

DESAIN DAN UJI PROTOTIPE ALAT PASTEURISASI SUSU BERBASIS TEKNOLOGI IRRADIASI ULTRAVIOLET (Kajian Dosis UV)

Anang Lastriyanto, Erry Dwi Kuncahyo, Nur Komar
Jurusan Keteknikan Pertanian FTP, Universitas Brawijaya
Jl. Veteran No.1 Malang 65154

Abstract

The process of milk pasteurization generally use thermal method. The method can cause microorganisms inactive on the other side, the method result in the degradation of quality food. An alternative method that can be used is by using technology of ultraviolet irradiation. Ultraviolet light has short wavelength with a very strong antimicrobial energy. The mechanism of its work is by absorbing the energy by nucleic acid without causing damage on the surface of cell. The absorbed energy will cause the bonding of thymine (dimer thymine) so that the function of nucleic acid is disturbed and it cause the death of microorganism (Lay and Hastowo, 1992). The devices used in this research are ultraviolet lamp type C, spiral hose, supporting frame, materials containers and the devices for measuring the amount of microbes, fat, specific gravity and colour. Materials used in this research is fresh milk that obtained from KUD DAU Malang. The result are pasteurization process with UV irradiation decrease microorganisms and fat in milk.

Keywords : *Pasteurization, ultraviolet irradiation, milk.*

PENDAHULUAN

Proses pasteurisasi *thermal* ternyata tidak hanya menonaktifkan mikroorganisme patogen susu, namun dengan pemanasan tersebut dapat merusak mikroorganisme bermanfaat dan kandungan gizi yang terkandung di dalam susu. Hal ini tentunya dapat merugikan bagi produk susu itu sendiri. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian dengan metode yang lain tanpa menggunakan panas (*non thermal*).

Sinar ultraviolet dengan panjang gelombang yang pendek memiliki daya antimikrobia yang sangat kuat. Daya kerjanya adalah absorpsi oleh asam nukleat tanpa menyebabkan kerusakan pada permukaan sel. Energi yang diabsorpsi ini akan menyebabkan terjadinya ikatan antara timin (*thymine dimer*) sehingga fungsi dari asam nukleat terganggu dan dapat mengakibatkan kematian mikroorganisme (Lay dan Hastowo, 1992).

Penggunaan sinar ultraviolet merupakan salah satu alternatif cara yang bisa diterapkan untuk mereduksi jumlah mikroba dalam produk susu. Lampu ultraviolet dengan

panjang gelombang 200-260 nm bisa mempengaruhi fungsi sel dengan mengubah struktur sel atau DNA yang akhirnya menyebabkan organisme mati (Barbosa and Canovas, 1998).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membuat prototipe alat pasteurisasi susu menggunakan sinar ultraviolet, mengetahui prinsip kerja pasteurisasi susu secara *non thermal* menggunakan sinar ultraviolet dan mengetahui pengaruh dari dosis ultraviolet terhadap jumlah mikroba, lemak, berat jenis dan warna setelah proses pasteurisasi susu.

DASAR TEORI

Susu adalah salah satu dari pada makanan terbaik karena kandungan dan kebaikannya antara lain : protein untuk pertumbuhan, laktosa untuk penyerapan, kalsium dan fosforus yang penting untuk pembentukan tulang dan gigi, lemak untuk sumber tenaga, vitamin untuk kekebalan tubuh dan menjauhi penyakit.

Menurut Buckle *et al.* (1987), beberapa mikroorganisme yang terdapat di dalam

susu dapat menyebabkan kerusakan pada susu jika tidak segera dihilangkan[1]. Menurut Anonim (2005) ada tiga jenis ultraviolet yaitu[2] :

1. UV-A (320-400 nm), biasa dikenal dengan lampu *black light*.
2. UV-B (260-320 nm), bisa menimbulkan efek terbakar (gosong) pada kulit.
3. UV-C (200-260 nm), mempengaruhi fungsi sel dengan mengubah struktur sel atau DNS yang akhirnya menyebabkan organisme mati (menyebabkan kebutaan apabila terkena mata).

Daya antimikrobal terkuat terletak pada panjang gelombang 265 nm, termasuk dalam kisaran ultraviolet yaitu 200-310 nm. Lampu ultraviolet ini mempunyai panjang gelombang 253.7 (dekat dengan 265 nm). Daya penetrasi dari UV sangatlah rendah sehingga bila ada lapisan lemak pada permukaan daya antimikrobal UV akan sangat menurun [3].

Cara kerja lampu UV hampir sama dengan lampu *fluorescent*. Irradiasi UV dipancarkan dari elektron yang mengalir sepanjang uap air raksa yang diionisasi untuk menghasilkan energi UV. Perbedaan antara keduanya adalah lampu *fluorescent* dilapisi fosfor yang mengkonversi irradiasi UV ke cahaya tampak. Lampu UV tidak dilapisi fosfor sehingga radiasi UV yang dipancarkan, dihasilkan oleh busur lingkaran. Lampu *lowpressure* dan lampu *mediumpressure* digunakan untuk disinfeksi mikroba. Lampu *low-pressure* ini memancarkan keluaran energi maksimum pada panjang gelombang 253.7 nm, sedangkan lampu *medium-pressure* memancarkan energi pada panjang gelombang berkisar antara 180-1370 nm.

