

TEKNOLOGI PEMERAHAN SUSU SAPI DI INDONESIA: IMPLIKASI COLD CHAIN TERHADAP KUALITAS PENYIMPANAN SUSU

Amanda Darmika Festicora¹, Indah Septasya Br Sitompul¹ Rahayu Suseno^{1✉}

¹ Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jambi, Jl.Raden Patah No. 182-192, Jambi, Jambi, 36361, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Disubmit : 15-07-2025

Direvisi : 25-07-2025

Disetujui : 27-07-2025

Keywords:

Ditulis dalam bahasa Inggris 3-5 kata atau kelompok kata, ditulis menurut abjad, dipisah dengan titik koma ;

Abstrak

Teknologi pemerahan dan rantai dingin sangat penting untuk menjaga kualitas dan keamanan susu sapi. Di Indonesia, metode pemerahan manual dan penyimpanan sederhana masih umum digunakan, sehingga meningkatkan risiko kontaminasi dan penurunan mutu. Studi ini meninjau berbagai sistem rantai dingin berdasarkan literatur terbaru untuk mengevaluasi efektivitasnya dalam mempertahankan kualitas susu. Sistem aktif seperti *bulk cooling tank* dan *direct expansion* memberikan pendinginan cepat namun membutuhkan biaya dan infrastruktur tinggi. Sistem sederhana seperti IMTB dan *cooling system* lebih terjangkau, meski kurang stabil dalam menjaga suhu. Pendingin tenaga surya cocok untuk daerah terpencil, sedangkan truk berpendingin ideal untuk distribusi skala besar. Pemilihan teknologi yang tepat berdasarkan kondisi lokal sangat penting guna menjamin mutu susu dan rantai dingin yang berkelanjutan.

Kata kunci: cold chain; penyimpanan susu; teknologi pemerahan; kualitas susu; sistem susu

Abstract

Milking and cold chain technologies are vital for maintaining the quality and safety of cow's milk. In Indonesia, manual milking and basic storage methods remain common, increasing the risk of contamination and spoilage. This study reviews recent literature to evaluate the effectiveness of various cold chain systems in preserving milk quality. Active systems like bulk cooling tanks and direct expansion units offer rapid cooling but require high investment and infrastructure. Simpler systems such as IMTBs and cooling setups are more affordable but less consistent in maintaining low temperatures. Solar-powered cooling suits remote areas, while refrigerated trucks are ideal for large-scale distribution. Choosing the right technology based on local conditions is essential to ensure milk quality and a sustainable cold chain.

Keywords: cold chain; milk storage; milking technology; milk quality; dairy system

1. Pendahuluan

Peternakan merupakan salah satu jenis usaha yang memiliki potensi besar di Indonesia, karena tingginya permintaan pasar terhadap hewan ternak seperti sapi, ayam, ikan, dan lainnya. Di antara jenis ternak tersebut, sapi menjadi salah satu komoditas utama yang mampu menunjang kebutuhan gizi masyarakat. Tidak hanya dagingnya yang merupakan sumber protein hewani, tetapi juga susu sapi yang memiliki nilai gizi tinggi dan sangat bermanfaat bagi kesehatan manusia.

Susu merupakan bahan pangan yang berbentuk cairan atau bubuk, kaya akan kandungan gizi seperti protein, vitamin A, B, dan D, kalsium, kalium, fosfor, serta serat. Kandungan nutrisi yang lengkap ini menjadikan susu sebagai salah satu pangan bergizi tinggi (Suh, 2022). Susu mengandung berbagai zat penting seperti protein, lipid, laktosa, mineral, dan vitamin yang membuatnya sangat populer dan banyak dikonsumsi oleh bayi dan anak-anak di seluruh dunia (Hwang et al., 2022).

Namun demikian, susu juga termasuk komoditas yang mudah rusak karena sifatnya yang sangat rentan terhadap kontaminasi mikroba, khususnya selama proses pemerahan. Kandungan nutrisi yang tinggi menjadikan susu sebagai media ideal bagi pertumbuhan dan perkembangan berbagai jenis bakteri. Oleh sebab itu, diperlukan upaya pengolahan dan penyimpanan susu yang tepat guna memperpanjang masa simpan dan menjamin keamanannya sebelum dikonsumsi.

