



POLA PERTUMBUHAN BAKTERI, PERUBAHAN PH DAN VISKOSITAS SUSU PASTEURISASI *PULSED ELECTRIC FIELD* (PEF) DENGAN *PRE-HEATING* SELAMA PENYIMPANAN SUHU *REFRIGERATOR*

[Bacterial Growth Patterns, Viscosity, and pH Changes of Pulsed Electric Field (PEF) Pasteurized Milk with Pre-Heating and Refrigerator-Temperature Storage]

Khoirun Nisa¹, Ratna Yulistiani^{1*}, Luqman Agung Wicaksono¹, Anugerah Dany Priyanto^{1,4}, Teti Estiasih²,
Angky Wahyu Putranto³

¹Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya

²Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang

³Program Studi Teknik Bioproses, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang

⁴Pusat Inovasi Teknologi Tepat Guna Pangan Dataran Rendah dan Pesisir Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya

*Email: ratna.tp@upnjatim.ac.id (Telp: +628121660780)

Diterima tanggal 09 Desember 2022

Disetujui tanggal 15 Desember 2022

ABSTRACT

The non-thermal pasteurization process using Pulsed Electric Field (PEF) combined with pre-heating treatment can extend the shelf life of milk. The bacteria in milk will not die completely during the pasteurization process; hence, it must be combined with refrigerator-temperature storage. This study aimed to determine the pattern of bacterial growth, changes in pH, and viscosity of PEF pasteurized milk with pre-heating at refrigerator-temperature for 14 days of storage. The results show that the total bacteria for 2 days of storage decreased, then increased linearly from day 2 to day 12 and significantly increased from day 12 to day 14. The respective pH and viscosity values decreased and increased linearly from day 0 to day 12 of storage, then decreased and increased significantly from day 12 to day 14. The results of a simple regression test between the total bacteria and the pH value obtained a coefficient of determination of 99.09%, which means that the increase in total bacteria greatly affects the decrease in the pH value.

Keywords: storage, pulsed electric field, refrigerator, pasteurized milk.

ABSTRAK

Proses pasteurisasi secara *non-thermal* dengan menggunakan *Pulsed Electric Field* (PEF) kombinasi *pre-heating* mampu memperpanjang umur simpan susu. Tidak semua bakteri pada susu akan mati saat proses pasteurisasi, sehingga harus dikombinasikan dengan penyimpanan suhu refrigerator. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola pertumbuhan bakteri, perubahan pH dan viskositas susu pasteurisasi PEF dengan *pre-heating* pada penyimpanan suhu refrigerator selama 14 hari penyimpanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total bakteri selama dua hari penyimpanan mengalami penurunan, kemudian mengalami peningkatan secara linear pada hari ke-2 hingga hari ke-12 dan mengalami peningkatan secara signifikan di hari ke-12 menuju hari ke-14. Nilai pH dan viskositas mengalami penurunan dan peningkatan secara linear pada penyimpanan hari ke-0 hingga hari ke-12, namun pada penyimpanan hari ke-12 menuju hari ke-14 mengalami penurunan dan peningkatan secara signifikan. Hasil uji regresi sederhana antara total bakteri dengan nilai pH didapatkan koefisien determinasi sebesar 99,09%, yang artinya peningkatan total bakteri sangat mempengaruhi penurunan nilai pH.

Kata kunci : penyimpanan, *pulsed electric field*, refrigerator, susu pasteurisasi



PENDAHULUAN

Susu segar mengandung zat gizi yang lengkap dan kadar air yang tinggi sehingga susu bersifat *perishable* (Chrisna, 2016; Chaniago, 2019; Legowo *et al.*, 2009). Untuk meminimalisir kerusakan susu, diperlukan upaya pengolahan lebih lanjut salah satunya adalah metode pasteurisasi. Pengolahan susu segar menjadi susu pasteurisasi merupakan salah satu upaya untuk memperpanjang umur simpan susu tanpa banyak merubah sifat fisik dari susu segar (Kristanti, 2017). Beberapa produk susu pasteurisasi umumnya diproses menggunakan thermal. Pasteurisasi thermal memiliki kelemahan yakni dapat merusak tekstur, rasa, warna serta sifat fisik lainnya yang ada pada bahan (Hawa *et al.*, 2011).

Saat ini telah dikembangkan proses secara *non-thermal* dengan menggunakan kejutan listrik tegangan tinggi *Pulsed Electric Field* (PEF). PEF merupakan proses pengolahan bahan pangan yang didasarkan pada aplikasi denyut pendek pada tegangan tinggi (20-80 kV/cm) ke suatu bahan pangan dalam jangka waktu tertentu untuk memperkecil kerusakan yang disebabkan oleh pemanasan (Adriawan, 2015). Menurut (Muslim *et al.*, 2012; Sharma, *et al.*, 2014; Priyanto *et al.*, 2021; Buckow *et al.*, 2014 dalam Putranto *et al.*, 2022a), penggunaan medan listrik tegangan tinggi (diatas 10 kV/cm) mampu menginaktivasi mikroorganisme pada susu serta dapat mengurangi penurunan kualitas nutrisi maupun sensori dari susu segar. Menurut Priyanto *et al.* (2021), pasteurisasi PEF juga dapat di kombinasikan dengan proses pemanasan sebelum dilakukan kejut listrik untuk meningkatkan reduksi mikroorganisme dan inaktivasi enzim. Salin itu, menurut Nawosad *et al.*, 2021 dalam Priyanto *et al.*, (2022), PEF juga dapat dikombinasikan dengan agen antimikroba, membran filtrasi atau panas. Pasteurisasi susu tidak membunuh semua jenis bakteri, tetapi hanya membunuh bakteri patogen yang tidak membentuk spora (Sabil, 2015).