Intensitas dari lampu *mediumpressure* jauh lebih besar dibandingkan lampu *low-pressure*.

Lampu *medium-pressure* digunakan untuk dosis yang sama. untuk system yang kecil, sistem *medium-pressure* dapat terdiri dari lampu tunggal.

Walaupun kedua jenis lampu bekerja dengan sama baiknya bagi inaktivasi mikroba, lampu *low-pressure* UV direkomendasikan untuk sistem yang kecil. Spesifikasi lampu yang direkomendasikan untuk lampu *low pressure* meliputi :

L- tipe ozon-bebas kwarsa Instant start (penundaan minimal pada startup) Dirancang untuk tahan getaran dan goncangan Disain lampu sesuai standart kepemilikannya Dalam proses pasteurisasi salah satu faktor yang sangat penting adalah seberapa besar dosis ultraviolet (UV) yang digunakan untuk menginaktivasi mikroba. Dosis UV merupakan hasil dari intensitas cahaya dikalikan dengan lama penyinaran. Hal ini berpengaruh terhadap keamanan makanan dan kualitas produk. Adapun dosis UV memiliki rumus [4].

D i t UV . Sedangkan jumlah dosis yang diperlukan untuk membunuh suatu jasad renik, dikenal sebagai Dosis Sap [2].

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada bulan Maret - April 2007 di Laboratorium Sentral Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Brawijaya dan Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah nira kelapa segar yang diperoleh dari Daerah Blitar Jawa Timur.

Adapun alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Lampu Ultraviolet Jenis C Jenis lampu yang digunakan adalah G10T8 dengan spesifikasi sebagai berikut:
 Daya (P) sebesar 10 Watt
 Panjang gelombang sebesar 254 nm
 Memiliki panjang 30 cm
 Diameter lampu 2.5 cm

Lampu ini berbahaya bagi kulit dan mata. Lampu UV C ini berguna dalam menginaktivasi mikroba sehingga produk pangan akan menjadi tahan lama.

2. Plastik Mika Plastik mika dibuat sebagai penahan agar diameter lilitan selang terbentuk sesuai yang diinginkan. Agar terbentuk sesuai yang diinginkan, dibantu dengan selotip.

Adapun spesifikasinya adalah sebagai berikut : Panjang 30 cm Diameter sama

dengan diameter lilitan selang yang diinginkan.

3. Rangkaian lilitan selang (spiral) Rangkaian lilitan selang yang digunakan didasarkan pada diameter lilitan selangnya dengan panjang lilitan selang 30 cm. Jenis selang yang di gunakan adalah PVC dengan tebal 1 mm dan ukuran 3/16 inch.

Ada 3 macam diameter lilitan selang yang digunakan yaitu :

- a. Diameter 3 cm dengan spesifikasi diameter selang 0.5 cm, panjang selang 420 cm.
- b. Diameter 4 cm dengan spesifikasi diameter selang 0.5 cm, panjang selang 577 cm.
- c. Diameter 5 cm dengan spesifikasi diameter selang 0.5 cm, panjang selang 722 cm.

4. Wadah bahan yang digunakan ada 2 macam, yaitu :

- a. Wadah bahan untuk menampung susu sebelum proses. Adapun spesifikasi wadah bahan ini sebagai berikut : berbentuk lingkaran dari bahan plastik, diameter keluaran 0.5 cm, volume bahan 5 liter.
- b. Wadah bahan untuk menampung susu Irradiasi UV. Adapun spesifikasi wadah bahan ini sebagai berikut : dari botol minuman (You C-1000), volume bahan maksimal 200 ml.

5. Rangka penyangga, rangka penyangga ini terbuat dari besi siku yang dihubungkan dengan baut dan mur. Rangka ini terdiri dari 3 tiang. Tiang tengah memiliki tinggi 42 cm sedangkan 2 tiang lainnya memiliki tinggi 142 cm. Jarak antar tiang adalah 15 cm. Pada penyangga diletakkan papan untuk tempat wadah bahan masukan.