Proses pemerahan susu sapi dapat dilakukan secara manual menggunakan tangan maupun dengan bantuan mesin perah. Pemerahan menggunakan mesin dianggap lebih higienis karena susu langsung masuk ke dalam wadah penampung tanpa melalui kontak langsung dengan tangan manusia, sehingga hasilnya lebih steril (Wardana, 2022). Selain mesin perah, teknologi pengolahan susu yang lebih modern kini telah menggabungkan proses pemerahan, pasteurisasi, dan pendinginan dalam satu alat. Inovasi teknologi ini dikenal sebagai mesin 3-in-1 yang ramah lingkungan dan efisien, karena tidak menggunakan freon pada sistem pendinginnya, melainkan menggunakan konsep pendingin konvensional dengan desain modern. Alat ini memungkinkan proses pemerahan, pasteurisasi, dan pendinginan berlangsung secara otomatis dan bersamaan, sehingga meningkatkan efisiensi kerja peternak sapi perah dan menjaga mutu susu yang dihasilkan.

Faktor yang mempengaruhi turunnya kualitas susu antara lain yaitu kebersihan sapi, kesehatan sapi, keadaan kandang, kebersihan alat pemerahan, kebersihan pemerah atau pekerja, cara pemberian makan, penyakit dan penyimpanan susu (Navyanti, 2015). Dengan perlakuan yang salah dalam penyimpanan susu akan mengakibatkan cepatnya mikroorganisme berkembang biak.

Upaya dalam mempertahankan mutu dari suatu produk susu ialah dengan cara penyimpanan yang benar. Mikrobiologis, fisik, dan kimia susu sapi. Pengumpulan data dilakukan selama 3 hari dan dilakukan secara

Hal tersebut dikarenakan susu adalah bahan pangan yang mudah rusak dikarenakan kandungan gizinya yang relatif tinggi, sehingga sangat mudah rusak terkontaminasi oleh bakteri. Rombaut (2015) menyatakan bahwa cairan yang mengandung banyak nutrisi seperti susu merupakan media yang sangat baik untuk pertumbuhan mikroorganisme serta menyebabkan penyebaran bakteri patogen menjadi lebih cepat.

Oleh karena itu, untuk memperpanjang usia simpan susu, diperlukan sistem pengolahan dan penyimpanan yang baik. Salah satu metode penyimpanan yang paling umum digunakan, terutama oleh industri rumahan pengolah susu *pasteurisasi*, adalah pendinginan menggunakan lemari pendingin (*refrigerator*). Metode ini memudahkan konsumen dalam mendapatkan produk susu pasteurisasi yang aman untuk dikonsumsi.

Cara efektif dalam mempertahankan mutu susu adalah melalui penerapan teknologi refrigerasi, yaitu menurunkan suhu susu hingga mencapai tingkat tertentu agar pertumbuhan bakteri dapat dihambat (James, 2020). *United States Department of Agriculture* (USDA) bahkan merekomendasikan suhu penyimpanan susu berada pada kisaran 0,0–4,4°C untuk menjaga kualitas dan keamanannya (Hwang et al., 2022).

Dalam konteks industri susu pasteurisasi, penerapan **rantai dingin** (*cold chain*) menjadi aspek krusial untuk menjamin keamanan dan kualitas produk selama proses distribusi. Inspeksi pada produk akhir saja tidak cukup menjamin keamanan pangan secara keseluruhan, karena paparan suhu yang tidak sesuai selama penyimpanan dan transportasi dapat menyebabkan penurunan kualitas.

Cold chain sangat penting dalam menjaga kualitas pangan dengan mempertahankan suhu rendah secara konsisten selama proses penyimpanan, transportasi, hingga distribusi (Sun, 2011; Tian et al., 2020). Namun, penyalahgunaan suhu atau gangguan dalam sistem rantai dingin dapat menurunkan kualitas produk secara signifikan (Ndraha et al., 2018; Zhang et al., 2020). Bahkan, meskipun telah tersedia teknologi pembekuan canggih seperti pembekuan berbantuan ultrasonik (Tian et al., 2020; 2021), pembekuan tekanan tinggi (Alabi et al., 2020; Cheng et al., 2021), pembekuan nitrogen cair (Tian et al., 2020), atau teknologi pendinginan inovatif lainnya (Zhu et al., 2019), fluktuasi suhu yang tak terhindarkan dalam sistem rantai dingin tetap dapat merusak kualitas produk. Hal ini dapat memperpendek masa simpan, menurunkan mutu, hingga menimbulkan masalah keamanan pangan dan kerugian ekonomi yang cukup besar (Gogou et al., 2015; Jhuang et al., 2020).

