

KAJIAN AKTIFITAS ANTIOKSIDAN PADA BAHAN PANGAN HASIL PENGAWETAN METODE TERMAL DAN NON TERMAL: STUDI PUSTAKA

[A Review of Antioxidant Activity in Food Subjected to Thermal and Non-Thermal Preservation Methods]

Sultan Hasanuddin*, Tamrin, Hermanto

¹Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo, Kendari

*Email: sultanuttang1999@gmail.com

Diterima 20 November 2025

Disetujui 29 Desember 2025

ABSTRACT

This review aimed to examine food processing methods to maintain antioxidant content and minimize the risk of chemical and physical degradation during preservation using thermal and non-thermal techniques. Thermal processes included pasteurization and sterilization, while non-thermal preservation techniques included high-pressure processing, pulsed electric field, and cold plasma processing. The review showed that, based on DPPH antioxidant assays, the highest antioxidant activity in thermal preservation through pasteurization was observed in mangosteen peel extract, with total antioxidant activity ranging from 80.64% to 89.70%. In sterilization, the highest antioxidant activity was obtained in milk supplemented with soursop, reaching 46.58%..

Keywords: Antioxidants, flavonoid, polyphenols, thermal, non-thermal

ABSTRAK

Review ini bertujuan untuk mengkaji metode pengolahan bahan pangan untuk tetap menjaga dan meminimalkan resiko kehilangan kandungan antioksidan, terjadinya degradasi kimia maupun fisik pada bahan dengan perlakuan pengawetan dengan memanfaatkan suhu panas dan aliran listrik dengan teknik termal dan non termal. Jenis-jenis dari proses termal antara lain, pasteurisasi dan sterilisasi, sedangkan pengawetan bahan pangan dengan teknik non termal antara lain *high pressure processing, pulsed electron field, dan cold plasma processing*. Hasil review menunjukkan bahwa berdasarkan pengujian antioksidan tertinggi dengan metode DPPH pada pengawetan termal dengan pasteurisasi yaitu diperoleh pada sari kulit buah manggis dengan total aktivitas antioksidan sebanyak 80,64 sampai 89,70% dan pada metode sterilisasi diperoleh aktivitas antioksidan tertinggi yaitu pada susu dengan penambahan buah sirsak yaitu sebanyak 46, 58%.

Kata kunci : Antioksidan, flavonoid, polifenol, termal, nontermal.

PENDAHULUAN

Antioksidan merupakan senyawa yang dapat menghambat reaksi oksidasi, dengan mengikat radikal bebas dan molekul yang sangat reaktif sehingga kerusakan sel akan dihambat. Antioksidan terdapat dalam beberapa bentuk, di antaranya vitamin, mineral, dan senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada tumbuhan yang memiliki aktivitas antioksidan. Senyawa antioksidan merupakan salah satu senyawa yang dimanfaatkan untuk menangkal radikal bebas. Radikal bebas adalah sekelompok bahan kimia baik berupa atom maupun molekul yang memiliki elektron tidak berpasangan pada lapisan luarnya atau kehilangan elektron, sehingga apabila dua radikal bebas bertemu, mereka bisa memakai bersama elektron tidak berpasangan membentuk ikatan kovalen. Radikal bebas dapat mengganggu produksi DNA, lapisan lipid pada

dinding sel, mempengaruhi pembuluh darah, produksi *prostaglandin*, dan protein lain seperti enzim yang terdapat dalam tubuh (Werddhasari, 2014).

Berdasarkan sumbernya, antioksidan dibagi menjadi antioksidan endogen, yaitu enzim-enzim yang bersifat antioksidan yang terdapat dalam tubuh seperti: *Superoksida Dismutase* (SOD), *Katalase* (Cat), dan *Gutathione Peroksidase* (GPX), serta antioksidan eksogen, yaitu yang didapat dari luar tubuh atau makanan. Berbagai bahan alam asli Indonesia banyak mengandung antioksidan dengan berbagai bahan aktifnya, antara lain vitamin C, E, pro vitamin A, *organosulfur*, *α-tocopherol*, *flavonoid*, *thymoquinone*, *statin*, *niasin*, *phycocyanin*, dan lain-lain. Beberapa contoh antioksidan sintetis yang diijinkan penggunaannya untuk makanan dan penggunaannya telah sering digunakan, yaitu *butil hidroksi anisol* (BHA), *butil hidroksi toluen* (BHT), *propil galat*, *tert butil hidroksi quinon* (TBHQ) dan *tokoferol*. Antioksidan-antioksidan tersebut merupakan antioksidan alami yang telah diproduksi secara sintetis untuk tujuan komersial. Pada dasarnya, tubuh manusia dapat menetralkan radikal bebas bila jumlahnya tidak berlebihan. Mekanisme pertahanan tubuh dari radikal bebas adalah berupa antioksidan di tingkat sel, membran, dan ekstra sel, Olehnya itu diperlukan antioksidan tambahan yang berasal dari bahan pangan.

