

PERANAN PLASMA LUCUTAN PIJAR KORONA TERHADAP PENURUNAN TOTAL BAKTERI SUSU SEGAR

Influence of Plasma of the Incandescent Corona Discharge toward Reduced of Fresh Milk Bacteria

Ali Khamdi dan Siti Aminah

Program Studi Teknologi Pangan Universitas Muhammadiyah Semarang

Korespondensi, email: saminah92@yahoo.com

Abstract

Development of technological applications of plasma as a sterilization system in this case the influence of incandescent discharge plasma towards reduced of total bacteria from fresh milk has been developed and tested. Incandescent corona discharge plasma generated by a point field configuration and the DC voltage (Directing Current) 15 kV, the distance between electrode 2 cm. This system is in sterilization's observation on fresh milk in put in a 5 ml Petri dish in 9 cm and then irradiates the incandescent corona discharge plasma. Variations old incandescent lighting corona discharge plasma with 0 as the control variation 50, 100, 150, 200 seconds. Fresh milk which has been irradiate the incandescent corona discharge plasma at planting on NA medium for amount of total count bacteria. The test results showed that the differences in the old incandescent corona discharge plasma irradiation effect on the number of bacteria in fresh milk. Variations in irradiation time 0 (as control), 50, 100, 150, 200 sec positive correlated to the decrease of total bacterial fresh milk. Plasma irradiation treatment did not alter the pH and color of fresh milk.

Key words: milk fresh, the incandescent corona discharge plasma, long irradiation, and total bacteria.

PENDAHULUAN

Susu murni adalah cairan yang berasal dari ambing sapi sehat dan bersih, yang diperoleh dengan cara yang benar yang kandungan alaminya tidak dikurangi atau ditambah sesuatu apapun dan belum mendapat perlakuan apapun. Sedangkan susu segar adalah susu murni yang disebutkan diatas dan tidak mendapat perlakuan apapun kecuali proses pendinginan tanpa mempengaruhi kemurniannya (Standar Nasional Indonesia, 1998).

Susu merupakan bahan pangan yang mudah rusak terutama oleh mikroba, susu hanya bertahan maksimal 4 jam setelah pemerahan tanpa mengalami kerusakan maupun penurunan kualitas (Grahatika, 2009). Berdasarkan SNI tahun 1998, jumlah cemaran bakteri total sekitar

1×10^6 CFU/ml. Kandungan bakteri akibat kontaminasi akan bertambah sejalan dengan pertambahan waktu. Kandungan bakteri dalam susu segar saat diperah kurang dari 1.000 bakteri tiap milliliter, jumlah bakteri akan meningkat lebih dari 1.000.000 bakteri per milliliter selama susu didistribusikan (Robinson, 1990). Kontaminasi tersebut menyebabkan kerusakan pada kualitas susu sehingga tidak layak untuk dikonsumsi.

Penanganan susu untuk meningkatkan daya simpan susu menggunakan teknik sterilisasi dan pasteurisasi, tetapi lebih banyak digunakan teknik pasteurisasi. Teknik sterilisasi susu jarang digunakan karena menggunakan panas yang tinggi dan dapat merubah rasa pada susu segar. Alternatif teknik sterilisasi yang efektif dengan menggunakan plasma lucutan pijar korona yang merupakan plasma dingin.

Teknologi plasma pertama kali dikemukakan oleh Langmunir dan Tonks pada tahun 1928 plasma, mereka mendefinisikan plasma sebagai gas yang terionisasi dalam lucutan listrik (Chang, 1991). Secara sederhana plasma didefinisikan sebagai gas terionisasi dan dikenal sebagai fase materi keempat setelah fase padat, cair dan gas. Plasma lucutan pijar korona adalah salah satu jenis plasma non termik dan merupakan sumber ion, elektron dan radikal bebas (Nur, 1998). Plasma lucutan pijar korona telah diaplikasikan dalam berbagai macam perkembangan teknologi baru, misalnya laser nitrogen, ionisasi, dan pembuatan ozon. Plasma lucutan pijar korona juga diaplikasikan sebagai sistem sterilisasi.