2. Metodologi Penelitian

Kajian ini dilakukan dengan pendekatan studi pustaka (*literature review*) terhadap publikasi ilmiah dari database nasional dan internasional seperti *ScienceDirect*, *Scopus*, dan Garuda selama periode 2015–2025. Kata kunci yang digunakan antara lain “cold chain”, “kualitas susu”, dan “penyimpanan susu”. Kriteria inklusi meliputi studi yang membahas integrasi teknologi pemerahan dan pendinginan terhadap mutu daring.

Pustaka yang telah diperoleh kemudian diseleksi

berdasarkan sejumlah kriteria tertentu, selanjutnya diringkas dan dianalisis guna memperoleh informasi

yang tersusun secara sistematis.

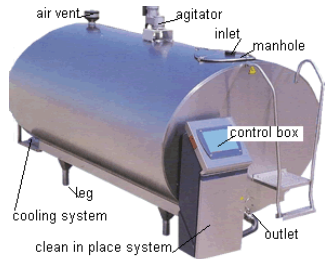
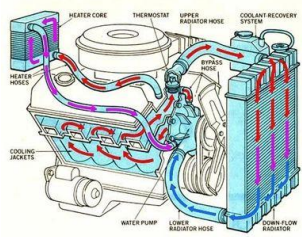
3. Hasil dan Pembahasan





Penerapan sistem *cold chain* dalam penyimpanan susu sapi sangat penting untuk menjaga mutu dan keamanan produk dari kontaminasi mikroba serta kerusakan fisikokimia. Setiap sistem memiliki kelebihan dan kekurangan tergantung pada skala peternakan, lokasi geografis, serta ketersediaan infrastruktur dan energi. Sistem aktif seperti *bulk tank* dan *DX cooling* menawarkan pendinginan cepat dan stabil, yang sangat efektif dalam menurunkan suhu susu hingga $\leq 4^{\circ}\text{C}$ dalam waktu singkat. Namun, keduanya memerlukan pasokan listrik stabil, biaya investasi tinggi, serta keahlian teknis dalam pengoperasiannya (Agustriyanto, 2022)

Sebaliknya, sistem sederhana seperti *can cooling* dan *insulated milk transport box* (IMTB) lebih mudah diterapkan pada skala kecil karena biayanya lebih terjangkau dan tidak memerlukan listrik. Namun, efisiensi pendinginan relatif rendah dan kapasitas

terbatas, serta berisiko terhadap fluktuasi suhu jika tidak dikendalikan dengan baik (Gita Adi et al., 2019; Szijarto et al., 1990). Teknologi *solar-powered cooling* menjadi solusi alternatif yang ramah lingkungan di daerah tanpa akses listrik, meskipun sangat bergantung pada cuaca dan memerlukan investasi awal yang cukup besar (Maamouri et al., 2019). Untuk distribusi dalam skala besar, *refrigerated milk truck* sangat efektif menjaga suhu selama transportasi, tetapi berisiko terhadap kontaminasi jika prosedur sanitasi tidak dilakukan dengan baik (Felipus et al., 2023). Dengan mempertimbangkan berbagai aspek tersebut, seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut, pemilihan sistem *cold chain* yang tepat harus disesuaikan dengan kondisi lokal, kebutuhan operasional, dan ketersediaan sumber daya agar rantai pasok susu berjalan optimal dan mutu produk tetap terjaga hingga ke tangan konsumen

Tabel 1. Jenis Cold Chain

Jenis Cold Chain	Deskripsi	Kelebihan	Kelemahan	Gambar dan Referensi
1. Bulk Cooling Tank (Tangki Pendingin Massal)	Tangki stainless dengan sistem pendingin otomatis yang langsung mendinginkan susu.	Mampu menjaga suhu susu $\leq 4^{\circ}\text{C}$ dalam waktu singkat; cocok untuk koperasi peternak.	Biaya investasi dan perawatan tinggi; membutuhkan listrik stabil.	 <p>Agustriyanto & Mochni, 2022</p>
2. Cooling System (Sistem Pendingin)	Sistem pendinginan susu dalam kaleng/jeriken menggunakan es batu atau lemari es.	Murah dan mudah diterapkan di peternakan kecil.	Pendinginan tidak merata; risiko kontaminasi lebih tinggi.	 <p>Gita Adi, Harianto, & Triwidyastuti, 2019</p>