Daya simpan susu dapat dipengaruhi oleh kondisi penyimpanan. Kondisi penyimpanan memengaruhi spesies mikroorganisme yang mungkin berkembang dan menyebabkan kerusakan. Suhu adalah salah satu faktor lingkungan yang terpenting yang memengaruhi kehidupan pertumbuhan organisme (Perko, 2011). Suhu dapat memengaruhi mikroorganisme dalam dua cara yaitu apabila suhu naik, kecepatan metabolisme naik dan pertumbuhan dipercepat, dan sebaliknya apabila suhu turun kecepatan metabolisme juga turun dan pertumbuhan diperlambat. Tidak semua bakteri yang mencemari susu mentah akan mati selama proses pasteurisasi, sehingga produk yang telah dipasteurisasi harus disimpan pada suhu rendah untuk mencegah pertumbuhan bakteri tersebut (Titaley, 2004; Salman dan Hamad, 2011 dalam Cahyaningtyas *et al.*, 2016).

Susu yang disimpan pada suhu refrigerator akan mengalami penurunan kualitas seiring lamanya penyimpanan, karena pertumbuhan bakteri psikrofilik akan berlangsung sesuai dengan perubahan waktu penyimpanan (Danah *et al.*, 2019). Menurut Abrar (2013), bakteri kelompok psikrofil seperti *Pseudomonas sp* dan



Proteus sp merupakan golongan bakteri yang biasanya merusak susu pada penyimpanan suhu refrigerator. Pertumbuhan bakteri tersebut mengakibatkan turunya pH susu (Abrar, 2013; Danah *et al.*, 2019). Perubahan nilai pH dapat mempengaruhi kualitas fisik dari susu. Menurut Wahyudi dan Samsundari (2008), pH rendah mengakibatkan protein susu mengalami koagulasi sehingga terbentuk gumpalan, yang semakin lama semakin banyak. Terbentuknya gumpalan menyebabkan perubahan tekstur dan nilai viskositas.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka perlu diketahui pola pertumbuhan bakteri, perubahan pH, perubahan viskositas serta hubungan antara pola pertumbuhan bakteri dengan nilai pH susu pasteurisasi PEF dengan pre-heating selama penyimpanan suhu refrigerator.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah susu sapi segar yang didapatkan dari peternakan di Desa Kedungturi Kecamatan Taman Kabupaten Sidoarjo. Bahan yang digunakan untuk analisis terdiri dari media *Plate Count Agar* (Merck), garam fisiologis (Merck), alkohol (Merck), larutan buffer pH 4, 7, dan 10 (Merck).

Tahapan Penelitian

Sterilisasi Kemasan (Novitasari, 2018; Puspita *et al.*, 2021; Waluyo, 2010 dimodifikasi)

Prosedur sterilisasi kemasan diawali dengan pencucian platik PET menggunakan sabun cair pencuci piring dengan bantuan sikat pembersih kemudian membilas bagian dalam dan luar botol dengan air kran mengalir sambil diguncang-guncangkan sampai bersih. Selanjutnya kemasan botol dilakukan penirisan dengan cara membalik botol dan tutup di wadah ember bersih hingga kering (± 6 jam), kemudian dilakukan proses sterilisasi menggunakan radiasi sinar UV-C selama 20 menit.

Pembuatan Susu Pasteurisasi PEF dengan *Pre-Heating* (Putranto *et al.*, 2022b; McAuley *et al.*, 2016 dimodifikasi)

Prosedur pembuatan susu pasteurisasi PEF dengan *pre-heating* sebagai berikut, 10 liter susu segar terlebih dahulu dilakukan *pre-heating* dengan suhu 55°C selama 30 menit, selanjutnya dilakukan pasteurisasi PEF dengan tegangan 20 kV/cm selama 4 menit.

Pengemasan (Rosadi, 2017)

Sebanyak 500 mL susu pasteurisasi PEF dikemas dalam kemasan botol PET steril secara *hot filling*. Kemudian disimpan di pada suhu refrigerator ($\pm 4^\circ\text{C}$).



Analisis Mikrobiologi

Analisis mikrobiologi susu pasteurisasi PEF dengan *pre-heating* berupa total bakteri menggunakan metode yang dilaporkan oleh (SNI, 2008).

Analisis Kimia

Analisis kimia susu pasteurisasi PEF dengan *pre-heating* berupa pH dengan menggunakan metode yang dilaporkan oleh Umar (2014).

Analisis Fisik

Analisis fisik susu pasteurisasi PEF dengan *pre-heating* berupa viskositas dengan menggunakan metode yang dilaporkan oleh Indra (2009).