Aplikasi plasma lucutan pijar korona sebagai sistem sterilisasi seperti yang dilakukan oleh Nur, *et al.*, (2005) dengan diujikan pada bakteri *E. coli* yang ditanam pada media agar menunjukkan penurunan jumlah yang signifikan. Pada penelitian tersebut menunjukkan jumlah total bakteri mengalami penurunan 96,8% setelah penyinaran plasma lucutan pijar korona selama 100 detik. Sterilisasi dengan menggunakan plasma belum banyak dilakukan, terlebih pada bahan pangan. Dalam setiap atom gas biasa berisi jumlah yang sama muatan positif dan negatif. Gas menjadi plasma ketika penambahan panas atau energi yang menyebabkan sejumlah besar atom untuk melepaskan beberapa atau semua elektron. Bagian dari atom yang tersisa dengan muatan positif, dan elektron negatif terlepas bebas untuk bergerak. Jika cukup banyak atom terionisasi secara signifikan mempengaruhi karakteristik listrik dari gas. Secara sederhana plasma didefinisikan sebagai gas terionisasi dan dikenal sebagai fase materi ke empat setelah fase padat, cair dan gas (Arifin, *et al.*, 2009).

Ketika medan listrik di kenakan pada gas, elektron energetik akan mentransferkan energinya pada spesies gas melalui proses tumbukan, eksitasi molekul, tangkapan elektron, disosiasi, dan ionisasi seperti pada gambar 2.

Pada penelitian ini desain sistem reaktor plasma lucutan pijar korona yang dibuat tampak pada Gambar 3. Sistem tersebut terdiri atas sumber tegangan DC (*Directing Current*) sebagai sumber daya pembangkit plasma dan sistem elektroda titik-bidang (*point to plane geometry*) tempat fase plasma terjadi. Plasma dibangkitkan pada ruang antar elektroda berkonfigurasi elektroda titik-bidang menggunakan sumber tegangan tinggi DC (*Directing Current*) sehingga menimbulkan medan listrik tak seragam pada ruang antar elektroda dan memicu terjadinya proses pembangkitan plasma.

Sumber tegangan tinggi DC (*Directing Current*) dibuat dengan desain rangkaian seperti tampak pada Gambar 4. Pada rangkaian tersebut, dilakukan penguatan tegangan menggunakan *flyback* yang dipicu oleh adanya sinyal pulsa yang dibangkitkan oleh rangkaian osilator sebagai pembangkit sinyal astabil dan penguat arus. Penguatan daya dalam peralatan ini mengacu pada rangkaian penguatan darlington.

Bakteri dalam susu dapat berasal dari sapi itu sendiri atau dari luar. Adanya aktivitas bakteri dalam susu maka susu menjadi asam, mempunyai rasa dan bau yang kurang baik, tetapi ada bakteri yang menguntungkan sehingga dipilih sebagai kultur untuk fermentasi susu, sehingga diperoleh produk fermentasi susu (Nurliyani *et al.*, 2008).

Kelompok bakteri yang sering mengkontaminasi pangan termasuk susu meliputi *Pseudomonadaceae*, *Bacillaceae*,

Enterobacteriaceae, *Lactobacillaceae* dan *Streptococcaceae*, serta *Micrococcaceae*.

Subletal mikroorganisme merupakan sesuatu keadaan yang menunjukkan terjadinya sel-sel yang mengalami luka akibat perlakuan fisik atau kimia. Misalnya karena pengaruh pemanasan atau zat kimia yang tidak sampai menyebabkan kematian/kerusakan pada seluruh sel yang ada. Bila bahan makanan disimpan yang memungkinkan untuk kehidupan mikroba yang mengalami luka tersebut, akan terjadi penyembuhan pada sel-sel yang luka dan untuk selanjutnya terjadi pertumbuhan dan perkembangbiakan sel bakteri dalam susu selama penyimpanan (Supardi dan Sukanto, 1999).

METODOLOGI

A. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia dan Laboratorium Teknologi Pangan Fakultas Ilmu Keperawatan dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Semarang. Penelitian dimulai bulan Januari 2011 sampai September 2011.

B. Alat dan Bahan

Bahan utama penelitian adalah susu segar diperoleh dari peternak sapi kelurahan Tegalkangkung, Tembalang, Semarang. Bahan-bahan kimia untuk uji total bakteri metode hitung cawan meliputi NA (*Natrium Agar*), NaCl 0,85%, aquades. Alat yang digunakan meliputi reaktor plasma lucutan pijar korona, *milk can*, *freezer*, botol, tabung reaksi, lilin, pipet volumetrik, kapas, penangas air, indikator pH, cawan petri, *autoclaf*, dan inkubator.