Jenis Cold Chain	Deskripsi	Kelebihan	Kelemahan	Gambar
3. <i>Insulated Milk Transport Box (IMTB)</i> (Kotak Pengangkut Susu Terisolasi)	Kotak penyimpanan susu berinsulasi dengan pendingin pasif seperti es gel.	Cocok untuk transportasi jarak pendek; menjaga suhu stabil selama 6–8 jam.	Kapasitas terbatas; tidak cocok untuk pengangkutan jarak jauh.	
				Szjarto et al. (2018)
4. <i>Refrigerated Milk Truck</i> (Truk Susu Dingin)	Truk berpendingin untuk distribusi susu dalam jumlah besar.	Ideal untuk pengangkutan ke industri; mempertahankan suhu stabil hingga 72 jam.	Biaya operasional sangat tinggi; hanya tersedia di wilayah dengan infrastruktur bagus.	
				Felipus et al., 2023
5. <i>Solar-Powered Cooling Unit</i> (Unit Pendingin Bertenaga Surya)	Sistem pendingin berbasis energi surya untuk daerah tanpa listrik.	Ramah lingkungan; cocok untuk daerah terpencil.	Efisiensi tergantung cuaca; biaya awal pembangunan masih tinggi	
				Maamouri et al., 2019
6. <i>Direct Expansion Cooling System (DX)</i> (Sistem Pendinginan Ekspansi Langsung (DX))	Sistem pendinginan terintegrasi langsung dalam ruang pemerahan.	Pendinginan instan setelah pemerahan; menurunkan TPC secara signifikan.	Membutuhkan integrasi dengan sistem pemerahan otomatis.	

Bulk Cooling Tank (Tangki Pendingin Massal)

Bulk cooling tank merupakan teknologi *cold chain* yang umum dimanfaatkan untuk menyimpan susu segar. Alat ini dirancang untuk menurunkan suhu susu dari sekitar 36°C hingga mencapai 4°C dalam kurun waktu kurang lebih dua jam, dengan tujuan memperlambat pertumbuhan mikroorganisme. Berdasarkan penjelasan dari Agustriyanto dan Mochni (2022), sistem ini memanfaatkan sirkulasi air dingin bersuhu 2°C dan bekerja secara efisien melalui mekanisme perpindahan panas.

Keunggulan dari *bulk cooling tank* meliputi kemampuan mendinginkan dengan cepat, menjaga suhu tetap stabil, serta menekan jumlah mikroba. Teknologi ini sangat sesuai digunakan untuk penyimpanan susu dalam skala besar. Namun demikian, terdapat beberapa kelemahan seperti ketergantungan pada pasokan listrik yang stabil, biaya awal yang cukup tinggi, serta kebutuhan akan keterampilan teknis dalam pengoperasiannya.

Meskipun begitu, *bulk cooling tank* tetap terbukti efektif dalam mempertahankan kualitas susu setelah dipanen (Agustriyanto & Mochni, 2022).

Cooling System (Sistem Pendingin)

Cooling system merupakan sistem pendingin sederhana yang memanfaatkan air dingin untuk menurunkan suhu susu yang disimpan dalam wadah tertutup, seperti jerigen atau kaleng susu. Mekanisme kerja sistem ini melibatkan aliran air bersuhu rendah yang terus-menerus mengelilingi wadah penyimpanan susu. Pada versi otomatisnya, pompa air akan mengalirkan air dari bagian bawah ke atas, sedangkan sensor suhu dan mikrokontroler berfungsi untuk mengatur waktu mulai dan berhentinya proses pendinginan berdasarkan suhu susu.

Keunggulan sistem ini terletak pada biaya yang relatif rendah, kemudahan dalam perakitan, serta kesesuaiannya untuk digunakan pada skala kecil, seperti peternakan rakyat atau rumah tangga. Selain itu, cooling

system juga dapat membantu mempertahankan mutu susu dengan meminimalkan kontak langsung dan mempercepat proses penurunan suhu. Meski demikian, terdapat beberapa kelemahan, antara lain kapasitas pendinginan yang terbatas serta ketergantungan pada suhu air yang digunakan, yang dapat meningkat dengan cepat jika tidak dikendalikan dengan baik. Penggunaan metode kontrol seperti PID dapat meningkatkan kestabilan dan efisiensi sistem pendinginan ini (Gita ., 2019).

