

ANALYZING GINGER SYRUP STERILIZATION FOR COMMERCIAL SCALE: AN HTST AND PEF APPROACH (Analisis Sterilisasi Sirup Jahe untuk Skala Komersial : Sebuah Pendekatan HTST dan PEF)

Hadi Apriliawan

Universitas Islam Malang. email hadiapri@unisma.ac.id

ABSTRACT

Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) is a multifunctional plant and functional food with abundant production potential in Indonesia. However, the processing of ginger into value-added products is still limited, and processed products such as ginger syrup generally have a relatively short shelf life, making them susceptible to microbial spoilage. This study aimed to evaluate the combined application of Pulsed Electric Field (PEF) and Low Temperature Long Time (LTLT) treatments to produce ginger syrup by effectively reducing microbial contamination while maintaining its color, aroma, and nutritional quality. The objective was to obtain commercially sterile ginger syrup that complies with the Indonesian National Standard (SNI). Two sterilization methods were evaluated: (1) LTLT followed by PEF and (2) High Temperature Short Time (HTST) followed by PEF. The Total Plate Count (TPC) after treatment was 3.0×10^4 CFU/mL. The HTST + PEF combination was the most effective treatment for achieving the SNI microbiological standard, reducing the TPC to 0.3×10^4 CFU/mL at 75°C for 9 seconds. This treatment demonstrated superior performance in producing commercially sterile ginger syrup while preserving product quality. The findings suggest that the HTST + PEF method provides an efficient and practical approach for the commercial production of ginger syrup by ensuring product safety, maintaining quality, and complying with SNI requirements.

Keywords: Sterilization; Pulsed Electric Field (PEF); Indonesian National Standard (SNI); Total Plate Count (TPC); Ginger syrup.

ABSTRAK

Jahe (*Zingiber officinale* Roscoe) merupakan tanaman multifungsi sekaligus pangan fungsional yang memiliki potensi produksi cukup tinggi di Indonesia. Meskipun demikian, pemanfaatan jahe dalam bentuk produk olahan masih terbatas, sedangkan sirup jahe memiliki daya simpan yang relatif rendah sehingga mudah mengalami kerusakan akibat pertumbuhan mikroorganisme. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan kombinasi perlakuan Pulsed Electric Field (PEF) dan Low Temperature Long Time (LTLT) dalam menghasilkan sirup jahe yang mampu menekan pertumbuhan mikroorganisme secara efektif dengan tetap mempertahankan warna, aroma, dan kandungan gizi produk. Penelitian ini juga bertujuan memperoleh sirup jahe yang steril secara komersial sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI). Dua metode sterilisasi yang diterapkan meliputi: (1) LTLT yang dilanjutkan dengan PEF dan (2) High Temperature Short Time (HTST) yang dilanjutkan dengan PEF. Nilai Total Plate Count (TPC) setelah perlakuan sebesar $3,0 \times 10^4$ CFU/mL. Kombinasi HTST + PEF merupakan perlakuan yang paling efektif dalam memenuhi persyaratan mikrobiologi SNI dengan nilai TPC sebesar $0,3 \times 10^4$ CFU/mL yang diperoleh pada suhu 75°C selama 9 detik. Perlakuan HTST + PEF menunjukkan efektivitas yang lebih baik dalam menghasilkan sirup jahe yang memenuhi standar sterilitas komersial tanpa mengurangi mutu produk. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif metode sterilisasi yang efisien dan praktis bagi masyarakat maupun industri dalam memproduksi sirup jahe yang aman, berkualitas, dan sesuai dengan persyaratan SNI.

Kata kunci: Sterilisasi; Pulsed Electric Field (PEF); Standar Nasional Indonesia (SNI); Total Plate Count (TPC); Sirup jahe.

PENDAHULUAN

Jahe (*Zingiber officinale*) merupakan salah satu tanaman rimpang yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku pangan fungsional karena mengandung berbagai senyawa bioaktif yang memberikan manfaat bagi kesehatan. Senyawa seperti gingerol, shogaol, paradol, zingerone, flavonoid, senyawa fenolik, alkaloid, triterpenoid, dan saponin berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan, antiinflamasi, antimikroba, analgesik, serta berbagai aktivitas farmakologis lainnya (Ahnafani et al., 2024). Salah satu produk olahan yang semakin diminati masyarakat adalah sirup jahe merah, yang tidak hanya berfungsi sebagai minuman penyegar tetapi juga sebagai minuman fungsional yang berpotensi meningkatkan kesehatan.

