

# Rancang Bangun Alat Pasteurisasi *Non Thermal* Dengan *Pulsed Electric Field (PEF)*

Ika Novia Anggraini<sup>1\*</sup>, Elsara Krysti Simarmata<sup>1</sup>Novalio Daratha<sup>1</sup>,  
Afriyastuti Herawati<sup>1</sup>, Yuli Rodiah<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Teknik Elektro Universitas Bengkulu,

\*E-mail: [ikanovia@unib.ac.id](mailto:ikanovia@unib.ac.id)

## ABSTRACT

*Packaged beverages have become a product that is very much on the market both internationally and nationally. In the process of making packaged drinks, the microbes in the drinks must be inactivated so that the drinks become more durable. The process of inactivating the microbes in the drink is called pasteurization. Pasteurization of beverages is conventionally carried out by heating it. But heating to high temperatures in drinks can change the taste, color, and even this can change the drink's nutrition This paper discusses the non-thermal pasteurization process using a high-voltage impulse (Pulsed Electric Field, PEF). The non-thermal pasteurization process designed in this study was carried out by flowing milk between two electrodes that had been applied high DC voltage. As a source of high voltage generation, a flyback transformer is used with an output voltage of up to 30 kV. In the pasteurization process, 6 variations of voltage levels are given, namely 5, 10, 12.5, 15, 20, and 30 kV. The pasteurized milk product is then tested for quality standards SNI by measuring the percentage of inactive microbes in the FMIPA microbiology laboratory. It was found that the application of 5, 10, 12.5, 15, 20 and 30 kV voltages succeeded in inactivating microbes up to 83.3%, 94.5%, 83.6%, 88.8%, 84.2% and 84.4%, respectively.*

**Key Words:** *PEF, Flyback Transformer, ZVS Driver, Pasteurization.*

## 1. PENDAHULUAN

Konsumsi susu masyarakat Indonesia berdasarkan data konsumsi susu nasional yaitu 16,99 kg/kapita/tahun (16,5 liter/kapita/tahun) dan belum mencapai target pemerintah Indonesia yaitu sebesar 20,56 kg/kapita/tahun (20 liter/kapita/tahun), Capaian target konsumsi susu memberikan peluang ekonomi dalam bidang produksi susu di Indonesia. Kementerian Pertanian sudah menargetkan agar Susu Segar Dalam Negeri (SSDN) bisa mencukupi kebutuhan sekitar 40 persen dari kebutuhan susu nasional. Hal tersebut bisa terwujud apabila ada peningkatan dari usaha budidaya dan pengolahan susu sapi perah di Indonesia[1]

Susu yang dipasarkan harus memenuhi standar aman dari bakteri dan jangka waktu penyimpanannya lebih tahan lama, hingga diperlukan proses pasteurisasi. Proses pasteurisasi adalah sebuah proses pemanasan makanan atau minuman dengan tujuan membunuh organisme merugikan seperti bakteri, protozoa, kapang, dan khamir dan suatu proses untuk memperlambat pertumbuhan mikroba pada makanan. Namun pengolahan makanan atau minuman menggunakan metode *thermal* memiliki banyak dampak negatif seperti, melarutnya mineral, kalsium dan fosfor, kerusakan whey protein, berkurangnya kadar CO<sub>2</sub>, berubahnya keseimbangan ion hidrogen dan berkurangnya pembentukan krim, maka diperlukan alternatif menggantikan pengolahan secara konvensional dengan metode pengolahan *non-thermal*.

Salah satu metode *non-thermal* yang sedang dikembangkan adalah menggunakan kejutan listrik tegangan tinggi atau PEF (Pulsed Electric Field) [2]. PEF diterapkan selama beberapa detik pada proses pengolahan bahan pangan menggunakan aplikasi pulsa tegangan tinggi (20-80 kV) di bawah suhu kamar hingga memperkecil kerusakan yang disebabkan oleh pemanasan. Elektroda yang dipergunakan menentukan keefektifan aplikasi tegangan tinggi yang terserap dalam proses pengolahan makanan dengan PEF. Elektroda bola diterapkan pada pengolahan susu [3], sedangkan elektroda batang telah dipergunakan untuk pengolahan jeruk kalamansi [4], hingga dapat menginfektifkan mikroorganisme sampai 95% tanpa mengubah warna, bau dan kandungan gizi.

