIK, KIMIA, DAN MIKROBIOLOGIS SUSU KAMBING TERPASTEURISASI SINAR ULTRAVIOLET SISTEM SIRKULASI

The Characteristic of Physical, Chemical, and Microbiological of Goat Milk Pasteurized Using Ultraviolet Radiation Circulation System

Budi Hariono¹⁾, Sutrisno²⁾, Kudang Boro Seminar²⁾, Rarah Ratih A Maheswari³⁾

¹⁾ Mahasiswa Program Doktor, Ilmu Keteknikan Pertanian, Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.

²⁾ Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

²⁾ Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

³⁾ Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor

Email : budi_hariono_poltek@yahoo.com

ABSTRACT

Safety assurance of food products from goat milk needs special attention because of the perception and public confidence will be goat milk for health benefits if it consumed in fresh milk. The objective of research was to evaluate influence frequency circulation on the physical, chemical and microbiological goat's milk properties which was exposed to UV light. Parameters of the research were measured of: physical properties (viscosity, specific heat, conductivity, pH, moisture content, freezing point and density), chemical properties (fat content, solid non fat, protein and lactose content) and total microbial test method TPC (Total Plate Count). The result of the research showed that the physical and chemical properties were not significantly different from control at test level <0.5%. The rate inactivation microbial for one, two and three circulation are 0.14, 0.30 and 0.45 log-cycles, with dose UV, treatment time, and flow rate of 208.11 mJ/cm²; 53.24 seconds and 4:32 ± 0.71 cc/sec respectively. The best treatment is obtained at a frequency of three times of the circulation.

Key words : Physical properties, chemical properties, microbiological properties, goat milk pasteurization, ultraviolet radiation circulation system

PENDAHULUAN

Teknologi pengawetan bahan pangan umumnya didominasi oleh metode perlakuan panas (*thermal*) untuk memperpanjang umur simpan produk. Teknologi ini mempunyai dampak negatif seperti degradasi komponen tidak tahan panas, mengurangi nilai nutrisi, mengurangi kadar vitamin, menghasilkan warna, tekstur dan bau yang kurang disukai konsumen. Teknologi pengawetan pangan *non termal* merupakan alternatif untuk dikembangkan dalam rangka memperoleh kualitas produk yang lebih baik dengan tetap memperhatikan faktor keamanan pangan, mempertahankan karakteristik nutrisi dan meminimalkan penurunan kualitas rasa, warna dan nilai gizi. Salah satu teknologi *non termal*

tersebut adalah iradiasi ultraviolet (Butz and Tauscher, 2002; Noci, *et al.*, 2008).

Penyinaran ultraviolet (UV) dapat mengurangi total mikroba pada bahan pangan (Guerrero-Beltrán and Barbosa-Cánovas, 2004; Tran and Farid, 2004). Panjang gelombang UV yang efektif untuk penghambatan mikoba terletak pada UV-C yaitu antara 200 hingga 280 nm, terutama pada 254 nm, sedangkan pada panjang gelombang 320 nm menghasilkan efisiensi hampir nol (Bachmann, 1975; Bintsis, *et al.*, 2000). Iradiasi UV dapat mempengaruhi DNA bakteri, virus, jamur dan mikroorganisme lainnya sehingga mencegah terjadinya reproduksi (Hijnen, *et al.*, 2006). Irradiasi UV mampu mencegah transkripsi dan replikasi DNA sel mikroba, sehingga pertumbuhan sel mengalami gangguan.

Di industri pangan, iradiasi UV-C telah diterapkan di berbagai proses pengolahan seperti produk daging atau sayur, dan air untuk proses pengolahan, pada permukaan produk segar seperti karkas ayam, ikan, telur, dan berbagai bahan pangan cair seperti susu, jus atau sari buah (Basaran, *et al.*, 2004; Duffy, *et al.*, 2000; Hadjock, *et al.* 2008; Liltved and Landfald, 2000; Matak, *et al.*, 2005; Quintero-Ramos, *et al.*, 2004).