Pengamatan dan Analisis Data

Pada penelitian ini akan dilihat pengaruh dari dosis irradiasi ultraviolet yang digunakan untuk menghitung jumlah mikroba, lemak, berat jenis dan warna dari susu setelah sterilisasi. Dosis sap adalah besarnya dosis sinar yang digunakan untuk membunuh mikroba yang bersifat patogen. Besarnya

dosis sap dapat dicari dengan rumus sebagai berikut :

$$D = I t \text{ UV uv .}$$

Dimana :

DUV = Dosis UV (Ws/cm²)

IUV = Intensitas lampu UV (W/cm²)

t = Lama penyinaran (s):

HASIL DAN PEMBAHASAN

Intensitas cahaya yang digunakan diperoleh dari pengukuran intensitas cahaya pada beberapa jarak dengan menggunakan Luxmeter seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 – Intensitas Cahaya Lampu Ultraviolet Pada Beberapa Jarak

Jarak (cm)	Intensitas Cahaya (Lux)
0	900
0,5	750
1	600
2	475
3	375
4	300
5	250
6	225
7	200
8	150
9	150
10	125

Hasil pengukuran pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa intensitas cahaya terbesar terletak pada jarak 0 cm dari lampu yaitu 900 lux. Pada penelitian ini, intensitas cahaya digunakan untuk menghitung besarnya dosis sinar yang digunakan. Perbedaan nilai intensitas cahaya dapat diperoleh dengan mengatur jarak antara lampu dengan selang. Pada penelitian ini, digunakan jarak antara lampu dengan selang adalah 0, 0.5 dan 1 cm dengan cara mengatur diameter lilitan selang yang digunakan yaitu 3, 4 dan 5 cm. Maka intensitas cahaya yang digunakan adalah 600, 750 dan 900 lux.

Sedangkan proses lama penyinaran irradiasi ultraviolet sebagai berikut :

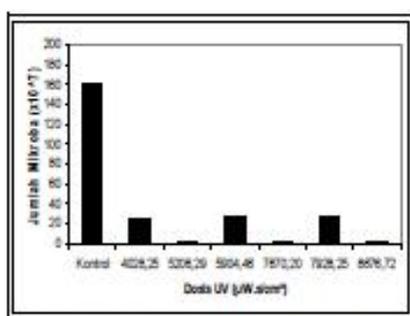
Tabel 2 – Hubungan Diameter Lilitan Selang dengan Dosis UV

Diameter Lilitan Selang (cm)	Dosis UV $\mu W.s/cm^2$	
	30 cm	60 cm
3	5206.29	4028.25
4	7670.20	5904.46
5	8676.72	7928.25

Mikroba Susu

Jumlah mikroba awal atau tanpa dilakukan penyinaran dengan sinar ultraviolet sebesar 1.6×10^9 col/ml. Sedangkan pada perlakuan penyinaran susu dengan sinar ultraviolet berkisar antara 2.3×10^7 - 2.9×10^8 col/ml. Perlakuan penurunan mikroba paling besar pada perlakuan ketinggian 30 cm dengan diameter lilitan selang 3 cm (intensitas 900 lux) sebesar 2.3×10^7 col/ml, sedangkan penurunan mikroba paling kecil pada perlakuan ketinggian 60 cm dengan diameter lilitan selang 5 cm (intensitas 600 lux) sebesar 2.9×10^8 col/ml.

Adapun hubungan antara dosis UV dengan jumlah mikroba dapat dilihat di bawah ini :



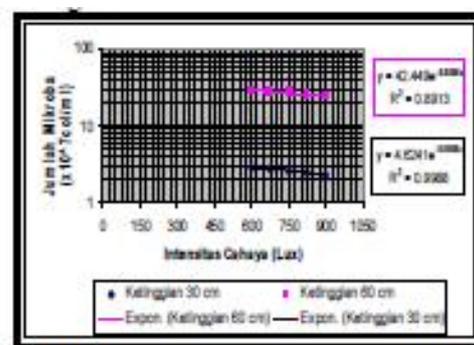
Gambar 1 – Hubungan Antara Dosis UV dengan Jumlah Mikroba

Adapun persentase penurunan jumlah mikroba hasil irradiasi UV dari jumlah awal yaitu 81.87 - 98.56 %. Sinar ultraviolet dengan panjang gelombang tertentu, radiasi sinar X

dan sinar gamma dapat mudah terserap oleh sel mikroorganisme. Sinar-sinar tersebut dapat mengganggu metabolisme sel dan umumnya cepat mematikan [5].

Walaupun dosis UV berdasarkan perhitungan lebih besar, ternyata tidak mempengaruhi penurunan jumlah mikroba susu. Faktor penting dalam penelitian ini yaitu pengaruh dari intensitas cahaya UV.

Adapun hubungan antara intensitas cahaya dengan jumlah mikroba sebagai berikut :



Gambar 2 – Hubungan Antara Intensitas Cahaya dengan Jumlah Mikroba

Berdasarkan tersebut di atas bisa dilihat pengaruh intensitas cahaya terhadap jumlah mikroba. Semakin besar intensitas cahaya UV maka berdampak terhadap penurunan jumlah mikroba yang lebih besar.

Perlakuan terbaik dalam penurunan jumlah mikroba adalah kombinasi antara ketinggian 30 cm dengan diameter lilitan selang (spiral) 3 cm atau ketinggian 30 cm dengan intensitas cahaya 900 lux.