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif. Susu pasteurisasi PEF yang telah dikemas akan disimpan pada suhu refrigerator ($\pm 4^{\circ}\text{C}$) selama 14 hari dan akan dilakukan pengamatan (total bakteri, pH, viskositas) tiap dua hari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Mikrobiologi

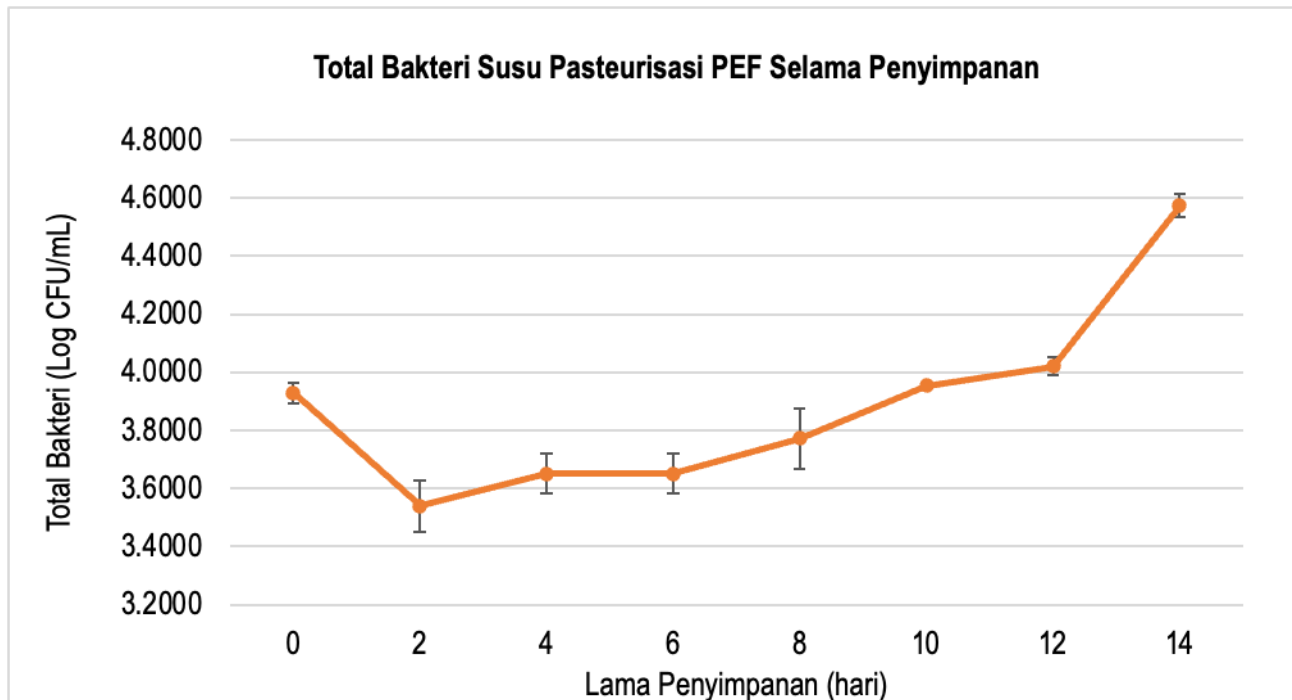
Total Bakteri

Hasil pengujian total bakteri susu pasteurisasi PEF dengan *pre-heating* pada penyimpanan refrigerator selama 14 hari penyimpanan disajikan pada Gambar 1. Hasil analisa menunjukkan pada hari ke-0 penyimpanan menuju hari ke-2 penyimpanan pola pertumbuhan mengalami penurunan dan pada penyimpanan hari ke-4 hingga hari ke-12 mengalami peningkatan secara linear, namun pada penyimpanan hari ke-12 hingga hari ke-14 mengalami peningkatan secara signifikan.

Grafik pada Gambar 1. menunjukkan jika total bakteri hari ke-0 sebesar 3,9 log CFU/mL dan mengalami penurunan sebesar 0,4 log cycle menjadi 3,5 log CFU/mL selama 2 hari penyimpanan suhu refrigerator. Pada hari ke-2 menunjukkan total bakteri sebesar 3,5 log CFU/mL dan mengalami peningkatan secara linear hingga hari ke-12 menjadi sebesar 4,0 log CFU/mL. Total bakteri pada hari ke-12 hingga hari ke-14 penyimpanan mengalami peningkatan yang signifikan sebesar 0,6 log cycle dari 4,0 log CFU/mL menjadi 4,6 log CFU/mL. Penurunan total bakteri yang terjadi setelah dua hari penyimpanan disebabkan karena beberapa bakteri termofilik yang masih bertahan selama proses pasteurisasi tidak dapat beradaptasi dengan suhu refrigerator. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Afrianto *et al.* (2010); Santoso *et al.* (2017), bahwa bakteri termofilik yang tahan terhadap suhu pasteurisasi tidak tahan terhadap suhu dingin, sehingga pada penyimpanan suhu refrigerator



bakteri tersebut akan kehilangan kemampuan untuk memperbanyak diri yang menyebabkan total bakteri akan menurun.