Iradiasi UV telah berhasil diterapkan pada pasteurisasi bahan pangan cair seperti susu dan jus buah (Matak, *et al.*, 2005; Koutchma, *et al.*, 2004). Lodi, *et al.*, (1996) melakukan radiasi UV-C pada susu kambing berhasil mengurangi jumlah total bakteri antara 50-60%, dan pada *E. coli* antara 80-90%, sedangkan Burton (1951) mampu menginaktivasi total mikroba hingga 99% pada susu sapi. Matak, *et al.*, (2005) mampu menginaktivasi *Listeria monocytogenes* pada susu kambing dengan dosis 15.8 mJ/cm² sebesar 5 siklus log dengan 12 kali sirkulasi dengan waktu perlakuan 18 detik.

Penelitian ini bertujuan melakukan karakterisasi sifat fisika, kimia dan mikrobiologis susu kambing segar yang

dipapar dengan UV pada satu, dua dan tiga kali sirkulasi dibandingkan dengan susu kambing segar (kontrol).

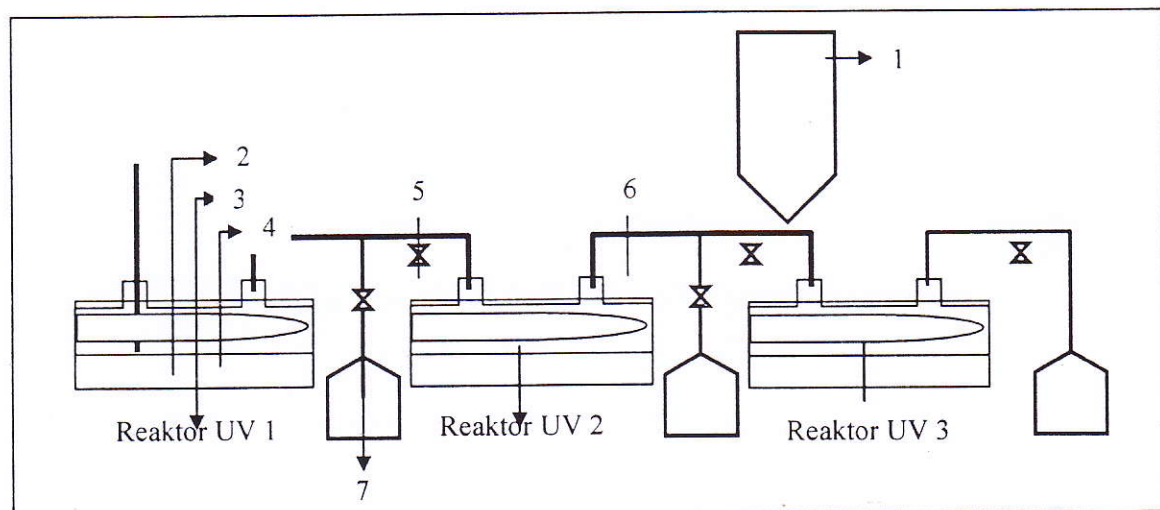
METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium (*pure experiment*) dan terdiri atas dua (2) kegiatan utama, yaitu 1) pasteurisasi susu dengan ultraviolet, dan 2) pengukuran dosis UV. Kegiatan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Ternak (THT), Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor, dengan waktu penelitian bulan April – Mei 2011.

Pasteurisasi Susu dengan Ultraviolet

Sistem reaktor UV didesain dan dipabrikasi oleh Kada (USA) Inc. Reaktor terdiri atas saluran pemasukan dan pengeluaran terbuat dari bahan ST 316, lampu UV 10 W UV-C 253,7 nm, tabung quartz. Sampel susu kambing sebanyak 1 liter dilewatkan pada reaktor UV 1, 2 dan 3, dimana sampel susu diambil sebanyak 100 ml pada setiap reaktor UV (**Gambar 1**).



