

**EFEKTIVITAS TEGANGAN LISTRIK DAN WAKTU KEJUT *PULSED*  
*ELECTRIC FIELD* (PEF) TERHADAP PENURUNAN POPULASI PATOGEN  
*Escherichia coli* DAN *Staphylococcus aureus* PADA SUSU SAPI SEGAR**

**SKRIPSI**



Oleh:

**RANGGA KURNIA PUTRA**  
NPM. 18033010038

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR  
SURABAYA  
2023**

**EFEKTIVITAS TEGANGAN LISTRIK DAN WAKTU KEJUT PULSED  
ELECTRIC FIELD (PEF) TERHADAP PENURUNAN POPULASI PATOGEN  
*Escherichia coli* DAN *Staphylococcus aureus* PADA SUSU SAPI SEGAR**

**SKRIPSI**



Oleh:

**RANGGA KURNIA PUTRA**  
NPM. 18033010038

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR**

**SURABAYA**

**2023**

**EFEKTIVITAS TEGANGAN LISTRIK DAN WAKTU KEJUT PULSED  
ELECTRIC FIELD (PEF) TERHADAP PENURUNAN POPULASI PATOGEN  
*Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* PADA SUSU SAPI SEGAR**

**SKRIPSI**

**Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
dalam memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pangan**

Oleh:  
**RANGGA KURNIA PUTRA**  
NPM. 18033010038

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN  
FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAWA TIMUR  
SURABAYA**

**2023**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

**EFEKTIVITAS TEGANGAN LISTRIK DAN WAKTU KEJUT PULSED  
ELECTRIC FIELD (PEF) TERHADAP PENURUNAN POPULASI PATOGEN  
*Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* PADA SUSU SAPI SEGAR**

Disusun Oleh:

**RANGGA KURNIA PUTRA**  
NPM. 18033010038

Telah Dipertahankan dan Diterima Oleh Tim Penguji Skripsi Program Studi  
Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional  
"Veteran" Jawa Timur pada Tanggal 18 Januari 2023

Pembimbing I



**Dr. Ir. Sri Winarti, MP.**  
NIP. 19630708 198903 2 002

Pembimbing II



**Anugerah Dany R., S.TP., M.P., M.Sc.**  
NIP. 19881108 202203 1 003

Mengetahui  
Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur



**Dr. Dra. Jariyah, MP.**  
NIP. 19650403 199103 2 001

---

**KETERANGAN REVISI**

Mahasiswa di bawah ini :

Nama : Laila Putri Agustin  
NPM : 18033010008  
Program Studi : Teknologi Pangan

Telah mengerjakan (revisi/tidak-revisi) Laporan Penelitian dengan Judul :

**PENGARUH KEMASAN (*aluminium foil, polypropylene (PP), dan metalized plastic*)  
TERHADAP KARAKTERISTIK MUTU BISKUIT DAN PENDUGAAN UMUR SIMPAN  
BISKUIT LINDUR DAN MOCAF**

Surabaya, 18 Januari 2023

Dosen Penguji yang memerintahkan revisi :

1.



**Dr. Dra. Jaridah, MP**  
NIP. 19650403 199103 2 001

3



**Riski Ayu A., S.TP., M.Sc**  
NPT. 17219900427065

2.



**Ir. Ulva Sarofa, MM**  
NIP. 19630516 198803 2 001

**Mengetahui**  
**Koordinator Program Studi Teknologi Pangan**



**Dr. Ir. Sri Winarti, MP**  
NIP. 19630708 198903 2002

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang betanda tangan dibawah ini :

Nama : Rangga Kurnia Putra  
NPM : 18033010038  
Program Studi : Teknologi Pangan  
Fakultas : Teknik  
Judul : Efektivitas Tegangan Listrik dan Waktu Kejut *Pulsed Electric Field* (PEF) terhadap Penurunan Populasi Patogen *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* pada Susu Sapi Segar

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya dan bukan merupakan duplikasi sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain, kecuali bagian sumber informasi dicantumkan.

Pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya secara sadar dan bertanggung jawab dan saya bersedia menerima sanksi pembatalan skripsi apabila terbukti melakukan duplikasi terhadap skripsi atau karya ilmiah lain yang sudah ada.

Surabaya, 19 Januari 2023

Pembuat Pernyataan



RANGGA KURNIA PUTRA  
NPM. 18033010038

**EFEKTIVITAS TEGANGAN LISTRIK DAN WAKTU KEJUT *PULSED ELECTRIC FIELD* (PEF) TERHADAP PENURUNAN POPULASI PATOGEN *Escherichia coli* DAN *Staphylococcus aureus* PADA SUSU SAPI SEGAR**

**RANGGA KURNIA PUTRA**  
**18033010038**

**INTISARI**

Susu segar rentan terhadap kerusakan akibat mikrobiologi karena di dalam susu segar mengandung nutrisi. Salah satu cara pengolahan susu agar tetap bertahan lama dalam waktu tertentu adalah dengan pasteurisasi. Namun, pasteurisasi atau proses thermal pada susu dapat merusak komponen kimiawi tidak tahan panas seperti protein, vitamin, dan mineral. Salah satu alternatif pasteurisasi pada susu yaitu *Pulsed electric field* (PEF) yang dapat membunuh mikroorganisme tanpa mempengaruhi kualitas mutu susu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tegangan listrik dan waktu kejut PEF terhadap sifat fisiko-kimia dan penurunan populasi patogen *Staphylococcus aureus* FNCC 0047 dan *Escherichia coli* ATCC 25922 pada susu sapi segar serta membandingkan efektivitas pengawetan susu pasteurisasi menggunakan metode PEF dan pasteurisasi komersial LTLT. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap faktorial dengan dua faktor dan dua kali ulangan. Faktor I adalah tegangan listrik PEF (18 dan 20 kV/cm). Faktor II adalah waktu kejut PEF (1, 3, 5, dan 7 menit). Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan ANOVA, jika terdapat interaksi atau pengaruh nyata pada kedua perlakuan maka dilakukan uji lanjut DMRT 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan tegangan listrik dan waktu kejut berpengaruh nyata terhadap kematian 2 jenis patogen yaitu *S. aureus* FNCC 0047 dan *E. coli* ATCC 25922. Semakin besar tegangan listrik dan semakin lama waktu kejut PEF yang diberikan maka semakin banyak jumlah patogen yang mati. Perlakuan terbaik PEF 20 kV/cm; 7 menit mampu menurunkan populasi *S. aureus* sebesar 1.205 log cfu/ml dan populasi *E. coli* sebesar 1.408 log cfu/ml. PEF dapat menurunkan jumlah populasi *E. coli* lebih banyak dibanding *S. aureus*. Tetapi PEF tidak menunjukkan adanya perbedaan yang nyata pada pengujian sifat fisiko-kimia (pH, viskositas, stabilitas emulsi, dan uji alcohol) pada susu.

Kata kunci: *pulsed electric field*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan hasil penelitian mengenai Efektivitas Waktu dan Tegangan Mesin *Pulsed Electric Field* (PEF) terhadap Penurunan Populasi *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* pada Susu Sapi Segar dengan baik. Maksud dan tujuan adanya hasil penelitian yaitu dalam rangka melengkapi salah satu persyaratan kurikulum yang harus dijalani untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pangan (S. TP).

Kemudahan dan kelancaran dalam penyusunan hasil penelitian ini tidaklah lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini dengan rasa hormat penulis menyampaikan ucapan terimakasih atas bantuan dan bimbingannya kepada:

1. Dr. Dra. Jariyah, MP., selaku Dekan Fakultas Teknik UPN “Veteran” Jawa Timur.
2. Dr. Ir. Sri Winarti, MP., selaku Koordinator Program Studi Teknologi Pangan Fakultas Teknik UPN “Veteran” Jawa Timur dan dosen pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan semangat dalam pelaksanaan skripsi ini.
3. Anugerah Dany P., S.TP., M.P., M.Sc, selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan semangat dalam pelaksanaan skripsi ini
4. Dr. Dedin F. Rosida, S.TP., M.Kes. dan Bapak Luqman Agung W. S.TP., M.P. selaku dosen penguji seminar yang telah meluangkan waktu dalam memberikan kritik, saran, serta masukan demi perbaikan skripsi ini.
5. Kedua orang tua dan adik yang memberikan segala dorongan, kesabaran, dukungan material dan spiritual hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
6. Semua teman penulis yang telah membantu untuk meluangkan tenaga, waktu, dan pikiran selama penulis menyelesaikan skripsi ini.

Demikian laporan hasil penelitian ini penulis susun, semoga dapat bermanfaat secara umum bagi bangsa dan negara serta secara khusus bagi perkembangan ilmu Teknologi Pangan di Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur. Penulis menyadari



seungguhnya bahwa dalam laporan hasil penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun tetap penulis harapkan.

Surabaya, Desember 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>INTISARI</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan Penelitian .....	3
C. Manfaat Penelitian .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
A. Susu Sapi .....	4
B. Komponen Susu Sapi .....	5
C. Manfaat Susu .....	6
D. Kerusakan pada Susu .....	6
E. Mikrobiologi pada Susu .....	8
F. Pasteurisasi Susu .....	10
G. <i>Pulsed Electric Field</i> (PEF) .....	11
H. Inaktivasi Bakteri oleh PEF .....	12
I. Landasan Teori .....	14
J. Hipotesis .....	15
<b>BAB III BAHAN DAN METODE</b> .....	16
A. Tempat dan Waktu Penelitian .....	16
B. Bahan Penelitian .....	16
C. Alat Penelitian .....	16
D. Metodologi Penelitian .....	16
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	22
A. Hasil Analisis Susu Segar .....	22
B. Hasil Analisis Susu Pasteurisasi PEF .....	23
1. Susu Pasteurisasi PEF Tanpa Inokulasi .....	23
a. Total Bakteri .....	23
b. Derajat Keasaman (pH) .....	25
c. Viskositas .....	26
d. Stabilitas Emulsi .....	28
e. Uji Alkohol .....	30
2. Susu Inokulasi <i>Staphylococcus aureus</i> Pasteurisasi PEF .....	31
a. Total <i>S. aureus</i> .....	31
b. Derajat Keasaman (pH) .....	33
c. Viskositas .....	35
d. Stabilitas Emulsi .....	36
e. Uji Alkohol .....	38
3. Susu Inokulasi <i>Escherichia coli</i> Pasteurisasi PEF .....	39
a. Total <i>E. coli</i> .....	39
b. Derajat Keasaman (pH) .....	41
c. Viskositas .....	43
d. Stabilitas Emulsi .....	44