Gambar 1. Rata-rata pertumbuhan bakteri susu pasteurisasi PEF dengan *pre-heating* selama penyimpanan

Peningkatan total bakteri secara linear yang terjadi pada hari ke-2 hingga hari ke-12 disebabkan karena bakteri golongan psikrofilik mulai beradaptasi namun pertumbuhan masih lambat, sehingga peningkatan bakteri tidak signifikan. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Asiah *et al.* (2020), yang menyatakan bahwa aktivitas metabolisme mikroba akan melambat saat suhu rendah, karena suhu mempengaruhi laju katalis enzim. Peningkatan total bakteri secara signifikan yang terjadi pada hari ke-12 hingga hari ke-14 disebabkan karena bakteri berada pada fase log atau fase eksponensial, sehingga terjadinya periode pertumbuhan yang cepat. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan . Danah *et al.* (2019), bahwa bakteri psikrofilik pada susu pasteurisasi yang disimpan pada suhu rendah akan tetap mengalami pertumbuhan sesuai dengan perubahan waktu penyimpanan. Kemampuan bakteri psikrofilik beradaptasi pada suhu rendah dikarenakan struktur membran sel bakteri psikrofilik yang berbeda dan adanya komponen resisten terhadap suhu dingin (Ocano-Higuera *et al.*, 2010; Ibrahim, 2007).

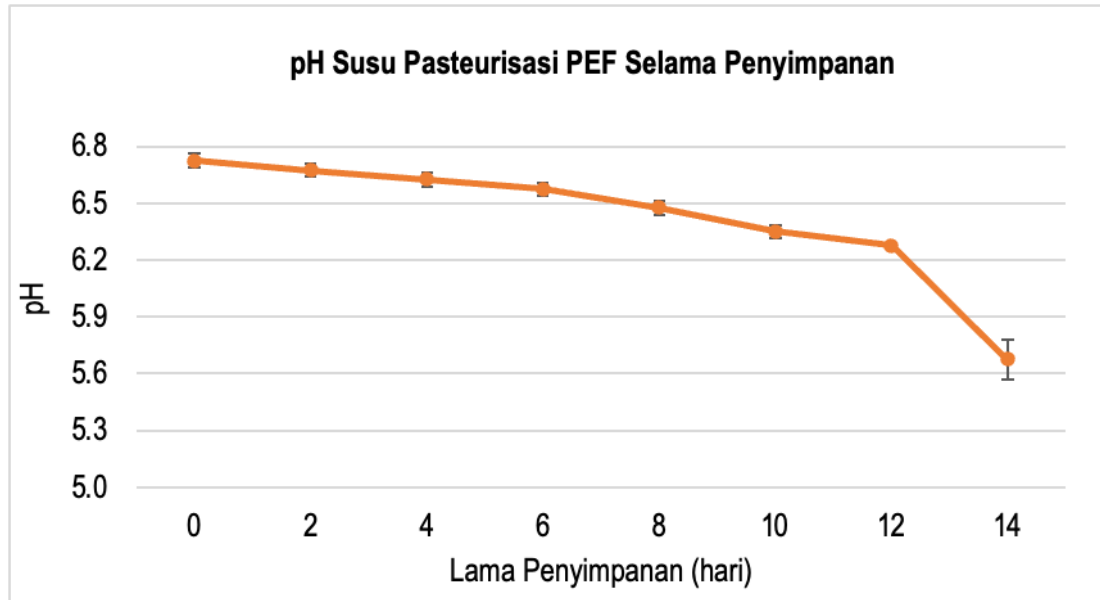
Uji Kimia

pH

Hasil pengujian pH susu pasteurisasi PEF dengan *pre-heating* pada penyimpanan suhu refrigerator selama 14 hari penyimpanan disajikan pada Gambar 2. Hasil analisa menunjukkan pada hari ke-0 menuju hari ke-12 penyimpanan nilai pH mengalami penurunan secara linear dan pada hari ke-12 menuju hari ke-14 penyimpanan



nilai pH mengalami penurunan secara signifikan. Penurunan nilai pH tersebut sejalan dengan pola pertumbuhan bakteri.



Gambar 2. Rata-rata perubahan pH susu pasteurisasi PEF dengan *pre-heating* selama penyimpanan

Grafik pada Gambar 2. menunjukkan nilai pH hari ke-0 sebesar 6,7 dan mengalami penurunan menjadi 6,3 selama 12 hari penyimpanan pada suhu refrigerator. Nilai pH pada hari ke-12 hingga hari ke-14 penyimpanan mengalami penurunan yang signifikan dari 6,3 menjadi 5,7. Terjadinya penurunan nilai pH secara linear pada penyimpanan hari ke-0 hingga hari ke-12 disebabkan karena total bakteri pada waktu tersebut meningkat secara linear serta pada penyimpanan suhu rendah aktivitas bakteri penghasil asam masih berlangsung, sehingga menyebabkan nilai pH akan turun seiring lamanya penyimpanan. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Danah *et al.* (2019), bahwa bakteri psikrofilik pada susu pasteurisasi yang disimpan pada suhu rendah akan tetap mengalami pertumbuhan sesuai dengan perubahan waktu penyimpanan. Selanjutnya menurut Umar *et al.* (2014), adanya aktivitas enzim yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat yang mampu mengubah laktosa menjadi asam laktat menjadikan pH susu menurun.