Keterangan :

1 = separating funnel

2 = reaktor UV

3 = tabung quartz

4 = lampu UV

5 = kran

6 = selang silikon "food grade"

7 = erlenmeyer (tempat sampel)

Gambar 1. Skema peralatan pengujian pasteurisasi susu oleh ultraviolet

Pengukuran dosis UV

Estimasi dosis dihitung menggunakan model radial (Koutchma, *et al.*, 2009), sebagai berikut: Dosis UV = Intensitas (I) x Waktu perlakuan (T), dimana :

$$\text{Intensitas atau } I_{(r)} = \frac{P_i}{2\pi r} \times e^{-\alpha r}$$

$$I_r = \left(\frac{10000 \text{ mW} / 23,5}{2 \times \pi \times 5} \right) \times e^{-2,303 \times 300 \times 5} = 13,03 \text{ mW} / \text{cm}^2$$

Waktu perlakuan (T) per reaktor dapat dihitung sebagai berikut:

$$\text{Waktu perlakuan (T)} = \frac{\text{Volume reaktor (L)}}{\text{Debit aliran (L/jam)}} = \frac{0,23 \text{ L}}{15,55 \text{ L/jam}} = 53,24 \text{ detik}$$

Dosis UV per reaktor pada sistem sirkulasi dihitung dari perkalian antara Intensitas (I) dan Waktu perlakuan (T), sehingga diperoleh:

$$\text{Dosis} = \text{Intensitas (I)} \times \text{Waktu perlakuan (T)} \\ = 13,03 \frac{\text{mW}}{\text{cm}^2} \times 53,24 \text{ s} = 693,72 \frac{\text{mWs}}{\text{cm}^2} = 693,72 \frac{\text{mJ}}{\text{cm}^2}$$

Efisiensi dari lampu UV-C tipe soft glass sebesar 25% - 35% (Schalk 2005), sehingga dosis UV menjadi 208.11 mJ/cm².

Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan kontrol (tanpa UV/susu segar), satu, dua dan empat kali sirkulasi dengan tiga kali ulangan. Hasil dianalisis dengan sidik ragam (ANOVA), apabila hasil analisis menunjukkan pengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil). Model matematika rancangan tersebut menurut Steel dan Torrie (1991):

$$Y_{ij} = \mu + P_i + \varepsilon_{ij}$$

Dimana :

Y_{ij} : nilai pengamatan sirkulasi UV ke i dan ulangan ke-j

μ : nilai tengah umum

P_i : pengaruh sirkulasi UV ke-i

ε_{ij} : galat percobaan untuk perlakuan ke-i dan ulangan ke-j.

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan adalah susu kambing yang diperoleh dari Pesantren Pertanian Ciampea Bogor. Alat yang digunakan adalah bejana susu, reaktor UV-C output merk Kadind GPH 180T5L/10W buatan Kada (USA) Inc, selang silikon "food grade", milkotester, pH meter, konduktivitas meter, laktodensimeter serta viskosimeter tipe *falling ball*.

Metode Analisis

Pengamatan dilakukan terhadap sifat fisika, kimia susu dan mikrobiologis meliputi: berat jenis, titik beku, kadar air, pH, konduktivitas, panas spesifik, viskositas, kadar lemak, kadar bahan kering tanpa lemak, kadar protein, kadar laktosa, dan uji *total plate count* (TPC). Pengukuran kadar lemak, kadar bahan kering tanpa lemak, berat jenis, titik beku, kadar protein, dan kadar laktosa dilakukan dengan milkotester, pH diukur dengan pH meter merk A-Z, konduktivitas diukur dengan konduktivitas meter merk A-Z, viskositas diukur dengan viskosimeter metode *falling ball*, dan panas spesifik dihitung dengan metode Singh dan Heldman (1993). Uji TPC dilakukan dengan metode SNI 01314-1998, dimana jumlah bakteri ditentukan dengan metode hitungan cawan dan untuk melaporkan hasil analisis digunakan *Standard Plate Count* (SPC).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Fisika dan Kimia Susu Kambing Hasil Irradiasi

Sifat fisika dan sifat kimia susu kambing yang dipapar sinar UV berturut-turut tertera pada **Tabel 5** dan **Tabel 6**.