Meningkatnya permintaan terhadap sirup jahe merah menuntut produsen untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang baik, aman, serta memiliki umur simpan yang lebih panjang tanpa mengurangi kandungan senyawa bioaktifnya. Namun, proses pasteurisasi konvensional yang umum diterapkan masih memiliki kelemahan karena penggunaan suhu tinggi dalam waktu relatif lama dapat menyebabkan degradasi senyawa aktif yang sensitif terhadap panas sehingga menurunkan kualitas gizi maupun karakteristik sensorik produk. Oleh karena itu, diperlukan teknologi pengolahan yang mampu menjamin keamanan pangan sekaligus mempertahankan mutu fungsional sirup jahe.

Salah satu alternatif teknologi yang berkembang adalah *High Temperature Short Time* (HTST) dan *Pulsed Electric Field* (PEF). Teknologi HTST menggunakan suhu tinggi dalam waktu yang sangat singkat sehingga mampu mengurangi kerusakan nutrisi akibat pemanasan berkepanjangan. Sementara itu, PEF merupakan teknologi non-termal yang menggunakan pulsa listrik bertegangan tinggi untuk menginaktivasi mikroorganisme dengan kerusakan minimal terhadap komponen gizi dan senyawa bioaktif. Kedua teknologi tersebut berpotensi meningkatkan kualitas dan umur simpan sirup jahe merah dibandingkan metode pengolahan konvensional.

Selain aspek keamanan dan stabilitas produk, kualitas sensorik juga menjadi faktor utama yang menentukan penerimaan konsumen. Warna, aroma, rasa, tingkat kemanisan, tingkat keasaman, dan penerimaan secara keseluruhan merupakan atribut yang memengaruhi keputusan pembelian dan loyalitas konsumen terhadap sirup jahe (Dewi Sari & Nasuha, 2021; Rahman et al., 2024). Kualitas produk yang baik tidak hanya meningkatkan kepuasan konsumen tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan nilai ekonomi dan daya saing produk di pasar.