Penurunan jumlah mikroba dari kondisi awal pada perlakuan ini lebih besar jika dibandingkan dengan kombinasi perlakuan yang lain, hal ini bisa disebabkan oleh jarak lampu ultraviolet lebih dekat jika dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Dengan semakin dekatnya lampu ultraviolet dengan lilitan selang (spiral) maka berpengaruh juga terhadap intensitas radiasi yang dihasilkan oleh lampu ultraviolet. Sehingga semakin dekat lampu ultraviolet terhadap bahan (susu) maka penurunan mikroba lebih banyak.

Sinar ultraviolet dengan panjang gelombang yang pendek memiliki daya antimikrobal yang sangat kuat. Daya kerjanya adalah absorpsi oleh asam nukleat tanpa menyebabkan kerusakan pada permukaan sel.

Energi yang diabsorpsi ini akan menyebabkan terjadinya ikatan antara timin (*timin dimer*) sehingga fungsi dari asam nukleat terganggu dan dapat mengakibatkan kematian mikroorganisme [3]. Menurut Pelczar dan Chan (1986), sinar X menyebabkan pecahnya banyak ikatan kimiawi yang berbeda-beda macamnya, maka merusak DNA dengan dengan berbagai cara [8]. Pengaruh utama cahaya UV adalah menyebabkan pembentukan dimer dengan ikatan silang antara pirimidin-pirimidin yang bersebelahan, terutama timin. Timin ini mengacaukan proses replikasi yang normal.

Kadar Lemak Susu

Susu adalah salah satu makanan terbaik karena kandungan gizi yang ada di dalamnya. Lemak sebagai unsur penting kandungan gizi susu berfungsi sebagai sumber tenaga bagi tubuh. Kandungan gizi lemak yang terdapat dalam susu adalah 3.5 %.

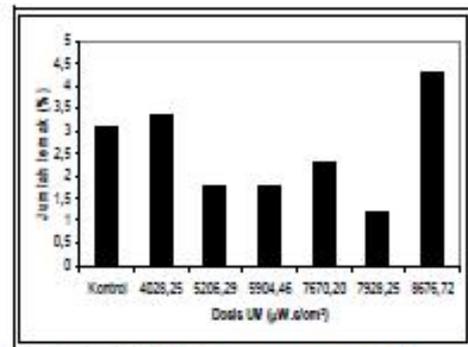
Menurut Susanto dan Dewanti (2004), lemak merupakan sumber energi bagi tubuh dengan energy yang dihasilkan 2.25 kali lebih besar dari protein dan karbohidrat [7]. Satu gram lemak menghasilkan 9 kalori sedangkan karbohidrat hanya 4 kalori per gramnya.

Komponen mikro dari lemak susu antara lain fosfolipid, sterol, tokoferol (vitamin E), karoten dan vitamin A dan D. Susu mengandung kira-kira 0.3 % fosfolipid, terutama lesitin, sphingomielin dan sepalin.

Pada waktu susu dipisahkan menjadi skim milk dan krim, kira-kira 70 % dari fosfolipid terdapat di dalam krim. Fosfolipid dapat dengan cepat teroksidasi didalam udara dan akibatnya ikut menyebabkan penyimpangan cita rasa susu. Sterol utama yang terdapat di dalam susu adalah kolesterol yang mencapai jumlah sampai 0.015 %.

Pemakaian sinar ultraviolet dipakai sebagai salah satu alternative solusi dalam preservasi produk susu, karena dapat menginaktivasi mikroba. Oleh karena itu,

penting untuk diketahui pengaruh yang ditimbulkan terhadap jumlah lemak pada susu. Perubahan kadar lemak pada susu dapat dilihat pada di bawah ini :



Gambar 3 – Hubungan Antara Dosis UV dengan Kadar Lemak Susu

Pada kontrol atau tanpa perlakuan iradiasi ultraviolet dihasilkan jumlah lemak susu 3.12 %. Sedangkan berdasarkan iradiasi ultraviolet pada proses pasteurisasi ini diperoleh jumlah lemak antara 1.16 4.32 %. Jumlah lemak terkecil pada dosis UV 7928.25 W.s/cm² sebesar 1.16 %. Pada perlakuan diperoleh jumlah lemak yang melebihi dari kontrol yaitu pada dosis UV 4028.25 W.s/cm² dan 8676.72 W.s/cm² sebesar 4.32 % dan 3.37 %.

Hal tersebut dapat terjadi mungkin karena pada saat satu proses selesai masih ada lemak yang menempel pada wadah bahan dan selang, sehingga lemak tersebut bisa ikut tercampur dengan proses selanjutnya. Penyebab lain bisa dikarenakan oleh masing-masing perlakuan memiliki jumlah kadar air susu yang berbeda sehingga memungkinkan perbedaan jumlah kadar lemak. Bila kadar air susu sedikit maka jumlah kadar lemak semakin tinggi.