Tabel 5. Karakteristik fisika susu kambing yang telah dipapar sinar UV

Pengujian	Perlakuan			
	Kontrol	Satu sirkulasi	Dua sirkulasi	Tiga sirkulasi
Viskositas	2,08±0,02 ^a	2,34±0,31 ^a	2,29±0,29 ^a	2,03±0,10 ^a
pH	6,52±0,05 ^a	6,54±0,05 ^a	6,55±0,03 ^a	6,58±0,01 ^a
Berat jenis	1,0314±0,0019 ^a	1,0297±0,0002 ^a	1,0296±0,0002 ^a	1,0297±0,0002 ^a
Konduktivitas	4,61±0,15 ^a	4,59±0,14 ^a	4,59±0,14 ^a	4,67±0,07 ^a
Titik beku	-0,488±0,0019 ^a	-0,481±0,0020 ^a	-0,479±0,0031 ^a	-0,479±0,0006 ^a
Panas spesifik	3,78±0,01 ^a	3,79±0,01 ^a	3,79±0,01 ^a	3,79±0,01 ^a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan nilai tidak berbeda nyata pada taraf uji < 0.05

Tabel 6. Karakteristik kimia susu kambing yang telah dipapar sinar UV

Pengujian	Perlakuan			
	Kontrol	Satu sirkulasi	Dua sirkulasi	Tiga sirkulasi
BKTL	9,73±0,16 ^a	9,61±0,03 ^a	9,57±0,03 ^a	9,60±0,04 ^a
Kadar protein	5,28±0,11 ^a	5,21±0,05 ^a	5,19±0,03 ^a	5,22±0,03 ^a
Kadar laktosa	3,54±0,06 ^a	3,49±0,03 ^a	3,48±0,03 ^a	3,47±0,03 ^a
Berat kering	15,63±0,52 ^a	15,45±0,47 ^a	15,38±0,39 ^a	15,48±0,39 ^a
Kadar air	83,38±0,52 ^a	84,55±0,47 ^a	84,62±0,39 ^a	84,53±0,39 ^a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan nilai tidak berbeda nyata pada taraf uji < 0.05

Viskositas Susu Kambing

Pada kondisi susu normal, viskositas dipengaruhi oleh konsentrasi lemak, protein, temperatur, pH dan umur susu, dimana viskositas susu kambing yang diukur pada suhu 20°C adalah sebesar 2,12 cP (Juarez dan Ramos, 1986 diacu dalam Park, *et al.*, 2007). Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan frekuensi sirkulasi UV tidak berbeda nyata terhadap viskositas susu kambing kontrol, meskipun cenderung mengalami penurunan dengan laju penurunan 0,019 cP, dimana nilai viskositas ini masih berada dalam kisaran yang dipersyaratkan oleh Juarez dan Ramos (1986).

Viskositas cenderung menurun ketika suhu cairan meningkat. Kondisi ini berbeda dengan hasil yang diperoleh, dimana viskositas susu kambing cenderung

meningkat dengan peningkatan suhu susu. Laju peningkatan viskositas susu kambing satu, dua dan tiga sirkulasi dibandingkan kontrol berturut-turut 0,26; 0,21 dan -0,05 cP. Hal ini dikarenakan butiran kasein susu yang mampu mengeliminir pengaruh kenaikan suhu. Peningkatan viskositas susu selama proses pemaparan sinar UV akibat terjadinya absorpsi basa-basa asam nukleat sehingga menghasilkan viskositas yang lebih tinggi.

Nilai pH

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa nilai pH susu kambing perlakuan kontrol tidak berbeda nyata dengan nilai pH susu kambing perlakuan sirkulasi, dengan kisaran pH 6,52 sampai 6,58. Perlakuan sirkulasi cenderung mengalami laju kenaikan pH

sebesar 0,019. Peningkatan sedikit nilai pH ini cenderung sedikit meningkatkan viskositasnya, akibat pemecahan butiran kasein. Hal ini sesuai dengan pendapat Walstra, *et al.* (1999) yang diacu dalam Park (2006).