Penurunan nilai pH secara signifikan yang terjadi pada hari ke-12 hingga hari ke-14 disebabkan karena total bakteri pada waktu tersebut meningkat secara signifikan, sehingga asam laktat hasil metabolisme akan terakumulasi dan menyebabkan nilai pH menurun secara signifikan. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Fauzan (2011), bahwa aktivitas bakteri yang semakin meningkat menyebabkan penurunan pH secara nyata. Menurut Odriozola-Serrano *et al.* (2006) dalam Putranto *et al.* (2022a); Buckle *et al.* (1987), terjadinya perubahan keasaman susu selama penyimpanan yang menyebabkan penurunan pH menandakan adanya aktivitas bakteri

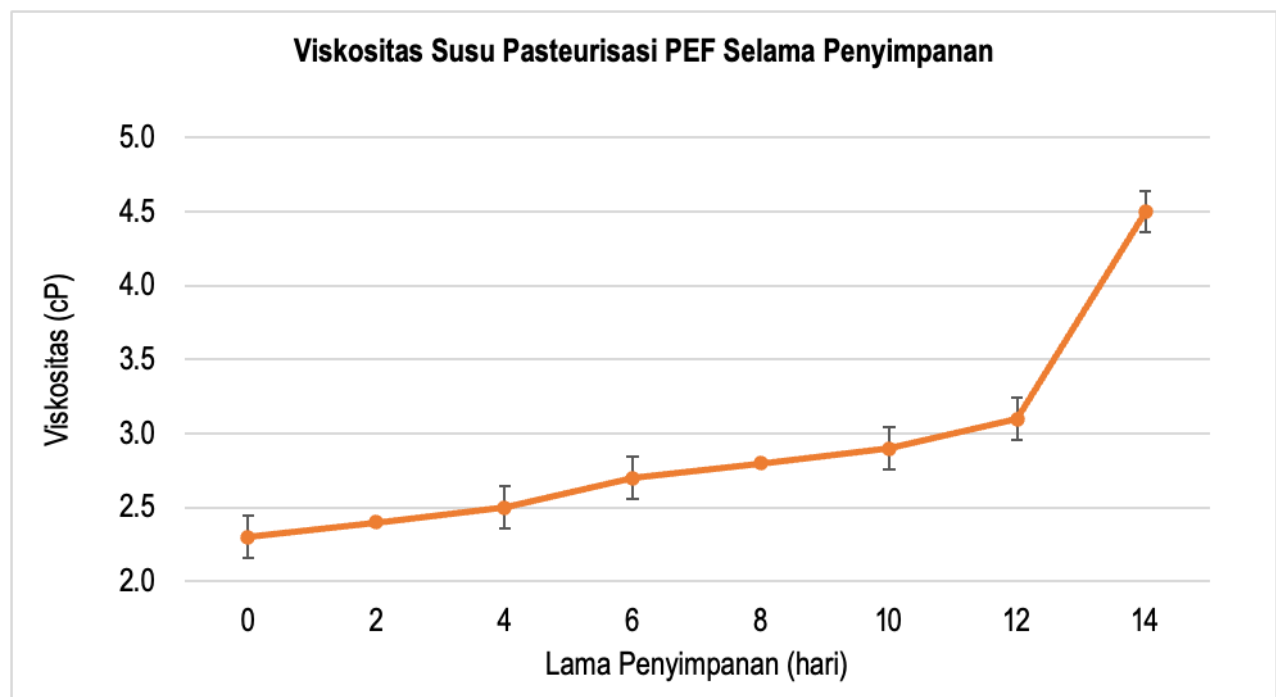


pembusuk penghasil asam laktat seperti *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus lactis*, dan *Lactobacillus thermophilus*.

Uji Fisik

Viskositas

Hasil pengujian viskositas susu pasteurisasi PEF dengan *pre-heating* pada penyimpanan suhu refrigerator selama 14 hari penyimpanan disajikan pada Gambar 2. Hasil analisa menunjukkan pada hari ke-0 menuju hari ke-12 penyimpanan nilai viskositas mengalami peningkatan secara linear dan pada hari ke-12 menuju hari ke-14 penyimpanan nilai viskositas mengalami peningkatan secara signifikan. Peningkatan nilai viskositas tersebut sejalan dengan penurunan nilai pH.



Gambar 3. Rata-rata perubahan viskositas susu pasteurisasi PEF dengan *pre-heating* selama penyimpanan

Grafik pada Gambar 3. menunjukkan nilai viskositas hari ke-0 sebesar 2,3 cP dan mengalami peningkatan secara linear menjadi 3,1 cP selama 12 hari penyimpanan pada suhu refrigerator. Nilai viskositas pada hari ke-12 hingga hari ke-14 penyimpanan mengalami peningkatan yang signifikan dari 3,1 cP menjadi 4,5 cP. Terjadinya peningkatan nilai viskositas secara linear pada penyimpanan hari ke-0 hingga hari ke-12 disebabkan karena nilai pH pada waktu tersebut menurun secara linear, serta penyimpanan suhu rendah menyebabkan terjadinya gumpalan pada globula-globula lemak, sehingga menyebabkan nilai viskositas meningkat. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Wahyudi dan Samsundari (2008), menyatakan jika pH rendah menyebabkan protein susu