Faktor-faktor yang mempercepat oksidasi (akselerator) dapat dibagi menjadi 4 kelas yaitu 1) iradiasi, misalnya oleh panas dan cahaya, 2) bahan pengoksidasi (*oxidizing agent*), misalnya peroksida, perasid, ozone, asam nitrat dan beberapa senyawa organik nitro dan aldehyd aromatik, 3) katalis metal khususnya garam dari beberapa macam logam berat dan 4) sistem oksidasi misalnya adanya katalis organik

yang labil terhadap panas. Irradiasi sinar UV juga merupakan akselerator yang berupa cahaya yang dapat mempercepat oksidasi [8].

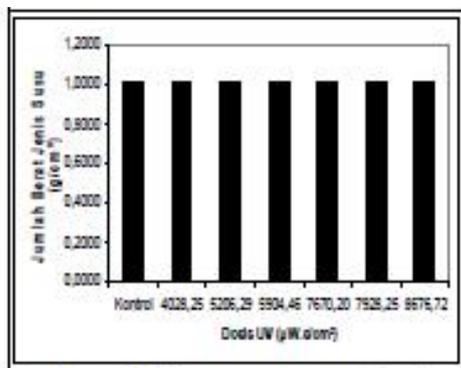
Menurut Susanto dan Dewanti (2004), proses pemanasan dapat menurunkan kadar lemak bahan pangan juga asam lemaknya baik esensial maupun non esensial [7]. Jadi perlakuan irradiasi ultraviolet dan proses pemanasan terhadap produk susu menyebabkan penurunan jumlah lemak.

Berat Jenis Susu

Sifat fisik susu meliputi warna, bau dan rasa, bobot, jenis, titik didih, titik beku, panas jenis dan kekentalannya.

Menurut Buckle *et al.* (1987), keragaman jumlah berat jenis susu disebabkan karena perbedaan besarnya kandungan lemak, laktosa, protein dan garamgaram mineral [1]. Oleh karena itu perlu diketahui pengaruh perubahan jumlah berat jenis susu akibat irradiasi ultraviolet.

Hubungan antara waktu dan berat jenis susu dapat dilihat di bawah ini:

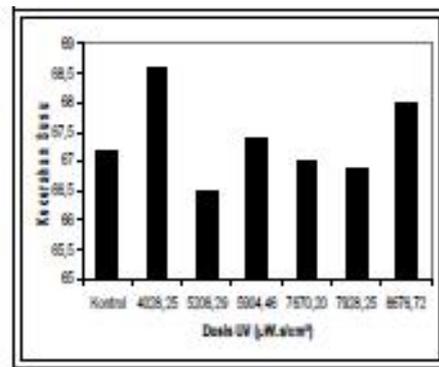


Gambar 4 – Hubungan Antara Dosis UV dengan Berat Jenis Susu

Berat jenis susu hasil irradiasi ultraviolet berkisar antara 1.0112 sampai 1.0148 g/cm³. Berat jenis susu terkecil diperoleh pada perlakuan dosis UV 8676.72 W.s/cm². Pada penelitian ini diperoleh berat jenis kontrol susu sebesar 1.0180 g/cm³. Jadi pengaruh sinar UV tidak terlalu signifikan terhadap penurunan berat jenis susu.

Perubahan Warna Susu Kecerahan Susu

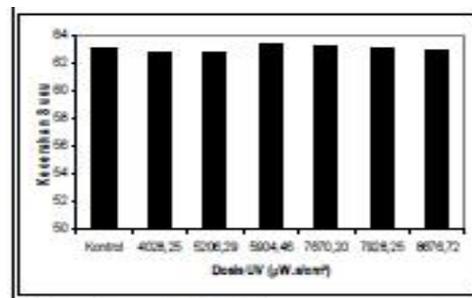
Tingkat kecerahan susu dapat dilihat langsung pada *Colourreader*, dimana semakin besar nilai yang tertera pada LCD maka kecerahannya semakin tinggi. Warna kecerahan ini ditentukan oleh warna putih susu. Warna putih ini merupakan refleksi cahaya oleh globula lemak, kalsium kaseinat dan koloid fosfat [9]. Adapun hasil kecerahan susu awal sebagai berikut :



Gambar 5 – Hubungan Antara Dosis UV dengan Tingkat Kecerahan Susu Awal

Kecerahan susu hasil irradiasi ultraviolet berkisar antara 66.5 sampai 68.57. Berdasarkan hasil kontrol (tanpa perlakuan) diperoleh 67.2. Tingkat kecerahan susu terkecil diperoleh dosis UV 5206.29 W.s/cm² dan terbesar pada dosis UV 4028.25 W.s/cm². Pengaruh sinar ultraviolet tidak signifikan terhadap perubahan kecerahan susu awal.