Berat Jenis

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan frekuensi sirkulasi UV pada susu kambing tidak berbeda nyata, dengan kisaran $1,0296 \pm 0,002$ sampai $1,0314 \pm 0,0019$ g/cm³. Berat jenis susu kambing akibat perlakuan sirkulasi cenderung sedikit menurun dengan laju penurunan 0,0005 g/cm³ dan hasil ini masih sesuai dengan hasil pengukuran berat jenis susu kambing menurut Juarez dan Ramos (1986) diacu dalam Park, *et al.*, (2007) sebesar 1,029-1,039 g/cm³.

Nilai berat jenis yang rendah diduga disebabkan perubahan kondisi lemak dan adanya gas yang timbul didalam air susu, yang sangat dipengaruhi rentang pemerahan dengan pengukuran. Penundaan pengukuran mengakibatkan penurunan berat jenis.

Konduktivitas

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan frekuensi sirkulasi UV pada susu kambing tidak berbeda nyata, dengan kisaran 4,59 - 4,67 mS. Namun, perlakuan sirkulasi cenderung meningkatkan laju konduktivitas 0,017 mS. Kenaikan nilai konduktivitas disebabkan terjadinya kenaikan suhu karena paparan sinar UV. Nilai konduktivitas susu kambing tersebut masih sesuai dengan persyaratan Juarez dan Ramos (1986) diacu dalam Park *et al.* (2007) sebesar 4,3-13,9 mS.

Titik beku

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan sirkulasi UV terhadap titik beku pada susu kambing kontrol tidak berbeda nyata dengan perlakuan, dengan kisaran $(-0,479 \pm 0,0006)^\circ\text{C}$

sampai $(-0,488 \pm 0,0019)^\circ\text{C}$. Namun perlakuan sirkulasi cenderung terjadi peningkatan dengan laju $0,0029^\circ\text{C}$. Adanya penambahan susu dengan air akan memperlihatkan titik beku yang lebih besar dari air dan lebih kecil dari air susu. Hal ini dikarenakan titik didih air adalah 100°C dan air susu $100,16^\circ\text{C}$. Titik didih juga akan mengalami perubahan pada pemalsuan air susu dengan air (Saleh 2004). Titik beku kontrol dengan perlakuan cenderung mengalami penurunan, hal ini menandakan tidak adanya penambahan air pada susu kambing. Penambahan 1% air maka titik beku susu akan naik sebesar $0,0055^\circ\text{C}$, titik beku akan lebih rendah dengan bertambahnya jumlah laktosa dan abu yang terlarut. Lemak dan protein sangat sedikit atau sama sekali tidak berpengaruh terhadap titik beku susu.

Panas spesifik

Menurut Singh dan Heldman (1993), panas spesifik berbanding lurus dengan nilai kadar air susu. Semakin tinggi kadar air suatu bahan maka nilai panas spesifik juga semakin tinggi. Nilai panas spesifik dihitung menggunakan metode Singh dan Heldman (1993) dimana: $C_p = 1.675 + 0.025w$. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan sirkulasi UV terhadap panas spesifik pada susu kambing kontrol dan perlakuan tidak berbeda nyata, meskipun terjadi peningkatan dengan laju $0,0014$ kJ/kg^oC. Hal ini disebabkan kadar air susu kambing juga mengalami kenaikan dengan laju 0,052%.

Kadar lemak

Menurut Thai Agricultural Standar (2008) kadar lemak susu kambing diklasifikasikan dalam tiga kriteria, yaitu kualitas premium, baik dan standar; Fox (2003) dan Chandan *et al.* (2007) berturut-turut >4,00%, 3,50-4,00%, 3,25-3,50%; 4,10% dan 4,50%. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan frekuensi sirkulasi UV pada susu kambing

tidak mempengaruhi kadar lemak susu kambing, meskipun cenderung mengalami penurunan dengan laju penurunan 0,011%. Hal ini dimungkinkan karena globula lemak bersifat labil dan dapat pecah akibat adanya sirkulasi. Hasil pengukuran kadar lemak baik kontrol maupun perlakuan memenuhi yang dipersyaratkan Thai Agricultural Standar (2008), Fox (2003) dan Chandan *et al.* (2007).