Insulated Milk Transport Box (IMTB) (Kotak Pengangkut Susu Terisolasi)

Insulated Milk Transport Box (IMTB) merupakan sistem pendinginan pasif yang dirancang untuk mempertahankan suhu susu selama proses pengangkutan tanpa memerlukan sumber daya listrik. Prinsip kerjanya cukup sederhana: susu ditempatkan dalam wadah tertutup, lalu dimasukkan ke dalam kotak berinsulasi yang dilengkapi dengan ice gel pack yang telah dibekukan sebelumnya. Berdasarkan penelitian oleh Szijarto et al. (2018), penggunaan delapan ice pack dalam IMTB mampu menjaga suhu susu tetap di bawah 4°C selama lebih dari 48 jam, meskipun berada dalam kondisi lingkungan dengan suhu mencapai 30°C.

Kelebihan utama dari IMTB adalah bobotnya yang ringan, mudah dibawa, tidak bergantung pada listrik, serta sangat ideal untuk digunakan di wilayah terpencil. Sistem ini juga higienis karena tidak melibatkan kontak langsung antara media pendingin dan susu. Meski demikian, kelemahannya terletak pada kemungkinan suhu turun terlalu rendah hingga menyebabkan sebagian susu membeku jika ice pack terlalu lama dibekukan, serta terbatasnya kapasitas penyimpanan. IMTB sangat sesuai untuk pengangkutan susu segar dalam volume kecil hingga menengah dengan durasi pengiriman yang relatif singkat.

Refrigerated Milk Truck (Truk Susu Dingin)

Refrigerated milk truck adalah kendaraan khusus yang dilengkapi dengan ruang berinsulasi dan sistem pendingin, dirancang untuk mengangkut susu segar dalam kondisi suhu rendah dari peternakan ke fasilitas pengolahan. Sistem ini bekerja dengan menjaga suhu susu tidak lebih dari 7°C selama perjalanan guna mencegah peningkatan jumlah mikroorganisme. Menurut Felipus et al. (2023), meskipun suhu dapat dikendalikan selama transportasi, kualitas mikrobiologis susu tetap menurun, yang terlihat dari kenaikan *Standard Plate Count* (SPC) hingga 95% dan jumlah mikroorganisme psikotrofik hingga 123%. Penurunan mutu ini umumnya disebabkan oleh durasi pengangkutan yang lama (hingga 24 jam), kebersihan kendaraan yang kurang optimal, serta waktu tunggu sebelum proses pengolahan di industri.

Keunggulan dari *refrigerated milk truck* meliputi kapasitas muat yang besar, kestabilan suhu selama perjalanan, dan kesesuaiannya untuk distribusi jarak jauh. Namun demikian, terdapat sejumlah kelemahan, seperti potensi kontaminasi akibat penggunaan

peralatan yang tidak steril seperti selang dan sambungan, serta risiko terbentuknya biofilm bila proses pembersihan tidak dilakukan dengan baik. Selain itu, semakin lama waktu pengangkutan dan penyimpanan sebelum pengolahan, semakin besar peluang pertumbuhan mikroorganisme perusak. Oleh sebab itu, diperlukan perencanaan rute yang efisien, pelatihan teknis bagi petugas transportasi, serta sanitasi rutin untuk menjaga kualitas susu selama proses distribusi (Felipus et al., 2023).

Solar-Powered Cooling Unit (Unit Pendingin Bertenaga Surya)

Solar-powered milk cooling unit merupakan sistem pendinginan susu berbasis energi matahari yang dirancang untuk wilayah yang belum memiliki akses listrik. Sistem ini tersusun atas panel surya, baterai, pengontrol daya, freezer DC, serta wadah susu berinsulasi dengan ruang penyimpanan es. Mekanisme kerjanya dimulai dengan panel surya yang mengisi daya ke baterai, kemudian baterai tersebut mengoperasikan freezer untuk memproduksi es. Es yang dihasilkan selanjutnya digunakan untuk menjaga suhu susu tetap rendah selama penyimpanan maupun pengangkutan.