C. Prosedur Penelitian Penelitian Pendahuluan

Penelitian Pendahuluan dilakukan untuk mengetahui jarak optimal yang akan digunakan sebagai jarak pada penelitian utama. Penelitian pendahuluan ini dilakukan karena alat yang digunakan untuk pembangkit plasma lucutan pijar korona mempunyai spesifikasi yang berbeda dengan pembangkit yang digunakan pada penelitian Nur, *et al.* (2007) yang diujikan untuk dekontaminasi bakteri *E. coli* yang menggunakan pembangkit sebesar 3 kV dan menghasilkan jarak 0,4 cm. Sedangkan pada penelitian ini digunakan pembangkit sebesar 15 kV. Adapun langkah-langkah dalam penelitian pendahuluan sebagai berikut :

- a. Sterilisasi alat dan media pengujian total bakteri.
- b. Membeli susu segar dari peternak dan disimpan pada *refrigerator* dengan suhu 4 °C untuk mengendalikan susu segar agar tidak rusak.
- c. Menyiapkan reaktor plasma lucutan pijar korona dan di atur pada jarak yang akan diuji cobakan (0,5 cm, 1 cm, 1,5 cm 2 cm, 2,5 cm dan 3 cm). Optimasi jarak dilakukan dengan cara mendekatkan dua elektroda reaktor dan mengambil jarak yang terjadi apa bila sudah muncul lucutan pijar korona dan sebelum terjadi lucutan arc, dan itu terjadi pada jarak 2 cm.
- d. Diuji cobakan pada susu dengan cara Susu diambil 5 ml dan masukan ke dalam cawan petri steril dan dilakukan penyinaran plasma lucutan pijar korona dengan lama penyinaran 0, 50, dan 100 detik.
- e. Susu yang telah disinari plasma lucutan pijar korona dilakukan pengujian total bakteri.

Penelitian Utama

Prosedur penelitian utama meliputi :

- a. Sterilisasi alat dan media pengujian total bakteri

- b. Persiapan bahan (susu segar), diperlakukan sebagaimana pada penelitian pendahuluan.
- c. Susu dimasukkan ke dalam cawan petri steril sebanyak 5 ml dan dilakukan penyinaran plasma lucutan pijar korona perlakuan lama 0 sebagai kontrol, 50, 100, 150, 200 detik, dengan jarak antara elektroda 2 cm yang merupakan hasil dari penelitian pendahuluan.
- d. Setelah dilakukan penyinaran dilakukan pengujian total bakteri dengan prosedur sebagai berikut :

Susu dipipet 1 ml kemudian diencerkan dalam tabung reaksi I berisi 9 ml NaCl untuk mendapatkan suspensi pengenceran 10^{-1} . Pipet 1 ml suspensi 10^{-1} dan masukan pada tabung reaksi II yang berisi 9 ml NaCl untuk mendapatkan pengenceran 10^{-2} . Dilakukan hal yang sama untuk mendapatkan pengenceran 10^{-3} dan seterusnya sampai pengenceran 10^{-6} . Dimasukan 1 ml suspensi dari setiap pengenceran ke dalam cawan petri. Ditambahkan 15 ml – 20 ml NA yang sudah didinginkan hingga 45 °C pada masing-masing cawan petri yang sudah berisi suspensi, lakukan pemutaran cawan membentuk angka delapan dan diamkan sampai padat. Inkubasi pada suhu 32 °C selama 24 jam – 48 jam dengan meletakkan cawan pada posisi terbalik. Menghitung jumlah koloni pada setiap seri pengenceran, cawan yang dihitung yang mempunyai koloni 25 sampai dengan 250.

Uji fisik susu segar

Susu yang telah mendapat perlakuan penyinaran plasma lucutan pijar korona di uji fisik yaitu pengukuran pH dengan indikator pH dan warna susu segar.

D. Rancangan Penelitian

Rancangan percobaan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap faktor tunggal, dengan perlakuan sebanyak 5

perlakuan. Variabel dependen adalah total bakteri, sedangkan variasi lama penyinaran plasma lucutan pijar korona sebagai variabel independen. Masing–masing percobaan dilakukan ulangan sebanyak 5 kali, sehingga akan diperoleh satuan (unit) percobaan sebanyak 25 unit percobaan. Pendenahan rancangan percobaan termuat di tabel 1.