Besar kecilnya globula lemak ditentukan oleh kadar air. Makin tinggi kadar air maka makin besar globula lemaknya (Saleh 2004). Kadar air susu kambing rata-rata 83-85. Menurut (Attaie & Richter 2000), globula lemak susu kambing lebih kecil dan mudah beremulsi dengan baik dalam susu. Lemak di dalam susu terdapat dalam jutaan bola kecil yang berdiameter antara 1-20 μm . Diameter globula lemak susu kambing berkisar antara 0,92- 8,58 μm .

Kadar lemak dipengaruhi oleh viskositas, jika viskositas meningkat karena proses koagulasi protein karena efek pecahnya butiran sel kasein menyebabkan kadar lemak juga akan meningkat (Spreer 1998). Beberapa kondisi dan perlakuan yang berpengaruh terhadap stabilitas kasein yang berpengaruh nyata terhadap viskositas susu adalah pH, keseimbangan garam, perlakuan panas, enzim dan bakteri.

Penurunan kadar lemak diduga karena lemak bersifat hidrofobik yang menyebabkan fraksi lemak terpisah dari air dan dapat menempel pada permukaan wadah susu. Semakin tinggi frekuensi sirkulasi menyebabkan kontak antara fraksi lemak dan fraksi non lemak juga semakin tinggi, sehingga memungkinkan lemak berinteraksi dengan fraksi-fraksi non lemak. Menurut Wong (1989), pada saat globula lemak terpisah saat sirkulasi, maka globula lemak yang terdispersi terselubungi protein, dimana bagian non polar protein terikat pada bagian luar globula lemak, sedangkan bagian polar protein terikat ke air. Semakin tinggi frekuensi sirkulasi diduga semakin

banyak lemak yang terikat oleh fraksi non lemak.

Bahan Kering Tanpa Lemak (BKTL)

Kadar BKTL susu kambing menurut Fox (2003); Chandan *et al.* (2007); dan Thai Agricultural Standar (2008) berturut-turut sebesar 9,10%; 8,70% dan >8,00%. Hasil analisis sidik ragam terhadap kadar BKTL susu kambing menunjukkan bahwa perlakuan frekuensi sirkulasi tidak berpengaruh nyata terhadap nilai kadar BKTL, meskipun mengalami penurunan dengan laju penurunan 0,041%. Hal ini berarti perlakuan sirkulasi tidak memberikan merubah senyawa-senyawa non lemak. Bahan kering tanpa lemak (BKTL) dalam susu tersusun atas: albumin (kasein dan protein), laktosa, vitamin, enzim, dan gas.

Kadar protein

Persyaratan kadar protein susu kambing menurut Fox (2003); Chandan *et al.* (2007) dan Thai Agricultural Standar (2008) berturut-turut 3,60%; 2,90% dan >3,70%. Hasil analisis sidik ragam terhadap kadar kadar protein susu kambing menunjukkan bahwa perlakuan frekuensi sirkulasi tidak berpengaruh nyata terhadap nilai kadar protein, meskipun mengalami penurunan dengan laju penurunan 0,020%, dimana nilai kadar protein kontrol dan perlakuan lebih tinggi dari persyaratan Fox (2003); Chandan *et al.* (2007) dan Thai Agricultural Standar (2008). Protein di dalam air susu merupakan penentu kualitas air susu sebagai bahan konsumsi (Saleh 2004).

Kadar laktosa

Kadar laktosa susu kambing menurut Fox (2003) dan Chandan *et al.* (2007) berturut-turut 4,70% dan 4,10%. Hasil analisis sidik ragam terhadap kadar kadar laktosa susu kambing menunjukkan bahwa perlakuan frekuensi sirkulasi tidak berpengaruh nyata terhadap nilai kadar laktosa meskipun mengalami penurunan dengan laju penurunan 0,022%, meskipun nilai kadar laktosa kontrol dan perlakuan lebih rendah dari persyaratan Fox (2003)

dan Chandan *et al.* (2007) Hal ini disebabkan kadar laktosa sangat ditentukan musim, tingkat laktasi, peningkatan nilai lemak, protein, BKTL dan mineral yang menyebabkan nilai kadar laktosa menjadi rendah (Haenlein 2004). Kadar laktosa susu kambing kira-kira 0,2-0,5% lebih rendah dibandingkan susu sapi (Chandan *et al.* 1992).