Kelebihan utama dari sistem ini adalah sifatnya yang ramah lingkungan, bebas ketergantungan pada listrik konvensional, serta kemampuannya dalam mempertahankan suhu susu di bawah 12°C bahkan di lingkungan bersuhu tinggi, sehingga mampu menekan pertumbuhan bakteri dan menjaga kualitas produk. Namun demikian, keterbatasan tetap ada, seperti ketergantungan pada intensitas cahaya matahari, kapasitas pendinginan yang terbatas, dan biaya awal pemasangan yang relatif tinggi. Meskipun begitu, teknologi ini sangat ideal digunakan oleh peternak skala kecil di daerah terpencil sebagai solusi untuk menjaga mutu susu sebelum dikirim ke pusat pengumpulan atau industri pengolahan (Maamouri et al., 2019).

Direct Expansion Cooling System (DX) (Sistem Pendinginan Ekspansi Langsung) (DX)

Sistem Direct Expansion (DX) merupakan teknologi pendinginan yang umum diterapkan dalam sistem pengatur suhu (HVAC), termasuk dalam aplikasi pendinginan ruangan serta berpotensi digunakan untuk penyimpanan susu. Prinsip kerjanya melibatkan penyerapan panas langsung dari udara oleh evaporator yang dialiri refrigeran. Setelah menyerap panas, refrigeran dikompresi, didinginkan melalui kondensor, lalu disirkulasikan kembali ke sistem.

Kelebihan utama dari sistem DX adalah kemampuannya dalam menurunkan suhu secara cepat dan efisien tanpa memerlukan media perantara seperti air dingin. Sistem ini juga menawarkan kontrol suhu yang presisi, desain yang ringkas, dan fleksibilitas pemasangan di berbagai skala, mulai dari skala kecil hingga besar. Meski demikian, kekurangan sistem ini meliputi potensi penurunan efisiensi akibat kebocoran refrigeran atau akumulasi kotoran pada kondensor, serta

konsumsi energi yang cukup tinggi apabila tidak dilengkapi pengaturan beban parsial (part load) yang optimal. Oleh karena itu, diperlukan pengoperasian yang efisien serta perawatan rutin guna menjaga performa sistem tetap maksimal (Joe et al., 2020).

4. Kesimpulan

Hasil kajian menunjukkan bahwa setiap sistem pendinginan memiliki karakteristik, kelebihan, dan keterbatasan tersendiri, yang harus dipertimbangkan sesuai dengan kondisi lokal, kapasitas produksi, dan sumber daya yang tersedia. Sistem aktif seperti *bulk cooling tank dan direct expansion (DX)* memberikan hasil optimal dalam menjaga suhu susu tetap rendah, tetapi membutuhkan infrastruktur dan biaya operasional yang tinggi. Di sisi lain, sistem sederhana seperti *can cooling system dan insulated milk transport box (IMTB)* lebih sesuai untuk peternakan skala kecil karena mudah diterapkan dan tidak memerlukan listrik, meskipun efektivitasnya terbatas. *Solar-powered cooling* unit menjadi solusi alternatif yang ramah lingkungan untuk daerah terpencil, sedangkan *refrigerated milk truck* cocok untuk transportasi dalam skala besar. Dengan demikian, integrasi teknologi pendinginan yang tepat dan manajemen sanitasi yang baik akan mendukung terciptanya rantai dingin yang efisien dan berkelanjutan dalam industri susu sapi di Indonesia.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan artikel ini. Terutama kepada dosen pembimbing ibu Rahayu Suseno., S.TP., M.Si yang telah memberikan arahan dan masukan, serta rekan-rekan yang senantiasa memberikan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada para peneliti dan penulis yang karyanya telah menjadi referensi dalam artikel ini. Tanpa kontribusi ilmiah mereka, artikel ini tidak akan tersusun dengan baik. Semoga artikel ini dapat memberikan manfaat, menambah wawasan dan menjadi bahan rujukan yang berguna bagi pembaca dan peneliti selanjutnya.