E. Analisis Data

Data yang diperoleh berdasarkan pengaruh lama penyinaran (0, 50, 100, 150, dan 200 detik) terhadap total bakteri, ditabulasikan dan dianalisa menggunakan *Kruskal-Wallis* dengan bantuan *software* SPSS 16. Bila diperoleh $p\text{-value} < 0,05$ (α 5%) H_0 diterima, maka ada pengaruh lama penyinaran terhadap total bakteri, dan diteruskan ke uji *Mann-Whitney* untuk mengetahui beda nyata dari masing-masing perlakuan lama penyinaran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian Pendahuluan

Optimasi jarak di lakukan pada jarak 0,5 cm, 1 cm, 1,5 cm, 2, cm 2,5 cm, dan 3 cm. Optimasi jarak dilakukan dengan cara mendekatkan dua elektroda reaktor dan mengambil jarak yang terjadi apa bila sudah muncul lucutan pijar korona dan sebelum terjadi lucutan *arc*. Pada jarak 2,5 cm dan 3 cm belum muncul lucutan atau cahaya tampak, dan pada jarak 0,5 cm, 1 cm, 1,5 cm telah terjadi lucutan *arc* serta pada jarak 2 cm sudah muncul cahaya tampak dan belum terjadi lucutan *arc*. Dengan demikian jarak optimum munculnya plasma lucutan pijar korona pada jarak 2 cm. Hal ini sesuai dengan pendapat Reizer (1997) yang menyatakan bahwa proses terjadinya lucutan pijar korona dalam medan listrik diawali dengan lucutan *townsend* kemudian diikuti oleh lucutan

pijar (*glow discharge*) atau korona (*corona discharge*) dan berakhir dengan *arc discharge*.

Penelitian Utama

Proses penyinaran dengan plasma lucutan pijar korona dilakukan dengan 5 perlakuan variasi lama waktu dan 5 pengulangan. Variasi lama waktu penyinaran plasma lucutan pijar korona dimulai dari 0, 50, 100, 150, 200 detik. Pada perlakuan 0 detik susu tidak disinari plasma lucutan pijar korona tetapi susu hanya dimasukkan dalam reaktor plasma, perlakuan ini merupakan perlakuan kontrol. Susu yang akan disinari plasma lucutan pijar korona di masukan ke dalam cawan petri yang terbuat dari gelas berdiameter 9 cm sebanyak 5 ml.

Hasil uji penyinaran plasma lucutan pijar korona pada total bakteri susu segar dapat ditunjukkan pada Gambar 6. Grafik tersebut menunjukkan bahwa jumlah bakteri yang hidup semakin berkurang sejalan dengan penambahan waktu penyinaran plasma lucutan pijar korona.

Hasil uji statistik *Kruskal-Wallis* dengan menggunakan α 0,05 diperoleh data taraf signifikan p-value 0,00, dimana p-value < 0,05, sehingga dapat diketahui bahwa perbedaan lama penyinaran plasma lucutan pijar korona berpengaruh terhadap jumlah bakteri pada susu segar. Lama waktu penyinaran plasma lucutan pijar korona berkorelasi positif dengan pengurangan jumlah bakteri. Perlakuan penyinaran plasma lucutan pijar korona 0, 50, 100, 150 dan 200 detik mengakibatkan pengurangan jumlah bakteri secara linier berturut-turut $2,3 \times 10^6$ CFU/ml, $2,1 \times 10^6$ CFU/ml, $1,6 \times 10^6$ CFU/ml, $0,7 \times 10^6$ CFU/ml, $0,2 \times 10^6$ CFU/ml. Persentase penurunan jumlah bakteri dari perlakuan kontrol dapat terlihat jelas penurunan setelah dilakukan penyinaran plasma lucutan pijar korona. Pada penyinaran selama 50 detik terjadi penurunan sebesar 8,5% sedangkan lama penyinaran 100 detik terjadi

penurunan 30,8%. Penurunan jumlah bakteri pada kedua perlakuan tersebut memang masih lebih sedikit dibandingkan kedua perlakuan berikutnya yaitu pada lama penyinaran 150 detik terjadi penurunan sampai 69,7% bahkan pada lama penyinaran 200 detik mencapai penurunan 88%. Hal ini menunjukkan semakin lama penyinaran plasma lucutan pijar korona maka jumlah bakteri semakin menurun atau persentase penurunan semakin tinggi. Pada penelitian ini plasma lucutan pijar korona dapat membunuh bakteri susu segar. Pernyataan ini sesuai dengan pendapat Laroussi (2000) yang menyatakan bahwa mikroorganisme yang terkena plasma membran pecah dalam waktu yang singkat diikuti oleh kebocoran sitoplasma.

Parker (1997) mengemukakan bahwa setiap molekul reaktif tersebut mampu menurunkan dan merubah biopolimer seperti asam deoksiribonukleat (DNA) dan protein. Ion dapat berinteraksi dengan DNA sehingga menyebabkan pecahnya ikatan polimer. Ionisasi dan penurunan (degradasi) molekul penting dalam materi biologi seperti DNA dan protein enzim memicu terjadinya kematian sel bakteri.