e. Uji Alkohol .....	46
C. Perbandingan Penurunan Populasi <i>S. aureus</i> dan <i>E. coli</i> .....	47
D. Perbandingan Pasteurisasi PEF dengan Pasteurisasi LTLT .....	49
E. Organoleptik .....	50
1. Aroma .....	50
2. Kekentalan .....	51
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	<b>53</b>
A. Kesimpulan .....	53
B. Saran .....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN</b> .....	<b>59</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1.</b>	Syarat Mutu Susu Segar.....	5
<b>Tabel 2.2.</b>	Kandungan Gizi Susu Sapi Perah per 100 gram.....	6
<b>Tabel 2.3.</b>	Syarat Mutu Mikrobiologi pada Susu Cair .....	8
<b>Tabel 4.1.</b>	Hasil Analisis Susu Segar.....	22
<b>Tabel 4.2.</b>	Hasil Analisis Total Bakteri Susu Pasteurisasi Perlakuan Tegangan Listrik PEF .....	23
<b>Tabel 4.3.</b>	Hasil Analisis Total Bakteri Susu Pasteurisasi Perlakuan Waktu Kejut PEF .....	24
<b>Tabel 4.4.</b>	Hasil Analisis pH Susu Pasteurisasi Perlakuan Tegangan Listrik PEF .....	25
<b>Tabel 4.5.</b>	Hasil Analisis pH Susu Pasteurisasi Perlakuan Waktu Kejut PEF .....	26
<b>Tabel 4.6.</b>	Hasil Analisis Viskositas Susu Pasteurisasi Perlakuan Tegangan Listrik PEF .....	27
<b>Tabel 4.7.</b>	Hasil Analisis Viskositas Susu Pasteurisasi Perlakuan Waktu Kejut PEF .....	28
<b>Tabel 4.8.</b>	Hasil Analisis Stabilitas Emulsi Susu Pasteurisasi Perlakuan Tegangan Listrik PEF .....	29
<b>Tabel 4.9.</b>	Hasil Analisis Stabilitas Emulsi Susu Pasteurisasi Perlakuan Waktu Kejut PEF .....	29
<b>Tabel 4.10.</b>	Hasil Analisis Uji Alkohol Susu Pasteurisasi PEF .....	30
<b>Tabel 4.11.</b>	Hasil Analisis Total <i>S. aureus</i> Susu Perlakuan Tegangan Listrik PEF .....	31
<b>Tabel 4.12.</b>	Hasil Analisis Total <i>S. aureus</i> Susu Perlakuan Waktu Kejut PEF .....	32
<b>Tabel 4.13.</b>	Hasil Analisis pH Susu Inokulasi <i>S. aureus</i> Perlakuan Tegangan Listrik PEF .....	33
<b>Tabel 4.14.</b>	Hasil Analisis pH Susu Inokulasi <i>S. aureus</i> Perlakuan Waktu Kejut PEF .....	34
<b>Tabel 4.15.</b>	Hasil Analisis Viskositas Susu Inokulasi <i>S. aureus</i> Perlakuan Tegangan Listrik PEF .....	35
<b>Tabel 4.16.</b>	Hasil Analisis Viskositas Susu Inokulasi <i>S. aureus</i> Perlakuan Waktu Kejut PEF .....	36
<b>Tabel 4.17.</b>	Hasil Analisis Stabilitas Emulsi Susu Inokulasi <i>S. aureus</i> Perlakuan Tegangan Listrik PEF .....	37
<b>Tabel 4.18.</b>	Hasil Analisis Stabilitas Emulsi Susu Inokulasi <i>S. aureus</i> Perlakuan Waktu Kejut PEF .....	37
<b>Tabel 4.19.</b>	Hasil Analisis Uji Alkohol Susu Inokulasi <i>S. aureus</i> Pasteurisasi PEF .....	38
<b>Tabel 4.20.</b>	Hasil Analisis Total <i>E. coli</i> Susu Perlakuan Tegangan Listrik PEF .....	39
<b>Tabel 4.21.</b>	Hasil Analisis Total <i>E. coli</i> Susu Perlakuan Waktu Kejut PEF ...	40
<b>Tabel 4.22.</b>	Hasil Analisis pH Susu Inokulasi <i>E. coli</i> Perlakuan Tegangan Listrik PEF .....	41
<b>Tabel 4.23.</b>	Hasil Analisis pH Susu Inokulasi <i>E. coli</i> Perlakuan Waktu Kejut PEF .....	42

<b>Tabel 4.24.</b> Hasil Analisis Viskositas Susu Inokulasi <i>E. coli</i> Perlakuan Tegangan Listrik PEF .....	43
<b>Tabel 4.25.</b> Hasil Analisis Viskositas Susu Inokulasi <i>E. coli</i> Perlakuan Waktu Kejut PEF .....	44
<b>Tabel 4.26.</b> Hasil Analisis Stabilitas Emulsi Susu Inokulasi <i>E. coli</i> Perlakuan Tegangan Listrik PEF .....	45
<b>Tabel 4.27.</b> Hasil Analisis Stabilitas Emulsi Susu Inokulasi <i>E. coli</i> Perlakuan Waktu Kejut PEF .....	45
<b>Tabel 4.28.</b> Hasil Analisis Uji Alkohol Susu Inokulasi <i>E. coli</i> Pasteurisasi PEF .....	46
<b>Tabel 4.29.</b> Perbandingan Penurunan Populasi <i>S. aureus</i> dan <i>E. coli</i> .....	47
<b>Tabel 4.30.</b> Perbandingan Mikrobiologi Pasteurisasi PEF dengan Pasteurisasi LTLT.....	49
<b>Tabel 4.31.</b> Nilai Rata-rata Organoleptik Aroma Susu Perlakuan Tegangan Listrik dan Waktu Kejut PEF .....	51
<b>Tabel 4.32.</b> Nilai Rata-rata Organoleptik Kekentalan Susu Perlakuan Tegangan Listrik dan Waktu Kejut PEF .....	51