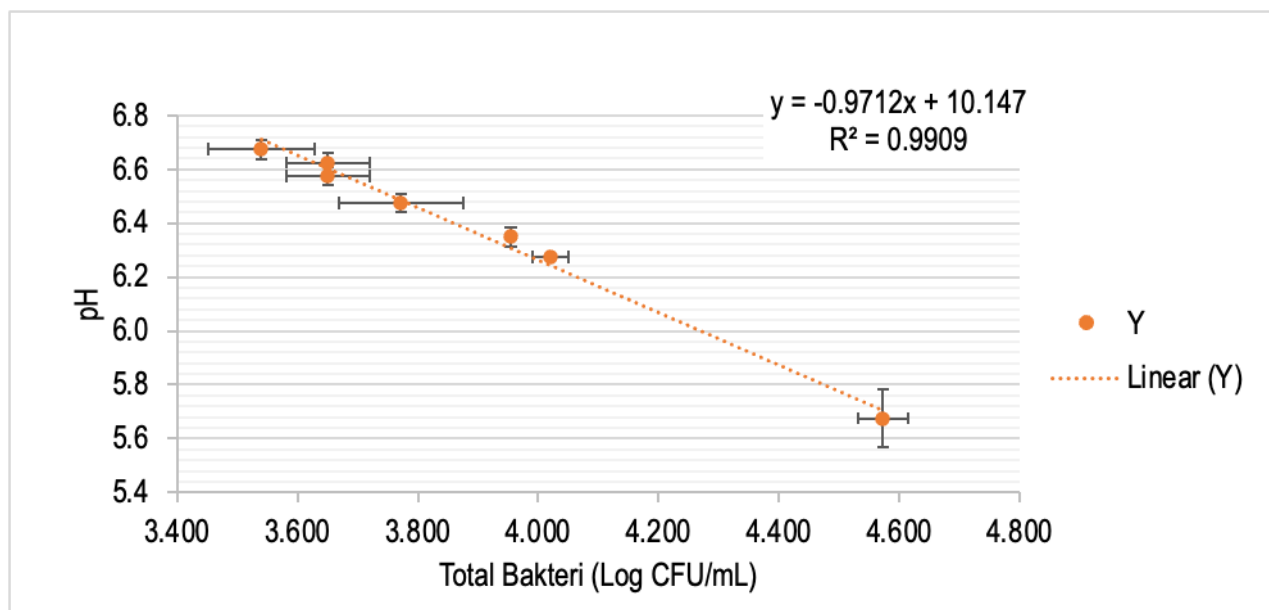


mengalami koagulasi sehingga mengakibatkan perubahan tekstur dan nilai viskositas. Menurut Ismanto *et al.* (2013), penyimpanan suhu rendah akan menyebabkan kenaikan viskositas susu karena terjadi *clumping* dari globula-globula lemak.

Peningkatan nilai viskositas secara signifikan yang terjadi pada hari ke-12 hingga hari ke-14 disebabkan karena nilai pH pada waktu tersebut menurun secara signifikan, sehingga menyebabkan koagulasi pada protein susu semakin banyak. Selain itu, globula-globula lemak yang mengalami *clumping* akibat penyimpanan suhu rendah akan terakumulasi, sehingga menyebabkan peningkatan nilai viskositas secara signifikan. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Hidayat *et al.* (2013), bahwa penurunan nilai pH akan diikuti oleh peningkatan nilai viskositas.

Hubungan Total Bakteri dengan Perubahan Nilai pH

Hasil uji regresi sederhana antara total bakteri dengan pH menggunakan SPSS versi 26 didapatkan hasil korelasi yang berbanding terbalik atau minus. Sehingga disimpulkan jika sumbu Y adalah pH dan sumbu X adalah total bakteri, maka semakin besar sumbu X, sumbu Y semakin kecil. Regresi total bakteri dengan pH tersaji dalam Gambar 4.



Gambar 4. Regresi total bakteri dengan pH susu pasteurisasi PEF selama penyimpanan

Gambar 4. merupakan regresi total bakteri dengan pH susu pasteurisasi PEF selama 14 hari penyimpanan suhu refrigerator. Didapatkan persamaan regresi $Y = 10,147 - (0,9909x)$, x dapat digunakan untuk memperkirakan atau memprediksi angka variabel Y (pH) apabila variabel X (total bakteri) diketahui. Dari hasil uji tersebut didapatkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9909 ini berarti 99,09% nilai pH dipengaruhi oleh total bakteri, sedangkan sisanya sebesar 0,91% dipengaruhi faktor lain, menurut Umar *et al.* (2014), proses keasaman



susu juga dapat disebabkan oleh berbagai senyawa yang bersifat asam seperti asam sitrat, asam-asam amino, karbohidrat dioksida yang larut dalam susu, serta senyawa-senyawa fosfat yang kompleks.

Koefisien determinasi (R^2) yang didapat cukup tinggi, hal tersebut menandakan total bakteri memberikan pengaruh yang sangat besar terhadap perubahan nilai pH susu pasteurisasi PEF selama penyimpanan pada suhu refrigerator. Hal ini dikarenakan semakin lama penyimpanan aktivitas bakteri pembusuk semakin meningkat, sehingga asam laktat hasil metabolisme akan terakumulasi. Menurut Buckle *et al.* (1987), adanya aktivitas bakteri pembusuk penghasil asam laktat seperti *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus lactis*, dan *Lactobacillus thermophilus* dapat menurunkan pH susu. Adanya aktivitas enzim yang dihasilkan oleh bakteri asam laktat yang mampu mengubah laktosa menjadi asam laktat menjadikan pH susu menurun (Umar *et al.*, 2014). Menurut Buckle *et al.* (1987), asam laktat yang dihasilkan dari metabolisme tersebut akan menurunkan pH dan menimbulkan rasa asam pada susu.