Untuk mengetahui beda nyata perlakuan lama penyinaran plasma pada susu segar digunakan uji *Mann-Whitney*. Hasil uji *Mann-Whitney* menyatakan perlakuan lama penyinaran 50 detik berbeda nyata dengan lama penyinaran 100 detik. Perlakuan lama penyinaran 100 detik berbeda nyata dengan lama penyinaran 150 detik, sedangkan perlakuan lama penyinaran 150 detik berbeda nyata dengan lama penyinaran 200 detik. Sesuai dengan Tabel 3 hasil uji *Mann-Whitney* lama penyinaran plasma lucutan pijar korona terhadap total bakteri susu segar menunjukkan masing-masing perlakuan berbeda nyata, tetapi perlakuan kontrol atau penyinaran 0 detik tidak berbeda nyata dengan penyinaran 50 detik namun menunjukkan penurunan jumlah bakteri

8,5%. Hal tersebut dimungkinkan karena kondisi lingkungan udara plasma belum terionisasi secara menyeluruh atau molekul oksigen belum terionisasi secara merata, walaupun lucutan pijar korona sudah tampak.

Perlakuan lama penyinaran 50 detik menunjukkan berbeda nyata dengan perlakuan lama penyinaran 100 detik dan menunjukkan penurunan 24,3% dari perlakuan 50 detik. Perlakuan lama penyinaran 100 detik menunjukkan berbeda nyata dengan lama penyinaran 150 detik serta persentase penurunan total bakteri juga tinggi mencapai 56,2 %. Pada lama penyinaran 150 detik juga berbeda nyata dengan perlakuan penyinaran 200 detik dalam persentase penurunan bakteri mencapai 60,6 %. Hal ini dapat disimpulkan bahwa pada waktu penyinaran plasma 200 detik hanya $0,2 \times 10^6$ CFU/ml bakteri yang masih hidup atau mencapai penurunan jumlah bakteri sebesar 88%.

Terjadinya mekanisme dekontaminasi diduga karena lingkungan udara plasma menghasilkan cahaya ultraviolet, molekul oksigen aktif dan beberapa spesies radikal aktif yang mempunyai kemampuan untuk membunuh sel bakteri. Hal ini sesuai dengan pendapat Brimingham dan Hammerstrom (2000) yang menyatakan bahwa lingkungan udara plasma menghasilkan cahaya ultraviolet, molekul oksigen aktif dan beberapa spesies radikal aktif yang memungkinkan terjadinya mekanisme dekontaminasi.

Hasil penelitian ini menunjukkan penurunan total bakteri pada susu sebesar 88% masih lebih sedikit dibandingkan hasil penelitian Nur. *et al.*, (2005) yang menunjukkan penurunan hingga 96,8 % pada biakan bakteri *E. coli* yang ditanam pada Endo Agar, Mc. Donal (2000) dengan hasil yang berbeda juga melakukan teknik setrilisasi dengan menggunakan sinar

UV (*Ultra Violet*) yang mampu menurunkan total bakteri *E. coli* sampai 99,99%. Hal tersebut dimungkinkan karena penyinaran plasma lucutan pijar korona pada penelitian ini menggunakan media susu, sehingga penyinaran plasma tidak semua langsung mengenai bakteri tetapi melewati pertikel-partikel susu.

Total bakteri susu segar pada perlakuan kontrol atau penyinaran 0 detik menunjukkan 234×10^4 CFU/ml, itu membuktikan bahwa susu yang diperoleh dari peternak sudah tidak memenuhi syarat SNI. Ini diduga *higyne* dan sanitasi yang dilakukan peternak kurang diperhatikan sehingga menyebabkan kontaminasi pada susu, sesuai dengan pendapat Supardi dan Sukanto (1999) yang menyatakan pemeliharaan kebersihan alat dan tempat pemerahan susu serta pekerja harus diperhatikan karena dapat mengkontaminasi susu selain itu juga kebersihan sapi dan kesehatannya perlu dijaga.

Uji Fisik Susu Segar

Dalam penelitian ini juga di periksa pH dan warna susu sebelum dan sesudah disinari plasma lucutan pijar korona. Dari pemeriksaan tersebut menunjukkan tidak ada perubahan pH dan warna susu yaitu pH masih tetap yaitu 6 dan warna susu tidak mengalami perubahan karena pemeriksaan tersebut berselang relatif singkat, tidak ada perlakuan penyimpanan terlebih dahulu.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa plasma dingin dalam hal ini lucutan pijar korona dapat digunakan sebagai alat sterilisasi susu segar. Hasil penelitian perlakuan lama penyinaran plasma lucutan pijar koronan menunjukkan adanya pengaruh terhadap total bakteri susu segar.