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1.</b>	Mikroskop Transmisi Elektron dari <i>Escherichia coli</i> pada Susu.	9
<b>Gambar 2.2.</b>	Mikroskop Transmisi Elektron dari <i>Staphylococcus aureus</i> .....	10
<b>Gambar 2.3.</b>	Mekanisme <i>electrical breakdown</i> inaktivasi mikroorganisme ..	12
<b>Gambar 2.4.</b>	Elektroporasi membran sel oleh electric pulses menyebabkan deaktivasi mikroorganisme.....	13
<b>Gambar 3.1.</b>	Diagram Alir Rencana Penelitian .....	21
<b>Gambar 4.1.</b>	Grafik Perbandingan Penurunan Populasi <i>S. aureus</i> dan <i>E. coli</i> oleh pasteurisasi PEF.....	48

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Prosedur Analisis .....	59
<b>Lampiran 2.</b> Data Analisis Total Bakteri Susu Pasteurisasi PEF .....	61
<b>Lampiran 3.</b> Data Analisis Total <i>S. aureus</i> Susu Pasteurisasi PEF .....	62
<b>Lampiran 4.</b> Data Analisis Total <i>E. coli</i> Susu Pasteurisasi PEF .....	63
<b>Lampiran 5.</b> Data Analisis Derajat Keasaman Susu Pasteurisasi PEF .....	65
<b>Lampiran 6.</b> Data Analisis Derajat Keasaman Susu Inokulasi <i>S. aureus</i> Pasteurisasi PEF .....	66
<b>Lampiran 7.</b> Data Analisis Derajat Keasaman Susu Inokulasi <i>E. coli</i> Pasteurisasi PEF .....	67
<b>Lampiran 8.</b> Data Analisis Viskositas Susu Pasteurisasi PEF .....	68
<b>Lampiran 9.</b> Data Analisis Viskositas Susu Inokulasi <i>S. aureus</i> Pasteurisasi PEF .....	69
<b>Lampiran 10.</b> Data Analisis Viskositas Susu Inokulasi <i>E. coli</i> Pasteurisasi PEF .....	70
<b>Lampiran 11.</b> Data Analisis Stabilitas Emulsi Susu Pasteurisasi PEF .....	71
<b>Lampiran 12.</b> Data Analisis Stabilitas Emulsi Susu Inokulasi <i>S. aureus</i> Pasteurisasi PEF .....	72
<b>Lampiran 13.</b> Data Analisis Stabilitas Emulsi Susu Inokulasi <i>E. coli</i> Pasteurisasi PEF .....	73
<b>Lampiran 14.</b> Data Analisis Uji Alkohol Susu Segar, Susu Inokulasi <i>S. aureus</i> , dan Susu Inokulasi <i>E. coli</i> Pasteurisasi PEF .....	74
<b>Lampiran 15.</b> Uji Organoleptik Skoring Susu Pasteurisasi PEF .....	75
<b>Lampiran 16.</b> Data Analisis Uji Independen T-test Penurunan Populasi <i>S. aureus</i> dan <i>E. coli</i> .....	78
<b>Lampiran 16.</b> Gambar Hasil Analisis Mikrobiologi .....	79
<b>Lampiran 17.</b> Gambar Prosedur Penelitian .....	80