Perubahan tingkat kecerahan susu untuk 6 jam setelah irradiasi ultraviolet dapat dilihat di bawah ini:

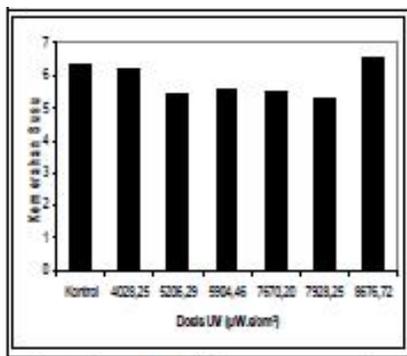


Gambar 6 – Hubungan Antara Dosis UV dengan Tingkat Kecerahan Susu 6 Jam Setelah Irradiasi UV

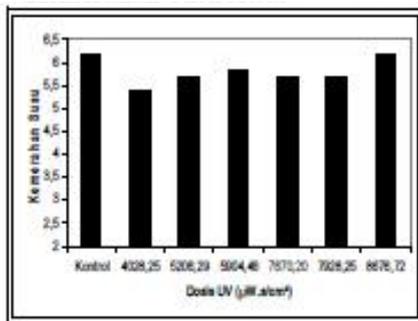
Kecerahan susu setelah 6 jam berkisar antara 62.73 sampai 63.3. Tingkat kecerahan susu terkecil pada dosis UV 5206.29 W.s/cm² dan terbesar pada dosis 5904.46 W.s/cm². Tapi perubahan kecerahan susu tidak terlalu signifikan.

Warna Merah Susu (a*)

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa warna kemerahan susu berkisar antara 5.3 sampai 6.2. Warna kemerahan susu terkecil pada dosis UV 7928.25 W.s/cm² dan terbesar pada dosis UV 8676.72 W.s/cm². Adapun hubungan antara dosis UV dengan warna kemerahan susu bisa dilihat di bawah ini :



Gambar 7 – Hubungan Antara Dosis UV dengan Warna Kemerahan Susu Awal



Gambar 8 – Hubungan Antara Dosis UV dengan Warna Kemerahan Susu 6 Jam Setelah Irradiasi UV

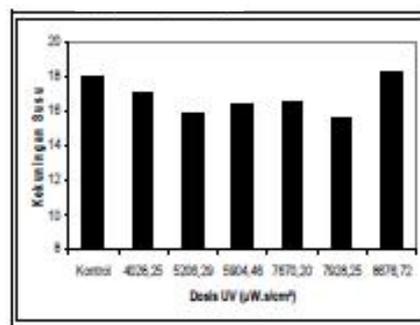
Warna kemerahan susu 6 jam setelah irradiasi UV berkisar antara 5.4 sampai 6.17. Warna kemerahan susu terbesar pada dosis UV 8676.72 W.s/cm² dan terendah pada dosis UV 4028.25 W.s/cm².

Tingkat warna kemerahan susu cenderung mengalami penurunan dengan bertambahnya intensitas cahaya. Akan tetapi perubahannya tidak terlalu signifikan.

Warna Merah Susu (b*)

Menurut Buckle *et al.* (1985), susu mempunyai warna putih kebiru-biruan sampai kuning kecoklat-coklatan [5]. Warna putih pada susu, serta penampakannya adalah akibat penyebaran butiran-butiran koloid lemak, kalsium kaseinat dan kalsium fosfat dan bahan utama yang memberi warna kekuningkuningan adalah karoten dan riboflavin.

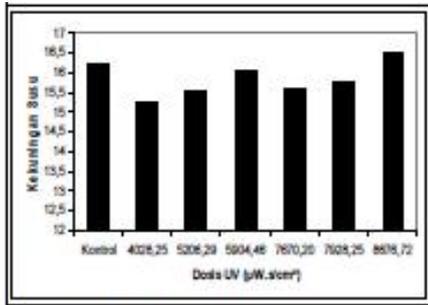
Warna kuning susu sangat dipengaruhi oleh pakan. Pakan yang tinggi kadar karotennya, misalnya wortel dan hijauan menyebabkan warna susu lebih kuning daripada pakan jagung putih atau oat yang berkadar karoten rendah [9].



Gambar 9 – Hubungan Dosis UV dengan Warna Kekuningan Susu Awal

Warna kekuningan susu hasil irradiasi ultraviolet berkisar antara 15.6 sampai 18.2. Warna kekuningan air susu terkecil pada dosis UV 7928.25 W.s/cm² dan terbesar pada dosis UV 8676.72 W.s/cm². Warna kekuningan susu akibat irradiasi ultraviolet mengalami penurunan, akan tetapi penurunannya tidak terlalu besar.

Adapun perubahan warna kekuningan susu 6 jam setelah irradiasi ultraviolet bisa dilihat di bawah ini :



Gambar 10 – Hubungan Antara Dosis UV dengan Warna Kekuningan Susu 6 Jam Setelah Penyinaran UV

Warna kekuningan susu setelah 6 jam berdasarkan perlakuan berkisar antara 15.27 sampai 16.5. Nilai warna kekuningan susu terkecil pada dosis UV 4028.25 W.s/cm² dan terbesar pada dosis UV 8676.72 W.s/cm². Warna kekuningan susu cenderung mengalami penurunan, tetapi perubahannya tidak terlalu signifikan.