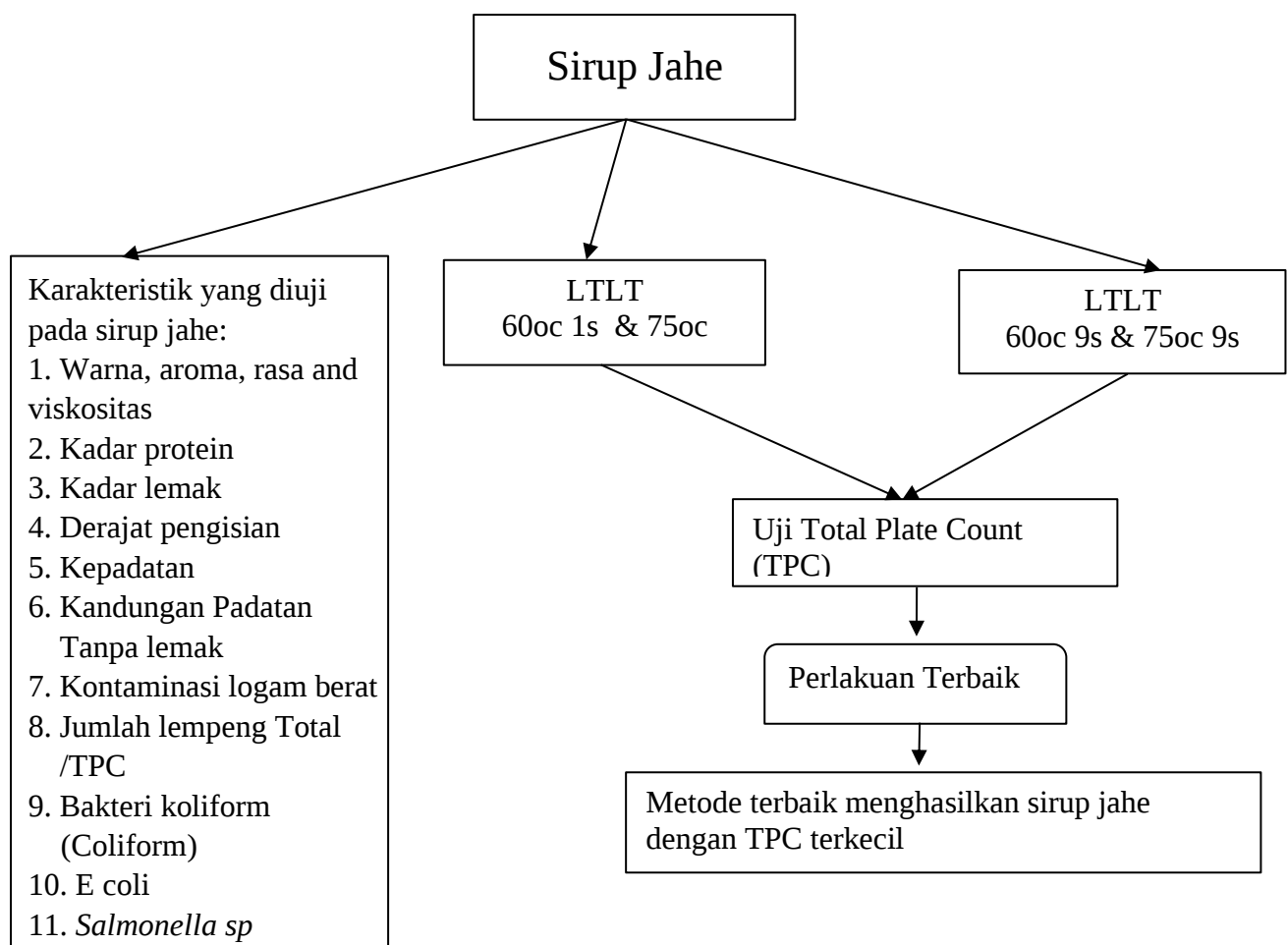
Berbagai penelitian mengenai teknologi pengolahan pangan telah menerapkan HTST maupun PEF pada berbagai komoditas, seperti buah stroberi (Kumar et al., 2021) dan apel (Lee et al., 2024). Akan tetapi, penelitian yang mengombinasikan penerapan kedua teknologi tersebut pada sirup jahe merah, khususnya dalam mempertahankan kandungan senyawa bioaktif, mutu sensorik, dan umur simpan produk secara bersamaan, masih relatif terbatas. Penelitian ini dibatasi pada pengaruh penerapan teknologi *High Temperature Short Time* (HTST) dan *Pulsed Electric Field* (PEF) terhadap kualitas sirup jahe merah yang meliputi karakteristik fisik, kimia, sensorik, serta kandungan senyawa bioaktif sebagai indikator mutu produk. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas teknologi HTST dan PEF terhadap kualitas fisik, kimia, sensorik, serta kandungan senyawa bioaktif sirup jahe merah sehingga diharapkan dapat menjadi alternatif teknologi pengolahan yang mampu menghasilkan produk minuman fungsional berkualitas tinggi.

LANDASAN TEORI

Jahe (*Zingiber officinale*) banyak digunakan sebagai bahan baku pangan fungsional karena memuat bermacam senyawa bioaktif yang dapat bermanfaat bagi kesehatan. Jahe banyak mengandung fitokimia, termasuk gingerol, shogaol, paradol, zingerone, flavonoid, senyawa fenolik, alkaloid, triterpenoid, dan saponin, yang berkontribusi pada aktivitas antioksidan, antiinflamasi, antimikroba, analgesik, dan aktivitas farmakologis lainnya (Ahnafani et al., 2024). Jahe juga berkhasiat sebagai antioksidan, analgesik, antibakteri, antivirus, dan antiinflamasi (Dewi Sari & Nasuha, 2021).

Gingerol adalah salah satu senyawa bioaktif utama dalam jahe yang bersifat antiinflamasi, antioksidan, dan antikanker. Namun, kompleksitas mekanisme kerja gingerol pada berbagai macam penyakit masih membutuhkan penelitian lebih lanjut untuk memahami perannya yang beragam (Chudasama et al., 2024).

Sirup jahe secara luas diakui sebagai minuman fungsional karena mengandung berbagai senyawa bioaktif yang secara alami terdapat dalam *Zingiber officinale*. Kandungan senyawa bioaktif tersebut menjadikan sirup jahe tidak hanya berfungsi sebagai minuman, tetapi juga memiliki potensi memberikan manfaat kesehatan melalui aktivitas antioksidan, antiinflamasi, antimikroba, analgesik, antibakteri, dan antivirus (Ahnafani et al., 2024; Dewi Sari & Nasuha, 2021).