Kadar berat kering (b.k)

Nilai kadar b.k. susu kambing menurut Fox (2001), Chandan *et al.* (2007) dan Thai Agricultural Standar (2008) berturut-turut adalah 13,20%; 13,20% dan >13,00%. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan sirkulasi UV terhadap berat kering pada susu kambing tidak berbeda nyata meskipun mengalami penurunan dengan laju penurunan 0,052%. Namun nilai berat kering susu kambing memenuhi persyaratan Fox (2001), Chandan *et al.* (2007), dan Thai Agricultural Standar (2008). Frekuensi sirkulasi semakin besar menyebabkan nilai kadar lemak semakin menurun, sehingga nilai berat kering juga akan menurun.

Kadar air

Nilai kadar air susu kambing menurut Fox (2001) dan Chandan *et al.* (2007) adalah 86,80%. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan sirkulasi UV terhadap kadar air pada susu kambing tidak berbeda nyata, meskipun mengalami laju kenaikan 0,052%, dimana nilai kadar air susu kambing dibawah nilai yang dipersyaratkan Fox (2001) dan Chandan *et al.* (2007). Hal ini dikarenakan nilai berat kering susu kambing hasil penelitian jauh berada di atas nilai berat kering yang dipersyaratkan Fox (2001) dan Chandan *et al.* (2007).

Inaktivasi mikroorganisme

Dosis dan waktu perlakuan per reaktor berturut-turut sebesar 208.11 mJ/cm² dan 53,24 detik menghasilkan inaktivasi mikroorganisme untuk satu, dua

dan tiga sirkulasi dengan kecepatan aliran 4,32±0,71 cc/detik berturut-turut sebesar 0,14; 0,30 dan 0,45 log-siklus.

KESIMPULAN

Karakteristik fisika dan kimia susu kambing tidak dipengaruhi secara nyata oleh perlakuan sirkulasi UV satu, dua, dan tiga karena masih memenuhi persyaratan Thai Agricultural Standar (2008), Fox (2003) dan Chandan (2007).

Perlakuan tiga sirkulasi merupakan perlakuan terbaik dengan laju inaktivasi mikroorganisme 0,45 log siklus dengan laju kecepatan, dosis dan waktu perlakuan berturut-turut sebesar 4,32±0,71 cc/detik, 624,33 mJ/cm² dan 159,72 detik.

DAFTAR PUSTAKA

- Attaie R, Richter RL (2000). Size distribution of fat globules in goat milk. *Journal Dairy Science* 83:940-944.
- Basaran N, Quintero-Ramos A, Moake MM, Churey JJ & Worobo RW (2004). Influence of apple cultivar on inactivation of different strains of *Escherichia coli* O157:H7 in apple cider by UV irradiation. *Applied Environmental Microbiology*, 70:6061 - 6065.
- Bintsis T, Litopoulou-Tzanetaki E, Robinson R (2000). Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry - a critical review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80:637 -645.
- Butz P, Tauscher B (2002). Emerging technologies: Chemicals aspects. *Food Research International*, 35:279 -284.
- Chandan RC (2007). Milk composition, physical and processing characteristics. In: YH Hui (Ed), Chandan RC, Clak S, Cross N and Dobbs J. *Handbook of Food Product Manufacturing*. John Wiley and Interscience Publisher, New York.