Lama penyinaran optimum pada 200 detik pada jarak 2 cm yang menyisakan bakteri $0,2 \times 10^6$ CFU/ml atau mengalami penurunan 88% serta pH dan warna susu segar tidak mengalami perubahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1998. Standar Nasional Pendidikan Indonesia. Susu segar. Dewan Standar Nasional: Jakarta.
- Arifin, F., Agung Warsito dan Abdul Syakur. 2009. Perancangan Pembangkit Tegangan Tinggi Impuls untuk Aplikasi Pengolahan, Berkala Fisika 8
- Black, J. G., 1999, *Microbiology Principles and Exporation*, Fourth Edition, Simon and Schuster/A Viacom Company Upper Saddle River, New Jersey.
- Champman, B. 1990. *Glow Discharge Processes*. John Willey & Sons. New York.
- Chang, J.S., 1991, *Corona Discharge Processes*, IEEE Transaction on Plasma Science Vol.19
- Chen, J., and Davidson, J.H., 2002, *Electron Density and Energy Distributions in the Positive DC Corona: Interpretation for Corona-Enhanced Chemical Reactions*, Plasma Chemistry and Plasma Processing, Vol. 22
- Francis, F.C. 1974. *Introduction to Plasma Physics*. Plenum Press. New York
- Grahatika, R. 2009. Identifikasi dan Pemeriksaan Jumlah Total Bakteri pada Susu Sapi di Kabupaten Karanganyar. (Skripsi). Surakarta. Universitas Muhammadiyah surakarta.
- Laroussi, I. Alexeff, W. Kang, 2000. IEEE Trans. Plasma Sci., 28, 184
- Laroussi, M. 2002. "Low Temperature Plasma-Based Sterilization: Overview and State-of-the-Art", *Plasma Proc. Polym.*, Vol. 2, No. 5, pp. 391-400.
- Nugroho, Widagdo. 2008. Profil Produksi dan Konsumsi Susu Indonesia. <http://weesnugroho.staff.ugm.ac.id>
- Nur, M., 1998, Fisika Plasma dan Aplikasinya, Makalah Stadium General, Jurusan Fisika Fakultas MIPA, UNDIP, Semarang.
- Nur, M., M.G. Isworo Rukmi, dan Komariyah. 2005. *New Method for Bacterial Decontamination by Using Atmospheric Non Thermal Plasma*. Berkala Fisika 8: 91-98
- Nurliyani, Rihastuti, Indratiningsih, Wahyuni Endang. 2008. Bahan Ajar Ilmu dan Teknologi Susu dan Telur. Fakultas Peternakan. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Prieto, G., Takashima, Kim, H.H., K., Katsura, S., and Mizuno, A. 2002. *Performance Evaluation of Discharge Plasma for Gaseous Pollutant Removal*, Journal of Electrostatic Elsevier Vol. 55.
- Rutgers, W.R, and Van Veldhuizen. 2002. *Corona Discharges: Fundamental and Diagnostics*, Journal Physics D: Appl. Phys., Vol 35
- Sigmon, R. S., 1982, *Simple Approximation Treatment of Unipolar Space Charge Dominated Coronas : The Warburg Law and The Saturation Current*, J Application Physics, 53:891-898.
- SNI 01-2782-1998. Metode Pengujian Susu Segar. Badan Standarisai Nasional.
- Supardi dan Sukamto. 1999. Mikrobiologi, Pengolahan dan Keamanan Pangan. Jakarta: Alumi.
- Susilorini E.T. dan Manik S. 2006. Produk Olahan Susu. Jakarta: Penebar Swadaya
- Tseng, C.H., 1999, *The application of Pulsed Corona Discharge Technology in Flue Gas Desulfurization and Denitrification*, The Air & Wasre Management association's 92nd Annual Meeting & Exhibition, St. Louis, Missouri, USA.

Tabel 1. Pendenahan Rancangan Percobaan

Lama penyinaran (detik)	Pengulangan				
	1	2	3	4	5
0	T1U1	T1U2	T1U3	T1U4	T1U5
50	T2U1	T2U2	T2U3	T2U4	T2U5
100	T3U1	T3U2	T3U3	T3U4	T3U5
150	T4U1	T4U2	T4U3	T4U4	T4U5
200	T5U1	T5U2	T5U3	T5U4	T5U5

Keterangan :

T1 = lama penyinaran 0 detik (kontrol)