6. Daftar Pustaka

- Agustriyanto, R. M. (2022). Dynamic study and PI control of milk cooling process. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 12(5), 1836–1843. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.12.5.16332>.
- Agustriyanto, R. M. (2022). Dynamic study and PI control of milk cooling process. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 12(5), 1836–1843. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.12.5.16332>.
- Agustriyanto, R. M. (2022). Dynamic study and PI control of milk cooling process. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 12(5), 1836–1843. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.12.5.16332>.
- Alabi, .. Z. (2020). Fenomena transportasi dan pengaruhnya terhadap mikrostruktur buah dan sayuran beku. *Tren dalam Ilmu Pangan & Teknologi*, 101, 63–72.
- Cheng, L. Z.-W. (2021). Dampak pembekuan berbantuan tekanan tinggi terhadap denaturasi polifenol oksidase. *Food Chem*, 335, 127485.
- Cheng, L. Z.-W. (2021). Dampak pembekuan berbantuan tekanan tinggi terhadap denaturasi polifenol oksidase. *Food Chem*, 335, 127485.
- Cheng, L. Z.-W. (2021). Dampak pembekuan berbantuan tekanan tinggi terhadap denaturasi polifenol oksidase. *Food Chem*, 335, 127485.
- Felipus, N. C. (2023). Quality of refrigerated raw milk according to the bulk transport conditions. *Acta Scientiarum., Animal Sciences*, 45, e58353.
- Felipus, N. C. (2023). Quality of refrigerated raw milk according to the bulk transport conditions. *Acta Scientiarum., Animal Sciences*, 45, e58353.
- Gita ., A. H. (2019). Rancang bangun pendingin susu hasil pasteurisasi menggunakan metode water cooling system. *Journal of Technology and Informatics (JoTI).*, 1(1), 41–48.
- Gita ., A. H. (2019). Rancang bangun pendingin susu hasil pasteurisasi menggunakan metode water cooling system. *Journal of Technology and Informatics (JoTI).*, 1(1), 41–48.
- Gogou, E. A. (2015). Pengembangan dan penerapan basis data rantai dingin sebagai alat untuk manajemen rantai dingin dan evaluasi kualitas pangan. *Int. J. Refrig.*, 52, 109–121.
- Gogou, E. A. (2015). Pengembangan dan penerapan basis data rantai dingin sebagai alat untuk manajemen rantai dingin dan evaluasi kualitas pangan. *Int. J. Refrig.*, 52, 109–121.
- Hwang, J. e. (2022). Rapid freshness evaluation of cow milk at different storage temperatures using in situ electrical conductivity measurement. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 103113. .
- Hwang, J. e. (2022). Rapid freshness evaluation of cow milk at different storage temperatures using in situ electrical conductivity measurement. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 103113.
- James, S. a. (2020). The food cold-chain and climate change. *Food Research International*, 43(7), pp. 1944–1956.
- Jhuang, J.-R. L.-B.-C.-N.-H.-H. (2020). Pengembangan indikator suhu waktu berbasis lakase yang diimobilisasi dengan pemintalan serat zein secara elektro. *Kemasan Makanan dan Umur Simpan*, 23,100436.
- Joe, J. I. (2020). Empirical modeling of direct expansion (DX) cooling system for multiple research use cases. *Sustainability*, 12(20), 8738. <https://doi.org/10.3390/su12208738> .
- Joe, J. I. (2020). Empirical modeling of direct expansion