Antioksidan alami dalam makanan biasanya berasal dari senyawa antioksidan yang sudah ada dari satu atau dua komponen makanan, senyawa antioksidan yang terbentuk dari reaksi-reaksi selama proses pengolahan, dan senyawa antioksidan yang diisolasi dari sumber alami dan ditambahkan ke makanan sebagai bahan tambahan pangan. Antioksidan alami tumbuhan umumnya adalah senyawa *fenolik* atau *polifenolik* yang dari golongan *flavonoid*, turunan asam sinamat, kumarin, tokoferol dan asam-asam organik polifungsional. Golongan *flavonoid* yang memiliki aktivitas antioksidan meliputi *flavon*, *flavonol*, *isoflavon*, *kateksin*, *flavonol* dan *kalkon*. Sementara turunan asam sinamat meliputi asam kafeat, asam ferulat, asam klorogenat, dan lain lain. Kelompok *flavonoid* dalam bahan alam, tersebar banyak dalam tanaman baik pada buah, kulit batang, akar dan bunga. yang bekerja sebagai antioksidan. Beberapa makanan yang kaya akan kandungan antioksidan adalah seperti kacang-kacangan, sayur dan buah serta teh hijau. Penelitian *in vitro* menunjukkan bahwa *flavonoid* dapat bekerja dalam proses antiinflamasi, antialergi, antivirus dan antikarsinogenik (Simanjuntak, 2012).

METODE PENGAWETAN TERMAL DAN NON TERMAL PADA BAHAN PANGAN

Pengawetan adalah proses perlakuan pada pangan untuk menghentikan atau mengurangi kerusakan seperti berkurangnya kualitas dan nutrisi yang terkandung di dalamnya. Pangan secara umum bersifat mudah rusak (*Perishable*), karena kadar air yang terkandung di dalamnya sebagai faktor utama penyebab kerusakan pangan itu sendiri. Semakin tinggi kadar air suatu pangan, akan semakin besar kemungkinan kerusakannya baik sebagai akibat aktivitas biologis internal (*Metabolisme*) maupun masuknya mikroba perusak. Kriteria yang dapat digunakan untuk menentukan apakah makanan tersebut masih pantas dikonsumsi, secara tepat sulit di laksanakan karena melibatkan faktor-faktor non teknik, sosial ekonomi, dan budaya suatu bangsa. Idealnya, makanan tersebut harus: bebas polusi pada setiap tahap produksi dan penanganan makanan, bebas dari perubahan-perubahan kimia dan fisik, bebas mikroba dan parasit yang dapat menyebabkan penyakit atau pembusukan (Winarno, 1993). Metode pengawetan pada umumnya ada dua jenis yaitu, secara termal dan non termal:

a. Metode Pengawetan Termal

Proses termal (*thermal process*) termasuk proses pengawetan yang menggunakan energi panas dalam mengolah bahan pangan. Tujuan utama proses termal adalah mematikan mikroorganisme yang dapat menyebabkan penyakit dan menimbulkan kebusukan pada produk yang dikemas dengan kemasan yang hermetis, seperti kaleng, *retort pouch*, atau gelas jar. Pemanasan merupakan teknologi pengolahan konvensional untuk mengurangi kontaminasi mikroba pada makanan terutama yang bersifat patogen. Proses pengolahan bahan pangan dengan pemanasan dapat menimbulkan efek kurang menguntungkan terhadap mutu produk pangan berupa penurunan kadar nutrisi dan kualitas sensoris. Oleh karena itu, industri pengolahan pangan terus mengembangkan alternatif teknologi pengawetan untuk meminimalkan kerusakan yang diakibatkan oleh panas berlebihan (Chintya *et al.*, 2015). Proses termal untuk pangan yang di kemas dapat menerapkan pasteurisasi dan sterilisasi (Heldman *et al.*, 2013). Produk pangan asam atau yang diasamkan ($\text{pH} < 4.6$ dan $\text{Aw} > 0.85$) cukup dilakukan proses pasteurisasi dengan target mikroba pembusuk dan patogen yang jenisnya tergantung pada karakteristik produk masing-masing (Holdworth *et al.*, 2007).

1) Pasteurisasi

Pasteurisasi merupakan proses termal dengan suhu sedang (*Mild Heat Treatment*) yang diberikan pada produk pangan.