KESIMPULAN

Total bakteri susu pasteurisasi PEF dengan *pre-heating* menunjukkan grafik penurunan setelah dua hari penyimpanan pada suhu refrigerator dan menunjukkan grafik peningkatan secara linear pada hari ke-2 hingga hari ke-12 penyimpanan. Grafik peningkatan total bakteri secara signifikan terjadi pada hari ke-12 menuju hari ke-14 penyimpanan. Nilai pH susu pasteurisasi PEF dengan *pre-heating* menunjukkan grafik penurunan secara linear pada penyimpanan hari ke-0 hingga hari ke-12 dan grafik penurunan secara signifikan terjadi pada hari ke-12 menuju hari ke-14 penyimpanan. Nilai viskositas susu pasteurisasi PEF dengan *pre-heating* menunjukkan grafik peningkatan secara linear pada penyimpanan hari ke-0 hingga hari ke-12 dan grafik peningkatan secara signifikan terjadi pada hari ke-12 menuju hari ke-14 penyimpanan. Hasil uji regresi sederhana antara total bakteri dengan nilai pH didapatkan koefisien determinasi sebesar 99,09%, yang artinya peningkatan total bakteri sangat mempengaruhi penurunan nilai pH.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrar, M. 2013. Pengembangan Model Untuk Memprediksi Pengaruh Suhu Penyimpanan Terhadap Laju Pertumbuhan Bakteri pada Susu Segar. *Jurnal Medika Veterinaria*. 7 (2): 109-112.
- Afrianto, E., Liviawaty, E., Suhara, O., Hamdani, H. 2014. Pengaruh Suhu dan Lama Blansing Terhadap Penurunan Kesegaran Filet Tagih Selama Penyimpanan pada Suhu Rendah. *Jurnal Autika*. 5 (1): 45-54.
- Andriawan, V., Susilo, B. 2015. "Susu Listrik" Alat Pasteurisasi Susu Kejut Listrik Tegangan Tinggi (Pulsed Electric Field) Menggunakan Transformator Tegangan Tinggi dan Inverter. *Jurnal Keteknik Pertanian*



Tropis dan Biosistem. 3 (2): 199-210.

- Asiah, N., Cempaka, L., Ramadhan, K., Matatula, S. H., 2020. Prinsip Dasar Penyimpanan Pangan pada Suhu Rendah. Nas Media Pustaka. Makassar:
- Badan Standarisasi Nasional. 2008. Standart Nasional Indonesia (2897:2008) Metode Pengujian Cemaran Mikroba dalam Daging, Telur dan Susu, Serta Hasil Olahannya. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Buckle, K, A, R, A., Edwards, G, H., Wootton, F, M. 1987. Ilmu Pangan. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta
- Buckow, R., Chandry, P, S., Ng, S, Y., Mcauley, C, M., Swanson B, G. 2014. Opportunities and Challenges in Pulsed Electric Field Processing of Dairy Products. International Dairy Journal. 34 (2): 199–212.
- Cahyaningtyas, A, A., Pudjiastuti, W., Ramdhan, I. 2016. Pengaruh Suhu Penyimpanan Terhadap Organoleptik, Derajat Keasaman dan Pertumbuhan Bakteri *Coliform* pada Susu Pasteurisasi. Jurnal Riset Teknologi Industri. 10(1): 13-23.
- Chaniago, F, S. 2019. Penentuan Kadar Protein, pH, Kadar Abu dan Kadar Lemak pada Susu Kambing Etawa Berdasarkan Waktu Pemerahan. Skripsi. Universitas Sumatra Utara, Medan
- Chrisna, Wulandari Dewi. 2016. Identification of Perfectly Pasteurization Process by Total Microorganism and Levels of Protein and Lactose Content Pasteurized Milk Packed by Dairy Industry and Home Industry in Batu City. Majalah Kesehatan FKUB. 3(3): 44-151.
- Danah, I., Akhdia, T., Sumarni, S. 2019. Lama Penyimpanan pada Suhu Rendah terhadap Jumlah Bakteri dan pH susu Hasil Pasteurisasi dalam Kemasan. Jurnal Ilmu Pertanian Composite. 1(1): 49-54.
- Fauzan. 2011. Tingkat Keasaman Susu Kambing Pasteurisasi UD. Atjeh Live Stock Farm Ditinjau dari Aspek Mikrobiologisnya. Seminar Nasional Peternakan. Banda Aceh.
- Hawa, L, C., Susilo, B., Jayasari, N, E. 2011. Studi Komparasi Inaktivasi *Escherichia coli* dan Perubahan Sifat Fisik Pada Pasteurisasi Susu Sapi Segar Menggunakan Metode Pemanasan dan Tanpa Pemanasan dengan Kejut Medan Listrik. Jurnal Teknologi Pertanian. 12(1): 31-39.
- Hidayat, I. R., Kusrahayu., Mulyani S. 2013. Total Bakteri Asam Laktat, Nilai pH dan Sifat Organoleptik Drink Yoghurt Dari Susu Sapi yang Diperkaya Dengan Ekstrak Mangga. Animal Agriculture Jurnal. 2(1): 160-167.
- Ibrahim, SK. 2007. Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. Food Control. 18(1): 566–575.
- Indra. 2009. Uji Kekentalan Cairan dengan Brookfield Viscometer. Lab. Kecil Kimia. <http://labkecilkimia.blogspot.com/2014/03/uji-kekentalan-cairan-dengan-brookfield.html>
- Ismanto, T., Utami, S., Suratim, H. A. 2013. Pengaruh Lama Penyimpanan dalam Refrigerator Terhadap Berat Jenis dan Viskositas Susu Kambing Pasteurisasi. Jurnal Ilmiah Peternakan. 1(1): 69-78.
- Kristanti, N. D. 2017. Daya Simpan Susu Pasteurisasi Ditinjau dari Kualitas Mikroba Termodurik dan Kualitas Kimia. Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak. 12 (1): 1-7.