- (DX) cooling system for multiple research use cases. . *Sustainability*, 12(20), 8738. <https://doi.org/10.3390/su12208738> .
- Joe, J. I. (2020). Empirical modeling of direct expansion (DX) cooling system for multiple research use cases. . *Sustainability*, 12(20), 8738. <https://doi.org/10.3390/su12208738> .
- Maamouri, O. B. (2019). Field testing of an innovative solar powered milk cooling solution for small scale dairy farms. Management & Innovation Tunisian. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Technology*, 1–5. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/331249153> .
- Maamouri, O. B. (2019). Field testing of an innovative solar powered milk cooling solution for small scale dairy farms. Management & Innovation Tunisian. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Technology*, 1–5. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/331249153> .
- Maamouri, O. B. (2019). Field testing of an innovative solar powered milk cooling solution for small scale dairy farms. Management & Innovation Tunisian. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Technology*, 1–5. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/331249153> .
- Navyanti, F., R. (2015). Higieni Sanitasi, Kualitas Fisik dan Bakteriologi Susu Sapi Segar Perusahaan Susu X di Surabaya . *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 8(1), pp. 36–47.
- Navyanti, F., R. (2015). Higieni Sanitasi, Kualitas Fisik dan Bakteriologi Susu Sapi Segar Perusahaan Susu X di Surabaya . *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 8(1), pp. 36–47.
- Navyanti, F., R. (2015). Higieni Sanitasi, Kualitas Fisik dan Bakteriologi Susu Sapi Segar Perusahaan Susu X di Surabaya . *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 8(1), pp. 36–47.
- Ndraha, N. H.-I.-F.-T. (2018). Penyalahgunaan waktu-suhu dalam rantai dingin pangan: tinjauan masalah, tantangan, dan rekomendasi. *Kontrol Makanan* , 89, 12–21.
- Ndraha, N. H.-I.-F.-T. (2018). Penyalahgunaan waktu-suhu dalam rantai dingin pangan: tinjauan masalah, tantangan, dan rekomendasi. *Kontrol Makanan* , 89, 12–21.
- Ndraha, N. H.-I.-F.-T. (2018). Penyalahgunaan waktu-suhu dalam rantai dingin pangan: tinjauan masalah, tantangan, dan rekomendasi. *Kontrol Makanan* , 89, 12–21.
- Rombaut.R. Dairy Microbiology and Starter Cultures. *Laboratory of Food Technology and Engineering. Gent University. Belgium.*
- Suh, J. (2022). Critical review: Metabolomics in dairy science – Evaluation of milk and milk product quality. *Food Research International*, 154(December 2021), p. 110984.
- Suh, J. (2022). Critical review: Metabolomics in dairy science – Evaluation of milk and milk product quality. *Food Research International*, 154(December 2021), p. 110984.
- Suh, J. (2022). Critical review: Metabolomics in dairy science – Evaluation of milk and milk product quality. *Food Research International*, 154(December 2021), p. 110984.
- Szjarto, L. F. (2018). Cooling systems for transport of unpreserved milk samples. . *Journal of Dairy Science*, 73(9), 2299–2308.
- Tian, Y. Z. (2021). Efek gelembung nano dan pembekuan berbantuan ultrasonik frekuensi konstan/variabel pada perilaku pembekuan sistem model pangan kental. *J. Food Eng.*, 292,110284.
- Tian, Y. Z. (2021). Efek gelembung nano dan pembekuan berbantuan ultrasonik frekuensi konstan/variabel pada perilaku pembekuan sistem model pangan kental. *J. Food Eng.*, 292,110284.
- Tian, Y. Z. (2021). Efek gelembung nano dan pembekuan berbantuan ultrasonik frekuensi konstan/variabel pada perilaku pembekuan sistem model pangan kental. *J. Food Eng.*, 292,110284.
- Tian, Y. Z.-W. (2022). Pengembangan teknik pembekuan cepat berbantuan ultrasonik cepat berbantuan ultrasonik ortogonal frekuensi tunggal/ganda dan pengaruhnya terhadap atribut kualitas kentang beku. *J. Food Eng.*, 286, 110112.
- Wardana, A. S. (2022). Teknologi pengolahan susu . 1–67.
- Zhang, W. M.-W. (2020). Teknik spektroskopi Raman untuk mendeteksi Struktur dan kualitas makanan beku: prinsip dan aplikasi. Tinjauan Kritis dalam Ilmu Pangan dan Gizi . 1-17.
- Zhang, W. M.-W. (2020). Teknik spektroskopi Raman untuk mendeteksi Struktur dan kualitas makanan beku: prinsip dan aplikasi. Tinjauan Kritis dalam Ilmu Pangan dan Gizi . 1-17.
- Zhang, W. M.-W. (2020). Teknik spektroskopi Raman untuk mendeteksi Struktur dan kualitas makanan beku: prinsip dan aplikasi. Tinjauan Kritis dalam Ilmu Pangan dan Gizi . 1-17.
- Zhu, Z. L.W. (2019). Pengembangan model matematika untuk simulasi proses pendinginan vakum untuk produk makanan - tinjauan. . *Jurnal Ilmu Pangan* , 59 (5),715–727.
- Zhu, Z. L.W. (2019). Pengembangan model matematika untuk simulasi proses pendinginan vakum untuk produk makanan - tinjauan. . *Jurnal Ilmu Pangan* , 59 (5),715–727.