Gambar 1 : Diagram alir penelitian

Kualitas dan kandungan gizi sirup jahe memainkan peran penting dalam menentukan nilai pasarnya, terutama melalui preferensi konsumen dan manfaat kesehatan yang terkait dengan

senyawa bioaktifnya. Seiring dengan meningkatnya popularitas jahe merah, faktor-faktor seperti kandungan gingerol, atribut sensorik, dan metode produksi menjadi semakin penting dalam membentuk permintaan pasar dan strategi penetapan harga.

High Temperature Short Time (HTST) merupakan metode pasteurisasi yang memanfaatkan suhu tinggi dalam waktu singkat untuk menginaktivasi mikroorganisme patogen supaya mutu dan keamanan produk tetap bertahan (Wanniatie et al., 2021). Metode ini menjadi alternatif dibandingkan proses pasteurisasi konvensional karena waktu kontak bahan dengan panas lebih singkat, sehingga perubahan mutu akibat pemanasan dapat diminimalkan (Sholikhah & Moentamaria, 2021). Dengan demikian, penerapan HTST berpotensi mempertahankan kualitas produk pangan cair, termasuk karakteristik fisik, kimia, dan sensoriknya, dibandingkan metode pemanasan yang menggunakan waktu lebih lama (Wanniatie et al., 2021).

Pulsed Electric Field (PEF) adalah teknologi pengolahan pangan nontermal yang menggunakan pulsa listrik bertegangan tinggi untuk menginaktivasi mikroorganisme dengan dampak pemanasan yang sangat diminimalkan. Teknologi ini dapat menjaga kualitas pangan sebab kerusakan pada komponen gizi, warna, aroma, dan cita rasa lebih kecil daripada dengan pengolahan termal konvensional. Selain itu, penerapan PEF dikabarkan efektif dalam mengurangi jumlah mikroorganisme sehingga berpotensi memperpanjang umur simpan produk pangan cair (Hindiyati, 2022).

METODE

Sirup jahe segar dibuat dengan cara memblender jahe bersama air, dilanjutkan dengan proses pemerasan dan penyaringan untuk mendapatkan sirup tersebut. Alat dan bahan yang digunakan untuk sterilisasi dan perlakuan kejutan listrik adalah sebagai berikut.

1. Mesin pasteurisasi yang dilengkapi dengan fitur kejutan listrik, dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - a. Kapasitas: 10 liter.
 - b. Bahan tabung: baja tahan karat 304 dan bahan rangka: baja tahan karat 201.
 - c. Daya pemanas: 1.000 watt.
2. Peralatan tambahan meliputi kabel, wadah, pengatur waktu, dan buku catatan.

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian TPC untuk setiap perlakuan Bahan yang digunakan untuk analisis TPC terdiri dari media PCA. Peralatan yang digunakan dalam uji ini meliputi kertas payung, kain kasa steril, air suling, alkohol 70%, spiritus, autoklaf, labu Erlenmeyer, gelas kimia, pengaduk, kompor listrik, termometer, unit sterilisasi listrik, inkubator, pembakar Bunsen, labu bulat, mixer vortex, penangas air, pipet volumetrik, cawan Petri, dan penghitung koloni.

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua tingkat suhu dan dua durasi kejutan listrik. Fase I melibatkan sterilisasi sirup jahe menggunakan metode Low Temperature Long Time (LTLT) yang dikombinasikan dengan Pulsed Electric Field (PEF) pada suhu 60°C dan 75°C. Fase II berfokus pada sterilisasi sirup jahe menggunakan kombinasi LTLT–PEF pada durasi kejutan listrik 1 detik dan 9 detik.

Kedua fase tersebut menerapkan metode steepest climbing dengan dua faktor perlakuan, yaitu suhu sterilisasi dan waktu kontak sirup jahe dengan kejutan listrik. Variabel respons yang diamati adalah Total Plate Count (TPC). Penelitian ini terdiri dari lima perlakuan berdasarkan rancangan metode steepest climbing, sebagaimana disajikan pada Tabel 3. Rancangan pertama (linear) digunakan untuk penyesuaian awal hingga tidak teramati lagi perubahan pada respons. Pengamatan selanjutnya mengenai hubungan antara variabel-variabel dan respons menggunakan rancangan kedua (kuadratik) untuk menangkap penurunan tambahan.