T2 = lama penyinaran 50 detik

T3 = lama penyinaran 100 detik

T4 = lama penyinaran 150 detik

T5 = lama penyinaran 200 detik

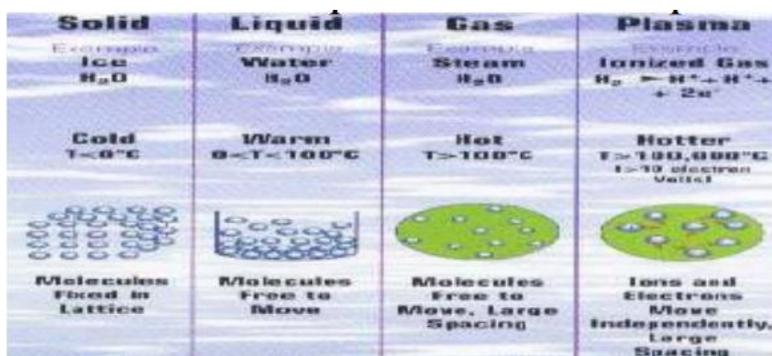
U1 = pengulangan ke 1

U2 = pengulangan ke 2

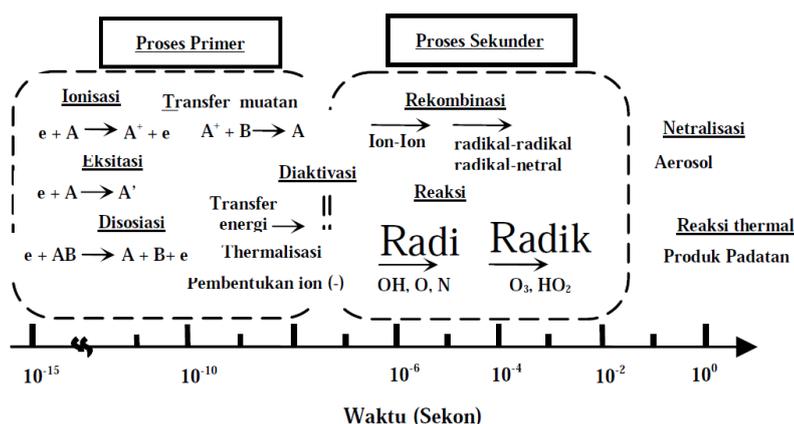
U3 = pengulangan ke 3

U4 = pengulangan ke 4

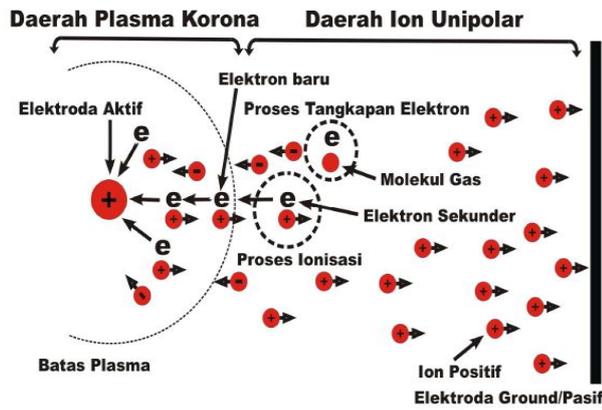
U5 = pengulangan ke 5



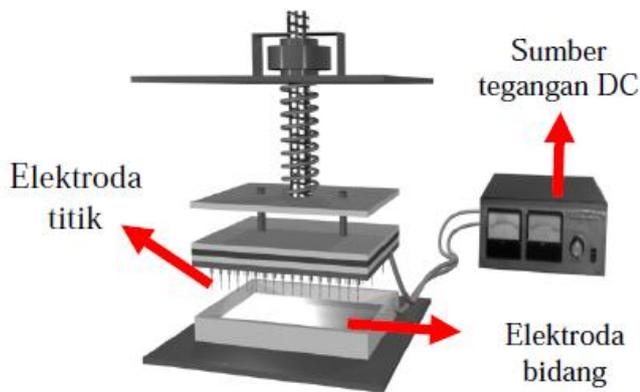
Gambar 1. Ilustrasi Fase Materi Keempat Setelah Padat, Cair dan Gas.