- Legowo, A., Kusrahayu, dan Mulyani, S. 2009. Ilmu dan Teknologi Susu. Universitas Diponegoro, Semarang
- McAuley, C. M., Singh, T. K., Haro-Maza, J. F., Williams, R., Buckow, R. 2016. Microbiological and Physicochemical Stability of Raw, Pasteurised or Pulsed Electric Field-Treated Milk. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 38. 365–373.
- Novitasari, R. 2018. Studi Pembuatan Sirup Jeruk Manis Pasaman (*Citrus sinensis* Linn.). *Jurnal Teknologi Pertanian*. 7(2): 1-9.
- Ocano-Higuera, V., Martinez, A., Marquez, R., Rodriguez, C., Castillo, Y., Butos, R. 2011. Freshness Assessment of Ray Fish in Ice by Biochemical, Chemical, and Physical Methods. *Food Chemistry*. 125:49-54.
- Perko, B. 2011. Effect of prolonged storage and microbiological quality of raw milk. *microbiological quality of raw milk*. *Mjekar Stvo*. 61(2): 114-124
- Priyanto, A. D., Wicaksono, L. A., Putranto, A. W. 2021. Pengaruh Suhu dan Waktu Pre-Heating pada Kualitas Fisik, Total Mikroba dan Organoleptik Susu Kolagen Sapi yang Dipasteurisasi Menggunakan *Pulsed Electric Field*. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*. 9(2): 141–153.
- Priyanto, A. D., Estiasih, T., Putranto, A. W. Widyasari, W., Rahmawati, R. 2022. Evaluation of Microbial Numbers and Physical Properties of Milk Preserved with Different Time of Pre-Heating and Pulsed Electric Fields (PEF) Exposure. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak*. 17(3): 197–206.
- Puspita, I., Djuhriah, N., Fikri, E. 2021. Efektivitas Variasi Lama Paparan Sinar Ultraviolet-C Terhadap Penurunan Total Kuman pada Alat Makan di Pantry PT.X. *Jurnal Kesehatan Siliwangi*. 2(2): 440-446.
- Putranto, A. W., Priyanto, A. D., Estiasih, T., Widyasari, W., Sanjaya, Y. A. 2022a. Optimasi Waktu *Pre-Heating* dan Waktu *Pulsed Electric Field* Terhadap Asam Lemak Bebas, Vitamin C dan pH pada Pengolahan Susu. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 16(3): 355–366.
- Putranto, A. W., Priyanto, A. D., Estiasih, T., Widyasari, W., Munarko, H. 2022b. Optimasi Waktu *Pre-Heating* dan Waktu *Pulsed Electric Field* Terhadap Total Mikroba dan Sifat Fisik Susu. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*. 10(1): 39–48.
- Rosadi, A. I. 2017. Kualitas Fisik, Kimia, dan Mikrobiologi Susu Pasteurisasi yang Dikemas Menggunakan Metode Pengisian Panas (*Hot Filling*) pada Suhu Penyimpanan Berbeda di Balai Besar Pelatihan Peternakan (BBPP) Batu. Skripsi. Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang
- Sabil, S. 2015. Pasteurisasi *High Temperature Short Time* (HTST) Susu terhadap *Listeria Monocytogenes* pada Penyimpanan Refrigerator. Skripsi. Fakultas Peternakan. Universitas Hasanuddin.
- Salman, A. M. A., dan Hamad, I. M. 2011. Enumeration and Identification of *Coliform* Bacteria from Raw Milk in Khartoum State Sudan. *Journal of Cell and Animal Biology*. 5(7): 121-128.
- Santoso, M. A. R., Liviawaty, E., Afrianto, E. 2017. Efektivitas Ekstrak Daun Mangga Sebagai Pengawet Alami Terhadap Masa Simpan Filet Nila Pada Suhu Rendah. *Journal Perikanan Dan Kelautan*. 8(2): 57–67.



-
- Titaley, K, P. 2004. Deteksi Cemarkan Caliform pada Susu Pasteurisasi. Tesis. Universitas Kristen Duta Wacana.
- Umar, Razali, Novita, A. 2014. Derajat Keasaman dan Angka Reduktase Susu Sapi Pasteurisasi dengan Lama Penyimpanan yang Berbeda. Jurnal Medika Veterinaria. 8(1): 43-46.
- Wahyudi, A., S. Samsundari. 2008. Bugar dengan Susu Fermentasi. Universitas Muhammadiyah Malang Press.
- Waluyo, L. 2010. Teknik dan Metode Dasar Mikrobiologi. UMM Press. Malang