Berdasarkan penelitian sebelumnya dan disarikan pada penelitian yang membuktikan elektroda jarum lebih besar daripada elektroda bola, setengah bola, dan tabung [5] [6], hingga pada penelitian ini dilakukan merancang alat pasteurisasi non termal dengan elektroda jarum

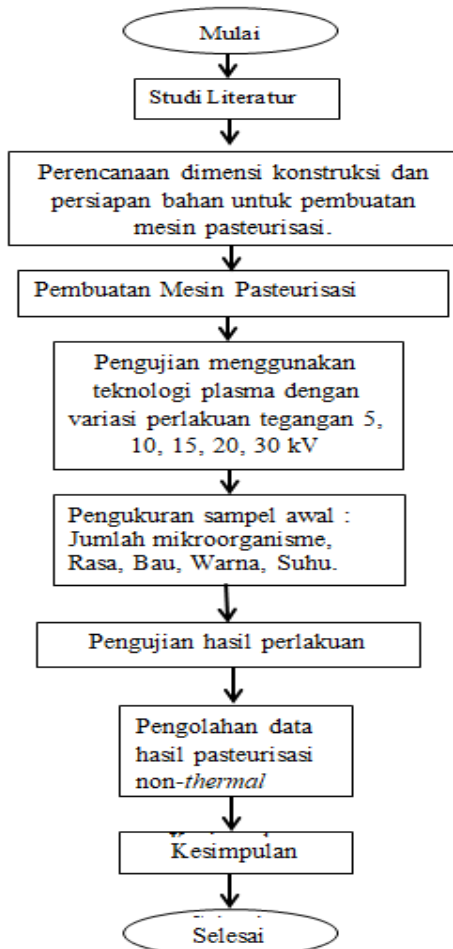
## 3. METODE PENELITIAN

Proses pasteurisasi non-termal dengan menggunakan impuls tegangan tinggi (Pulsed Electric Field, PEF).

### A. Langkah Penelitian

Proses pasteurisasi non-termal yang dirancang pada penelitian ini dilakukan dengan cara mengalirkan air susu diantara dua elektroda jarum-pelat di *treatment chamber* media pasteurisasi. Sebagai sumber pembangkitan tegangan tinggi dipergunakan trafo *flyback* dengan keluaran tegangan hingga 30 kV. Pada proses pasteurisasi diberikan 6 variasi level tegangan tinggi impuls yaitu 5kV, 10kV, 12.5kV, 15kV, 20kV, dan 30 kV.

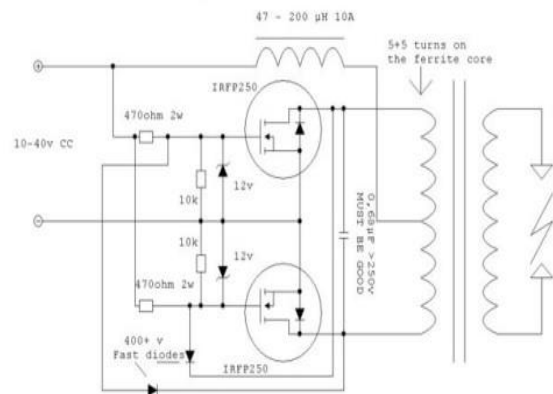
Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Pengukuran tegangan dilakukan dengan pembagi tegangan lalu menggunakan multimeter digital. Hasil susu hasil proses pasteurisasi kemudian diuji baku mutunya dengan mengukur prosentase nonaktif mikroba untuk mengetahui jumlah mikroorganisme yang tersisa. Data yang di peroleh dari hasil pengujian di olah dan dibandingkan dengan data sampel awal sebelum dilakukan pasteurisasi non-*thermal* serta di bandingkan pula dengan baku mutu minuman sesuai SNI untuk mengetahui efisiensi dan persentasi keberhasilan mesin pasteurisasi.