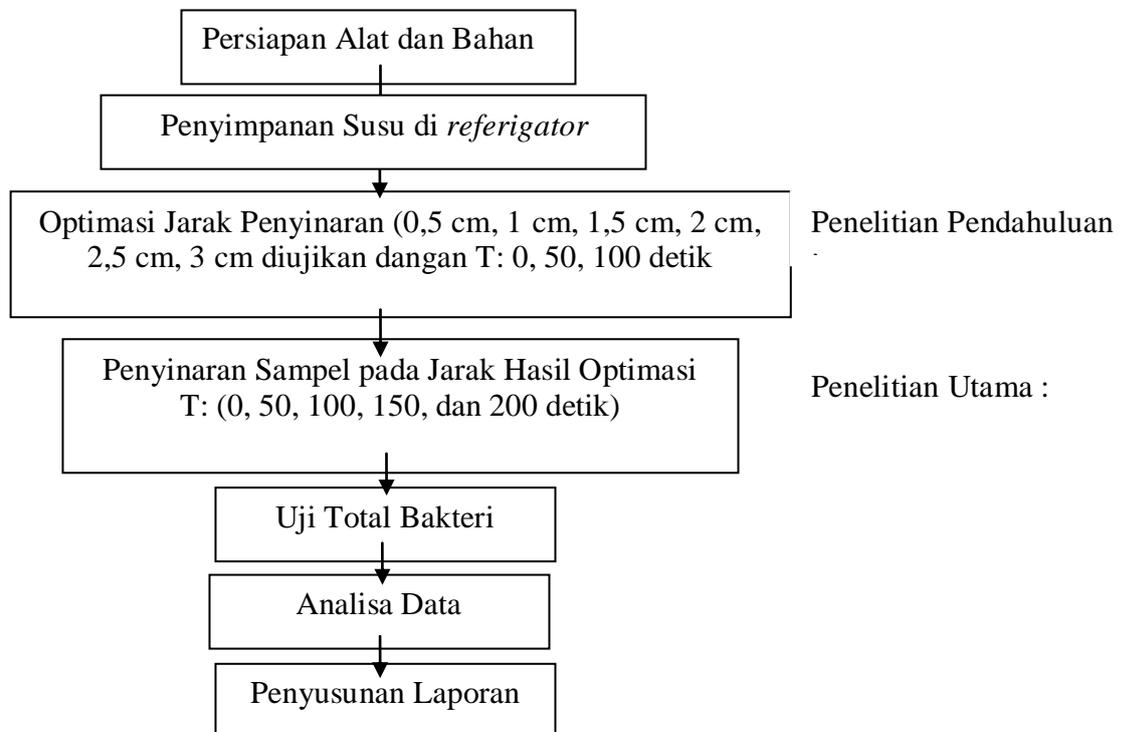
Gambar 2. Proses elementer pada plasma dingin dalam skala waktu (Prieto, et al., 2002)



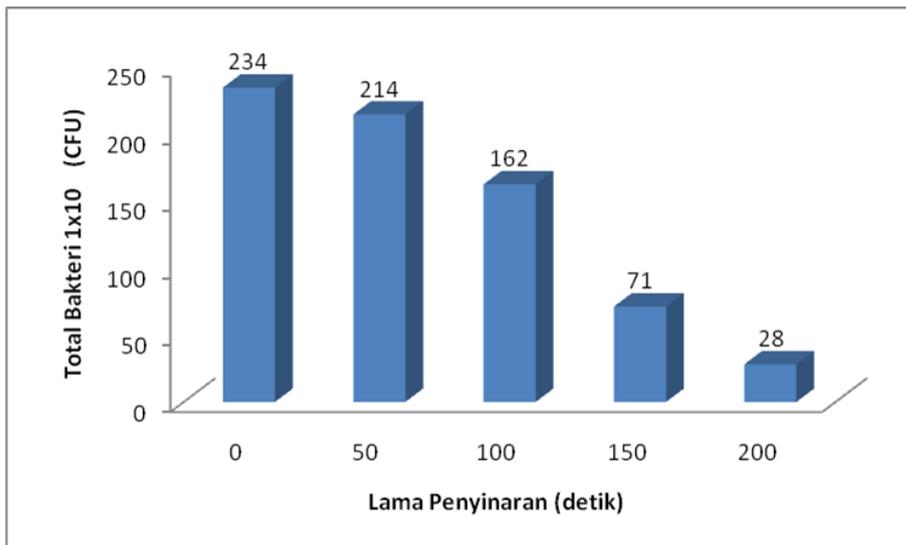
Gambar 3. Proses pembangkitan plasma lucutan pijar korona pada ruang antar elektroda (Chen dan Davidson, 2002)



Gambar 4. Desain sistem reaktor plasma lucutan pijar korona (Pandji, *et al.*, 2007)



Gambar 5. Kerangka penelitian peranan plasma lucutan pijar korona terhadap penurunan total bakteri susu segar.



Gambar 6. Grafik hasil uji penyinaran plasma lucutan pijar korona terhadap total bakteri susu segar pada lama penyinaran 0 (kontrol), 50, 100, 150, dan 200 detik.