Menurut Pelzcar (1988), perubahan yang disebabkan mikroorganisme pada makanan termasuk susu, tidak terbatas pada terbentuknya peruraian saja, tetapi juga dapat berupa produk hasil sintesis mikroba [10]. Beberapa mikroorganisme membentuk pigmen yang mengubah warna makanan. Ada pula yang dapat mensintesis polisakarida dan menghasilkan lendir di dalam atau pada makanan.

Pengamatan Pasca Penyinaran

Susu merupakan salah satu bahan makanan yang banyak mengandung zat gizi, diantaranya protein dengan kandungan yang tinggi, karbohidrat, lemak, vitamin, dan beberapa mineral. Kerusakan susu bisa dalam bentuk fisik maupun kimia.

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan mengenai pasca penyinaran dalam bentuk fisik warna dan berat jenis susu. Produk susu dibiarkan dalam kondisi terbuka pada suhu kamar. Warna susu awal pengamatan putih kebirubiruan sampai kuning kecoklatcoklatan akan tetapi setelah dilakukan pengamatan selama 5 jam, susu sudah mulai berwarna kuning pekat dan kental.

Susu dapat rusak karena adanya mikroorganisme dalam susu. Tumbuhnya

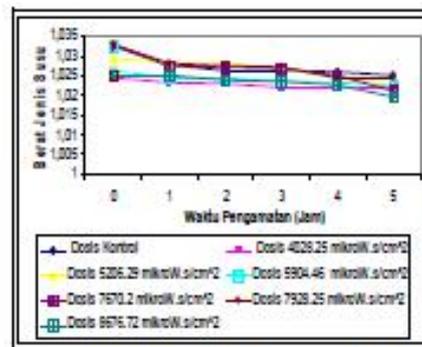
mikroorganisme ini tentunya menimbulkan kerugian dalam mutu susu. Beberapa kerusakan yang disebabkan oleh mikroorganisme menurut Buckle *et al.* (1987), antara lain adalah [1]:

1. Pengasaman yang disebabkan karena fermentasi laktosa menjadi asam laktat yang menyebabkan turunnya pH dan kemungkinan terjadinya penggumpalan kasein.
2. Berlendir seperti tali yang disebabkan karena terjadinya pengentalan dan pembentukan lendir sebagai akibat adanya bakteri.
3. Penggumpalan yang disebabkan karena bakteri *Bacillus Cereus* yang menghasilkan enzim yang mencerna lapisan tipis fosfolipid disekitar butir-butir lemak.

Selain organisme yang terkandung di dalamnya, susu mengalami kerusakan karena terkontaminasi oleh udara luar.

Mikroorganisme yang ada di luar akan masuk ke susu sehingga susu menjadi denaturasi.

Akibat mikroorganisme ini menyebabkan denaturasi kandungan gizi seperti protein, lemak, laktosa, vitamin serta kandungan yang lain sehingga sangat berbahaya jika dikonsumsi oleh manusia. Berat jenis susu bisa dilihat melalui perubahannya setiap 1 jam sekali selama 5 jam pengamatan dengan menggunakan piknometer. Adapun perubahannya bisa dilihat di bawah ini :

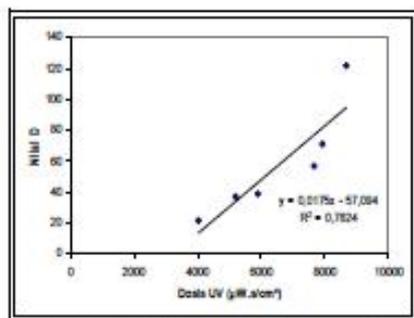


Gambar 11 – Hubungan Antara Waktu dengan Berat Jenis Susu

Bisa disimpulkan, bahwa terjadi penurunan berat jenis susu sangat kecil sekali sebanding dengan penambahan waktu. Jadi penyinaran iradiasi UV tidak berpengaruh yang signifikan terhadap berat jenis susu pada kondisi awal dan dalam keadaan terbuka setelah 5 jam pengamatan.

Nilai D

Berdasarkan data jumlah mikroba dan lama iradiasi ultraviolet dapat dicari nilai D (*D value*). Nilai D merupakan waktu yang diperlukan untuk menurunkan jumlah mikroba 90 % atau menjadi 10 % dari jumlah mikroba awal. Nilai D berdasarkan perhitungan berkisar antara 21.46-121.79 detik.



Gambar 12 – Hubungan Dosis UV dengan Nilai D

Dapat disimpulkan, bahwa nilai D berbanding lurus dengan dosis UV. Semakin besar dosis iradiasi ultraviolet maka nilai D akan semakin naik juga. Semakin besar dosis iradiasi ultraviolet tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap penurunan jumlah mikroba.