- Duffy S, Churey JJ, Worobo RW, Schaffner DW (2000). Analysis and modeling of the variability associated with UV inactivation of *Escherichia coli* in apple cider. *Journal of Food Protection*, 63:1587-1590.
- Fan X, Geveke D (2007). Furan formation in sugar solution and apple cider upon ultraviolet treatment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55:7816-7821.
- Fox PF (2003). Milk. In: Roginski H, Fuquay JW, Fox PF. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Academic Press, New York
- Guerrero-Beltrán JA, Barbosa-Cánovas GV (2004). Advantages and limitations on processing foods by UV Light. *Food Science and Technology International*, 10:137-147.
- Hadjock C, Mittal GS, Warriner K (2008). Inactivation of human pathogens and spoilage bacteria on the surface and internalized within fresh produce by using a combination of ultraviolet light and hydrogen peroxide. *Journal of Applied Microbiology*, 104:1014-1024.
- Hijnen WAM, Beerendonk EF, Medema GJ (2006). Inactivation credit of UV radiation for viruses, bacteria and protozoan cysts in water: a review. *Water Research*, 40:3-22.
- Hoyer O (2004). Water disinfection with UV radiation - Requirements and realization. Proceedings of the European Conference UV Karlsruhe, UV radiation. Effects and technologies, September 2003, 22-24, Karlsruhe.
- Juarez M, Ramos M (1986). Physico-chemical characteristics of goat milk as distinct from those of cow milk. In: Y.W. Park, M.Juarez, M. Ramos, G.F.W. Haenlein. 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research* 68:88-113
- Koutchma T (2009). Advances in ultraviolet light technology for non-thermal processing of liquid foods. *Food and Bioprocess Technology*, 2:138-155.
- Koutchma T, Keller S, Chirtel S, Parisi B (2004). Ultraviolet disinfection of juice products in laminar and turbulent flow reactors. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5:179-189.
- Liltved H, Landfald B (2000). Effects of high intensity light on ultraviolet-irradiated and non-irradiated fish pathogenic bacteria. *Water Research*, 34:481-486.
- Lodi R, Brasca M, Mañas pina P, Nicosia P (1996). Improvement of the microbiological quality of goat milk by UV treatment. *Dairy Science Abstracts*, 58:484.
- Matak KE, Churey JJ, Worobo RW, Sumner SS, Hovingh E, Hackney CR (2005). Efficacy of UV light for the reduction of *Listeria monocytogenes* in goat's milk. *Journal of Food Protection*, 68:2212-2216.
- Noci F, Riener J, Walkling-Ribeiro M, Cronin DA, Morgan DJ, Lyng JG (2008). Ultraviolet irradiation and pulsed electric fields (PEF) in a hurdle strategy for the preservation of fresh apple juice. *Journal of Food Engineering*, 85:141-146.
- Quintero-Ramos A, Churey JJ, Hartman P, Barnard J, Worobo RW (2004). Modeling of *Escherichia coli* inactivation by UV irradiation a different pH values in apple cider. *Journal of Food Protection*, 67:1153-1156.
- Saleh E (2004). *Dasar pengolahan susu dan hasil ikutan ternak*. Program Studi Produksi Ternak. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara.
- Singh RP, Heldman DR (1993). *Introduction to Food Engineering*. Academic Press Inc., San Diego.
- Standar Nasional Indonesia (1998). SNI 01-3141- 1998. *Susu segar*. Badan Standardisasi Nasional Indonesia, Jakarta..
- Spreer E (1998). *Milk and Dairy Product Technology*. Marcel Dekker Inc., New York, Basel, Translated by A. Mixa.
- Steel RGD, Torrie JH (1991). *Prinsip dan Prosedur Statistika*. PT Gramedia Pustaka Utama. Terjemahan: B. Sumantri, Jakarta.

- Taghipour F (2004). Ultraviolet and ionizing radiation for microorganism inactivation. *Water Research*, 38:3940-3948.
- Thai Agricultural Standar (2008). *Raw Goat Milk*. Thailand. National Bureau of Agricultural Commodity and Food Standars. Ministry of Agriculture and Cooperativies.
- Tran TTM, Farid MM (2004). Ultraviolet treatment of orange juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5:495-502.
- Walstra P, Geurts TJ, Noomen A, Jellema A, van Boekel MAJS (1999). *Dairy Technology: Principles of Milk Properties and Processes*. Marcel Dekker Inc., New York.
- Wong E, Linton RH, Gerrard DE (1998). Reduction of *E. coli* and *S. seftenberg* on pork skin and pork muscle using ultraviolet light. *Food Microbiology*, 15:415-423