Gambar 1. Diagram Blok Perancangan

## B. Perancangan Pembangkitan Tegangan Tinggi

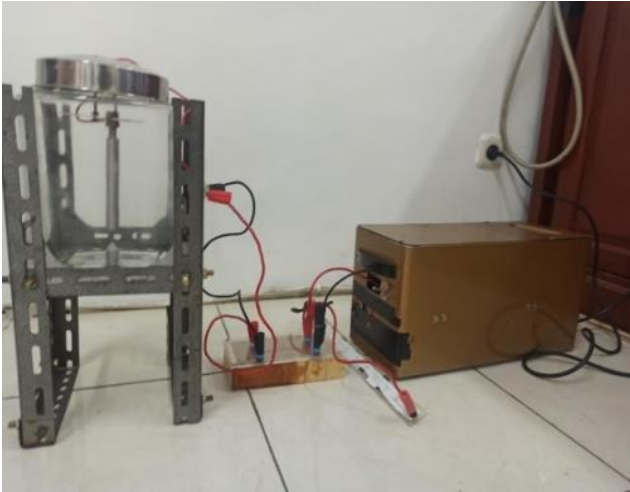
Pada perancangan alat, sumber tegangan tinggi DC dipergunakan trafo *flyback*. *Driver flyback* yang dirancang adalah driver jenis *zero voltage switching (ZVS)* yang mampu berosilasi sendiri. Rangkaian ZVS akan menghasilkan sinyal AC yang menjadi penggerak dari trafo *flyback*. Komponen utama dari modul ZVS adalah mosfet, Switching dari mosfet menghasilkan sinyal AC berfrekuensi tinggi. Modul ZVS digerakkan dengan sumber DC mulai dari 12 Volt dengan arus di atas 10 ampere. Transformator *flyback* atau trafo *flyback* merupakan trafo yang telah diintegrasikan dengan dioda penyearah, pembagi tegangan, kapasitor resonansi dan beberapa kumparan tegangan rendah yang keseluruhannya dicor menjadi satu unit (*bulk*). Pada pesawat televisi trafo ini difungsikan sebagai pelipat tegangan pulsa *flyback* dari rangkaian defleksi horizontal. Trafo ini menggunakan batang *ferrite* sebagai inti kopling magnetnya yang permeabilitas magnetnya tinggi, histerisisnya rendah sehingga dapat bekerja optimal pada daerah frekuensi tinggi.



Gambar 2. Driver ZVS

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pengujian Alat Pasteurisasi Susu



Gambar 3. Alat pasteurisasi susu

Jarak antar elektroda dibuat 0,5 cm dengan dimensi panjang 11 cm dan 6 cm seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Tabung kaca memiliki volume 4 liter yang diisi bahan susu sebanyak 1 liter. Tegangan tinggi dengan memanfaatkan teknologi plasma di terapkan terhadap susu sebagai metode pasteurisasi.

Sebelum diterapkan pada sistem keseluruhan, pembangkit tegangan tinggi DC terlebih dulu diuji untuk mengetahui tegangan outputnya. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan tegangan input driver ZVS. Tegangan keluaran yang diterapkan pada susu adalah 5kV, 12.5kV, 20kV, 30 kV besaran tegangan tersebut seperti pada referensi [3] tetapi elektroda yang dipergunakan pada penelitian ini adalah jarum-pelat.

Adapun hasil dari pengujian hasil pengujian pasteurisasi susu ditunjukkan pada Tabel 1. Dapat di lihat ketika tidak diberikan perlakuan nilai jumlah mikroba sebesar 71.040 atau berada di atas nilai standar mutu susu pasteurisasi yaitu sebesar  $3 \times 10^4$ .

Pada Variasi tegangan 5 kV terjadi penurunan mikroba dari 71.040 menjadi 11840 atau sebesar 83,33 %. Pada variasi tegangan 10 kV terjadi penurunan jumlah mikroba dari 71.040 cfu /ml menjadi 3840 cfu/ml atau sebesar 95 %, pada variasi tegangan 12,5 terjadi penurunan jumlah mikroba dari 71.040 menjadi 11600 atau sebesar 83,6 %.