Penurunan jumlah mikroba ini dipengaruhi oleh besarnya intensitas cahaya yang dihasilkan oleh lampu ultraviolet. Semakin besar intensitas cahaya maka berbanding lurus dengan penurunan jumlah mikroba yang semakin besar juga. Hal ini sesuai dengan pernyataan Desrosier (1988), bahwa belum ada konfirmasi apakah dosis iradiasi yang sangat tinggi sama efektifnya dalam mematikan mikroba dan bahkan kurang merusak medium [11]. Tetapi terdapat bukti bahwa dosis iradiasi dapat mempengaruhi besarnya perubahan kimia tertentu.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data dan pembahasan pada bab terdahulu, dapat disimpulkan bahwa :

1. Perancangan prototipe alat pasteurisasi dalam penelitian menggunakan cara sederhana dengan metode gravitasi dengan volume bahan 150 ml, diameter lilitan selang 3, 4 dan 5 cm dan ketebalan selang 1 mm. Susu mengalir dari ketinggian 30 dan 60 cm, setelah turun dilakukan proses pasteurisasi menggunakan iradiasi ultraviolet dengan intensitas cahaya 600, 750 dan 900 lux dengan panjang gelombang 254 nm yang dapat menginaktivasi mikroba. Daya kerjanya adalah absorpsi oleh asam nukleat.
2. Proses pasteurisasi iradiasi ultraviolet menyebabkan penurunan jumlah mikroba. Jumlah mikroba susu 1.6×10^9 col/ml pada kontrol, perlakuan ketinggian 30 cm dengan dosis UV 5206.29, 7670.20 dan 8676.72 $\mu\text{W.s/cm}^2$ berurut-turut menghasilkan jumlah mikroba 2.3×10^7 , 2.6×10^7 dan 2.9×10^7 col/ml sedangkan ketinggian 60 cm dengan dosis UV 4028.25, 5904.46 dan 7928.25 $\mu\text{W.s/cm}^2$ berturut-turut menghasilkan jumlah mikroba 2.4×10^8 , 2.8×10^8 dan 2.9×10^8 col/ml.
3. Proses pasteurisasi iradiasi ultraviolet menyebabkan penurunan kadar lemak susu. Jumlah kadar lemak susu 3.12 % pada kontrol, perlakuan ketinggian 30 cm dengan dosis UV 5206.29, 7670.20 dan 8676.72 $\mu\text{W.s/cm}^2$ berurut-turut menghasilkan kadar lemak 1.78, 2.32 dan 4.32 % sedangkan ketinggian 60 cm dengan dosis UV 4028.25, 5904.46 dan 7928.25 $\mu\text{W.s/cm}^2$ berturut-turut menghasilkan kadar lemak 3.37, 1.79 dan 1.16 %.
4. Proses pasteurisasi tidak menyebabkan perubahan berat jenis susu. Jumlah berat jenis susu 1.0180 g/cm³ pada kontrol, perlakuan ketinggian 30 cm dengan dosis UV 5206.29, 7670.20 dan 8676.72 $\mu\text{W.s/cm}^2$ berurut-turut menghasilkan berat jenis 1.0129, 1.0121 dan 1.0112 g/cm³ sedangkan ketinggian 60 cm dengan dosis UV 4028.25,

5904.46 dan 7928.25 $\mu\text{W.s/cm}^2$ berturut-turut menghasilkan berat jenis 1.0148, 1.0143 dan 1.0144 g/cm^3 . Sedangkan irradiasi ultraviolet terhadap perubahan warna susu tidak berpengaruh.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Buckle, K.A., R.A. Edwards, G.H. Fleet and M, Wooton. 1987. *Ilmu Pangan*. Penerjemah Adiono dan Hari Purnomo. Universitas Indonesia. Jakarta.
- [2] Anonim. 2005. *Filter Ultraviolet*. [http://www. O-fish. com. html](http://www.O-fish.com.html). Diakses tanggal 13 Juni 2006.
- [3] Lay, B. W. dan S, Hastowo. 1992. *Mikrobiologi*. Rajawali Pers. Jakarta.
- [4] -----b.2006. *Radiasi Elektromagnetik*. Dari Wikipedia Indonesia, Ensiklopedia Bebas Berbahasa Indonesia. Diakses tanggal 13 Juni 2006.
- [5] Buckle, K. A, Edwards R. A, Fleet G. H dan Wootton M. 1985. *Ilmu Pangan*. Penerjemah Hadi Purnomo. Universitas Indonesia (UI Press). Jakarta.
- [6] Pelczar, M. J dan Chan, E. C. S. 1986. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Penerjemah Ratna Siri
- [7] Susanto, T dan Dewanti, T. 2004. *Ilmu Pangan dan Gizi*. Cetakan pertama. Akademika Printing. Yogyakarta.
- [8] Ketaren, S. 1986. *Minyak dan Lemak Pangan*. Universitas Indonesia (UI-Press). Jakarta.
- [9] Muchtadi, T. R dan Sugiyono. 1992. *Ilmu Pengetahuan Pangan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor.
- [10] Pelczar, M. J. 1988. *Dasar-dasar Mikrobiologi II*. Penerjemah Ratna Siri Hadioetomo, Teja Imas, S. Sutarmi Tjitrosomo dan Sri Lestrari. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- [11] Desrosier, N. W. 1988. *Teknologi Pengawetan Pangan*. Penerjemah Muchji Muljohardjo. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.