Tabel: Desain Penelitian untuk Membangun Model
Fungsi Orde Pertama

Temperature Sterilization (°C)	Time Contact (s)	Response TPC (cfu/ml)
60	1	
60	9	
75	1	
75	9	

Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian eksperimental untuk mengevaluasi keefektifan pasteurisasi sebagai metode perlakuan termal guna menjamin keamanan mikrobiologis dan menjaga kualitas sirup jahe. Percobaan dilakukan di PT METROMESIN MENDUNIA, sebuah perusahaan yang mengkhususkan diri dalam pembuatan mesin pengolahan makanan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2025, dengan menggunakan mesin pasteurisasi milik perusahaan sebagai peralatan utama untuk menerapkan perlakuan termal yang terkendali. Pelaksanaan eksperimen di lingkungan industri ini memberikan suasana praktis yang sangat mirip dengan kondisi pengolahan pangan di dunia nyata, sehingga memungkinkan dilakukannya penilaian terhadap pengaruh parameter pasteurisasi terhadap keamanan mikrobiologis dan kualitas sirup jahe secara keseluruhan.

Sebanyak 2 kilogram rimpang jahe segar digunakan untuk membuat sirup jahe. Jahe dicuci, dikupas, diblender dengan air, disaring, dan diolah menjadi sirup dengan menambahkan gula sesuai formulasi yang digunakan dalam penelitian ini. Sirup jahe yang dihasilkan diaduk secara menyeluruh untuk mendapatkan produk yang homogen. Sebanyak 50 mL sirup jahe yang belum dipasteurisasi diambil dan diberi label “Sirup Jahe (Tanpa Pasteurisasi)”, yang berfungsi sebagai sampel kontrol tanpa perlakuan.

Dua porsi terpisah masing-masing 500 mL sirup jahe kemudian menjalani pasteurisasi termal menggunakan mesin pasteurisasi. Pada perlakuan pertama, sirup dipanaskan hingga 60 °C selama 30 menit. Setelah mencapai suhu target pada menit ke-20, fitur kejutan listrik pada alat pasteurisasi diaktifkan selama 1 detik. Sebuah sampel sebesar 50 mL segera diambil dan diberi label “Sirup Jahe yang Dipasteurisasi 60 °C 1 Detik.” Sengatan listrik kemudian diterapkan kembali selama 8 detik, diikuti dengan pengambilan sampel 50 mL lainnya yang diberi label “Sirup Jahe yang Dipasteurisasi 60 °C 9 Detik.”

Pada perlakuan kedua, 500 mL sirup jahe lainnya dipanaskan hingga 75 °C selama 33 menit. Pada menit ke-23, ketika sirup mencapai suhu 75 °C, fitur kejutan listrik diterapkan selama 1 detik, dan sampel sebesar 50 mL diambil serta diberi label “Sirup Jahe yang Dipasteurisasi 75 °C 1 Detik.” Arus listrik kemudian diterapkan kembali selama 8 detik, dan sampel sebesar 50 mL diambil serta diberi label “Sirup Jahe yang Dipasteurisasi 75 °C 9 Detik.”

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3 : Hasil Tes TPC

Sample Name	Treatment		
	Temperature (°C)	Shock Duration(s)	Result
Ginger Juice Without Pasteurization	0	0	31.000
Pasteurized Ginger Juice 60°C 1 Second	60	1	25.000
Pasteurized Ginger Juice 60°C 9 Seconds	60	9	15.000
Pasteurized Ginger Juice 75°C 1 Second	75	1	24.000
Pasteurized Ginger Juice 75°C 9 Seconds	75	9	3.000

KESIMPULAN

Sirup jahe merupakan produk fungsional yang memiliki potensi besar untuk ditingkatkan melalui pengolahan yang dioptimalkan dan pelabelan yang tepat guna menghasilkan produk akhir berkualitas tinggi serta menarik minat konsumen. Selain berbagai manfaat kesehatannya, para produsen sirup jahe kini semakin menyadari bahwa beberapa faktor, termasuk kualitas produk, branding, dan pelabelan, dapat memengaruhi penjualan produk dan penerimaan konsumen. Karena jahe merupakan salah satu komoditas pertanian utama di Jawa Timur, para produsen yang terlibat dalam budidaya dan pengolahan jahe perlu diperkenalkan pada teknologi pasteurisasi modern. Produk sirup jahe tradisional yang tidak melalui proses pasteurisasi seringkali kurang kompetitif dibandingkan produk yang diolah menggunakan peralatan pasteurisasi modern. Oleh karena itu, penerapan metode pasteurisasi yang diusulkan diharapkan dapat meningkatkan daya jual dan daya saing sirup jahe. Meningkatkan pemahaman masyarakat tentang teknologi pasteurisasi juga penting karena teknologi ini dapat diterapkan pada berbagai produk pertanian, sehingga meningkatkan daya saingnya di pasar lokal maupun internasional.