TABEL 1  
HASIL PENGUJIAN PEMBANGKIT TEGANGAN TINGGI DC

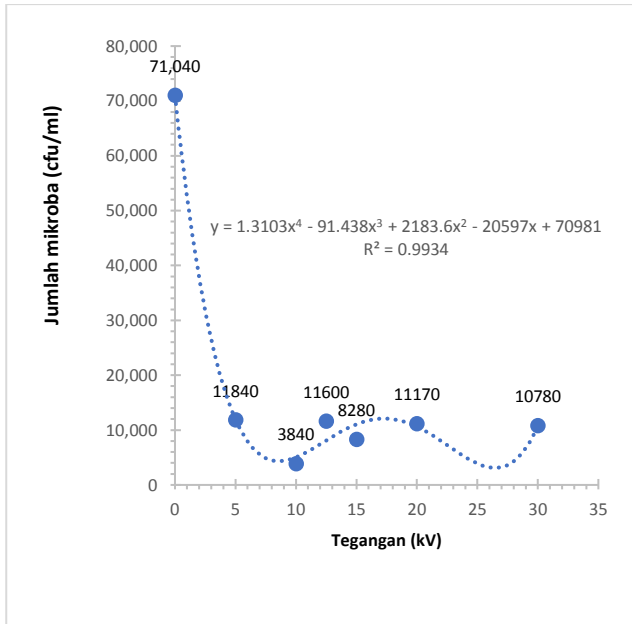
Tegangan (kV)	Suhu susu (°C)		Standar Mutu (cfu/ml)	Jumlah Mikroba (cfu/ml)	Bau	Warna	Rasa
	Sebelum	Sesudah					
Tanpa perlakuan	26	26		71040	Khas	Khas	Khas
5 kV	21,8	22	$3 \times 10^4$	11840	Khas	Khas	Khas
10 kV	26	27,8		3840	Khas	Khas	Khas
12,5 kV	22	23		11600	Khas	Khas	Khas
15 kV	22	23		8280	Khas	Khas	Khas
20 kV	23	26		11170	Khas	Khas	Khas
30 kV	25	25,3		10780	Khas	Khas	Khas

Pada variasi tegangan 15 kV terjadi penurunan jumlah mikroba dari 71040 cfu/ml menjadi 8280 cfu/ml atau sebesar 88,9 %, sedangkan pada variasi tegangan 20 kV terjadi penurunan mikroba menjadi 11.170 cfu/ml atau sebesar 85 % sedangkan pada variasi tegangan 30kV, terjadi penurunan total mikroba menjadi 10780 cfu/ml atau sebesar 85,7%.

Penurunan jumlah mikroba yang tergantung pada perbedaan jarak waktu pemberian perlakuan, hingga perubahan jumlah mikroba yang pada percobaan pertama nilai terbaik terdapat pada 10 kV. Selain itu, adanya kontaminasi udara dapat terjadi saat susu dimasukkan ke dalam tabung reaktor.

Pada susu sapi hasil pasteurisasi dengan teknologi plasma tidak terjadi perubahan warna, rasa, dan bau, namun terdapat koagulasi dan gelembung yang mengikuti tekstur susu.

Hubungan antara variasi tegangan terhadap parameter susu pasteurisasi dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Perbandingan Tegangan dengan Jumlah Mikroba

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat bahwa penurunan jumlah mikroba signifikan terhadap kenaikan tegangan. Penurunan mikroba optimal pada tegangan 10 kV yaitu 3840 cfu/ml dengan persentase penurunan mikroba sebesar 94,5%. Melalui gradik dapat dilihat fungsi regresi polinomial yaitu  $y = 1,3103x^4 - 91,438x^3 + 2183,6x^2 - 20597x + 70981$  dengan koefisien determinasi sebesar 0,9934 atau persentase kemampuan variabel x dalam menjelaskan variabel y sebesar 99,34 %.

### B. Persentase Penurunan Mikroba

Pengujian laboratorium yang dilakukan didapatkan nilai parameter sebelum dan setelah mengalami pengolahan teknologi plasma. Penurunan jumlah mikroba bervariasi terhadap kenaikan tegangan namun jumlah mikroba pada masing masing variasi tegangan mengalami penurunan sehingga berada pada standar mutu susu pasteurisasi. Untuk mengetahui seberapa besar persentase penurunan mikroba pada proses pasteurisasi maka dilakukan perhitungan Ralat Mutlak seperti berikut:

$$RM = \frac{\text{Jumlah Mikroba Awal} - \text{Jumlah Mikroba Akhir}}{\text{Jumlah Mikroba Awal}} \times 100\%$$

TABEL 2.

#### PERSENTASE PENURUNAN MIKROBA

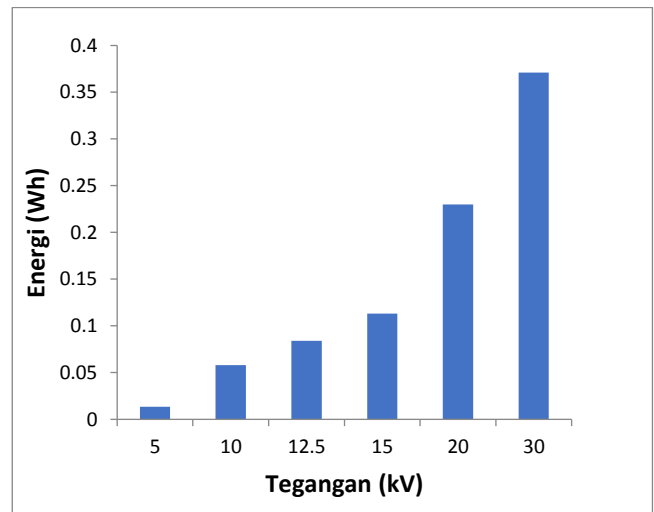
Variasi Tegangan	Standar Mutu	Jumlah Mikroba Awal /ml	Jumlah Mikroba setelah	Persentase Penurunan Mikroba
------------------	--------------	-------------------------	------------------------	------------------------------

pasteurisasi /ml				
5 kV	3x10 <sup>4</sup>	71.040	11840	83,3 %
10 kV			3840	94,5 %
12,5 kV			11600	83,6 %
15 kV			8280	88,6 %
20 kV			11170	84,2%
30 kV			10780	84,8 %

Tabel 2 menunjukkan prosesntase penurunan mikroba pada susu ketika penerapan PEF. Dapat dilihat bahwa penurunan jumlah mikroba signifikan terhadap kenaikan tegangan dengan persentase penurunan mikroba yang didapatkan cukup tinggi mencapai 94,5% dan keseluruhan hasil perlakuan berada pada standar mutu susu hasil pasteurisasi, sehingga jika di tinjau dari jumlah mikroba yang tersisa setelah proses pasteurisasi, susu hasil pasteurisasi dengan menggunakan teknologi plasma layak untuk dikonsumsi.

### C. Perhitungan penggunaan energi

Pada saat pemberian treatment pada susu yang berlangsung selama 20 menit pada masing masing variasi tegangan di ukur nilai arus pada alat. Arus yang di dapat cenderung stabil atau tidak berubah ubah selama 20 menit. Sehingga dapat dilakukan perhitungan penggunaan energi dan didapatkan hasil seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Konsumsi energi pada proses PEF

Gambar 5 menunjukkan bahwa penggunaan energi selama pasteurisasi yaitu 20 menit berbanding lurus terhadap besar tegangan yang digunakan. Penggunaan energi pada proses pasteurisasi cukup hemat energi karena dalam waktu 20 menit tidak mencapai 0,5 wh. Sehingga sangat efisien digunakan untuk industri rumah tangga ditinjau dari sisi penggunaan energi.

## 5. KESIMPULAN

1. Pada susu sapi hasil pasteurisasi dengan teknologi plasma tidak terjadi perubahan warna, rasa, dan bau.
2. Mikroorganisme pada susu murni berhasil di inaktivasi dengan persentase penurunan mikroba hingga 94,5% memenuhi standar mutu SNI 19-1502-1989 untuk susu pasteurisasi.

## REFERENSI

- [1] S. R. Sinurat, "Masa Depan Susu Sapi di Indonesia." Indonesia.id, p. 2, 2019.
- [2] M. Mohamed and A. Eissa, "Pulsed Electric Fields for Food Processing Technology," *Struct. Funct. Food Eng.*, 2012.
- [3] T. Tinggi, "' Susu Listrik ' Alat Pasteurisasi Susu Kejut Listrik Tegangan Tinggi ( Pulsed Electric Field ) Menggunakan Transformator ' Electric Milking ' the High Voltage -Electric Shock ( Pulsed Electric Field ) For Milk Pasteurization Device Using High Voltage Tra," *J. Keteknikan Pertan. Trop. dan Biosist. Vol.*, vol. 3, no. 2, pp. 199–210, 2015.
- [4] B. Ariyadi, "Paranormal Sitompul (Pasteurisasi Non Termal Sirup Jeruk Kalamansi Dengan Teknologi Medan Pulsa Listrik)," *Society*, 2019.
- [5] M. T. pangihutan Sibarani, "Pengujian Tegangan Tembus Ac Minyak Serai Dengan Menggunakan Berbagai Elektroda," *Inovtek Polbeng*, vol. 9, no. 2, p. 327, 2019.
- [1] [6] H. Harbeno, "Aplikasi teknologi plasma menggunakan tegangan tinggi impuls untuk pengolahan air limbah rumah tangga," 2017.