DAFTAR RUJUKAN

- A. Z. Siregar, H. Dewiyana, & K. S. Lubis. (2021). The Opportunity of Lemongrass, Zinger, and Turmeric Supported Development of Export Products in North of Sumatera, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing.
- Abhinav, & Daskaliuk, B. (2024). TURMERIC'S HEALING TOUCH: EXPLORING CURCUMIN'S MEDICAL RENAISSANCE. *Anti-Aging Eastern Europe*, 3(1), 29–35. <https://doi.org/10.56543/aaeeu.2024.3.1.06>
- Apriliawan, H. (2011). *Laban Electric Alat Pasteurisasi Susu Kejut Listrik Tegangan Tinggi (Pulsed Electric Field) Menggunakan Flyback Transformer*.
- BPOM. (1989). Maximum Limit of Metal Contamination in Food. *Food and Drug Control*.
- Buckle, K. A., Edward, R. A., Fleet G. H., & Wooton M. (1987). Food Science. *Universitas Indonesia Press*.
- Chudasama, M., Tiwari, M., & Goyary, J. (2024). PULSED ELECTRIC FIELD: A PROMISING TECHNIQUE FOR FUTURE FOOD PROCESSING. In *Futuristic Trends in Agriculture Engineering & Food Sciences Volume 3 Book 4* (pp. 7–16). Iterative International Publisher, Selfpage Developers Pvt Ltd. <https://doi.org/10.58532/V3BCAG4P1CH2>
- D. Pujimulyani. (2025). Properties of Turmeric from Indonesia and Philippines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing.
- Eka N., Hawa, L. H., & Susilo, B. (2011). Compression Study of *Escherichia coli* Inactivation and Physical Properties Changes in Pasteurization of Fresh Cows Milk Using Heating and Without Heating Methods by Electric Field Shock. *Journal of Agricultural Technology*, 12(1), 31–39.
- Gasparz, V. (1992). Applied System Analysis: Based on Industrial Engineering Approaches. *Tarsito Publisher*.
- Krishi Vidyapeeth, M., Kshirsagar, I. R., Sawate, I. A., & Kale, I. R. (2018). Studies on formulation and sensory evaluation of turmeric based orange RTS beverage. Mane RP, Kshirsagar RB, Sawate AR and Kale RG. ~ 2898 ~ *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), 2898–2900.
- Kumar, Y., Bashir, A. A., Indore, N., Vishwakarma, R. K., & Singh, R. K. (2021). Pulsed Electric Field. In *Sustainable Food Processing and Engineering Challenges* (pp. 137–179). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822714-5.00005-X>
- Lee, P. Y., Leong, S. Y., & Oey, I. (2024). Prospects of pulsed electric fields technology in food preservation and processing applications from sensory and consumer perspectives.

- International Journal of Food Science and Technology*, 59(10), 6925–6943.
<https://doi.org/10.1111/ijfs.17515>
- Li, S. (2011). Chemical Composition and Product Quality Control of Turmeric (*Curcuma longa* L.).
Pharmaceutical Crops, 5(1), 28–54. <https://doi.org/10.2174/2210290601102010028>
- Standar Nasional Indonesia. (2000). *SNI: Maximum Limits of Microbial Contamination and Maximum Limits of Residues in Foodstuff of animal Origin*.
- Sholikhah, M., & Moentamaria, D. (2021). Perancangan Plate Heat Exchanger sebagai High Temperature Short Time Pasteurizer Susu . *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi* , 8(3). <https://doi.org/10.33795/distilat.v8i3.394>
- Wanniatie, V., Qisthon, A., Husni, A., & Olsen, E. (2021). Kualitas Mikrobiologis Susu Kambing dengan Metode Pasteurisasi High Temperature Short Time (HTST) pada Penyimpanan Berbeda . *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan* , 9(1), 30–35