Tabel 1. Kondisi dan tujuan pasteurisasi dari beberapa produk pangan

No	Jenis Produk Pangan	Tujuan Utama Pasteurisasi	Tujuan Sampingan	Kondisi Minimum Proses Pasteurisasi
1	Sari Buah ⁽¹⁾	Inaktivasi enzim (pektinesterase dan poligalakturonase)	Membunuh mikroorganisme pembusuk (kapang dan khamir)	65°C selama 30 menit
2	Bir ⁽²⁾	Membunuh mikroorganisme pembusuk (khamir, <i>Lactobacillus</i> sp.) dan sisa khamir yang ditambahkan pada proses fermentasi (<i>Saccharomyces</i> sp.)	-	65-68°C selama 20 menit (dalam botol); 72-75°C selama 1-4 menit pada tekanan 900-1000 kPa
3	Susu ⁽³⁾	Membunuh mikroorganisme patogen (<i>Brucella abortus</i> , <i>Mycobacterium tuberculosis</i> , <i>Coxiella burnetii</i>)	Membunuh mikroorganisme pembusuk dan inaktivasi beberapa enzim	63°C selama 30 menit; 71,5°C selama 15 menit
4	Telur cair ⁽⁴⁾	Membunuh mikroorganisme patogen <i>Salmonella</i> sp.	-	64.4°C selama 2.5 menit; 60°C selama 3.5 menit
5	Es krim ⁽⁵⁾	Membunuh mikroorganisme patogen	Membunuh mikroorganisme pembusuk	61.5°C selama 30 menit; 71°C selama 10 menit; 80°C selama 15 detik

Sumber: ⁽¹⁾Dhita *et al.* (2014). ⁽²⁾Hasan I. *et al.* (2020). ⁽³⁾Ambarsari I. *et al.* (2012), ⁽⁴⁾Mulyani S. *et al.* (2012), ⁽⁵⁾Hafid R. (2017).

Tujuan pasteurisasi adalah membunuh mikroba vegetatif tertentu yakni patogen dan inaktivasi enzim, karena pada proses pasteurisasi tidak mematikan semua mikroorganisme vegetatif dan mikroorganisme pembentuk spora sehingga produk hasil pasteurisasi harus dikemas atau disimpan pada suhu rendah dengan penambahan pengawet, pengemas atmosfer termodifikasi, pengaturan pH, atau pengaturan aktivitas air untuk mengendalikan pertumbuhan mikroba, perubahan kimia dan nutrisi termasuk antioksidan yang terkandung bahan pangan sehingga akan mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan. (Khurniyati *et al.*, 2015).

2) Sterilisasi

Sterilisasi merupakan suatu proses pengawetan metode termal untuk membunuh mikroorganisme sampai ke spora- sporanya, yang terdapat di dalam bahan makanan. Proses ini dilakukan dengan cara memanaskan makanan sampai temperatur 121°C, selama waktu 15 menit. Salah satu contoh alat untuk melakukan sterilisasi adalah *Autoclave*. Pada alat *Autoclave*, bahan makanan dipanaskan sampai temperatur 121- 134°C. makanan diproses selama 15 menit, untuk temperatur 121°C, atau pada temperatur 134°C selama 3 menit. Setelah pemanasan ini, dilakukan pendinginan secara perlahan untuk menghindari *over-boiling* ketika tekanan diberikan pada makanan. Istilah sterilisasi mengandung arti suatu perlakuan penghancuran semua mikroba beserta sporanya. Sterilisasi salah satu tujuannya adalah untuk memperpanjang masa simpan suatu bahan pangan. Sterilisasi hampir sama dengan proses pasteurisasi, bedanya sterilisasi hanya menggunakan suhu yang terbilang rendah bila dibandingkan dengan suhu pasteurisasi yaitu berkisar diantara 121°C dengan waktu tertentu (Praharasti *et al.*, 2016).

Tantangan bagi industri pengolahan pangan adalah memperkecil susut gizi selama pengolahan panas tetapi cukup menjamin umur simpan yang lebih lama. Maka dari itu, kali ini perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh pasteurisasi dan sterilisasi pada kualitas dan penyimpanan sari ubi jalar ungu. Ubi Jalar ungu mengandung pigmen antosianin yang lebih tinggi dari pada ubi jalar jenis lain. Pigmennya lebih stabil bila dibandingkan antosianin dari sumber lain seperti kubis merah, *elderberries*, *blueberry* dan jagung merah (Suda *et al.*, 2003). Antosianin yang tersimpan dalam ubi jalar ungu mampu menghalangi laju kerusakan sel radikal bebas akibat nikotin, polusi udara dan bahan kimia lainnya (Kano *et al.*, 2005). Antosianin adalah zat warna alami yang bersifat sebagai antioksidan yang dapat mencegah penyakit kanker, jantung, tekanan darah tinggi, katarak, dan bahkan dapat menghaluskan kulit. dan terdapat dalam tumbuh-tumbuhan. Lebih dari 300 struktur antosianin yang ditemukan telah diidentifikasi secara alami (Wrolstad, 2005). Kadar antosianin cukup tinggi terdapat pada berbagai tumbuh-tumbuhan seperti misalnya: ubi jalar ungu (*Ipomoea batatas L.*), *bilberries* (*Vaccinium myrtillus L.*), minuman anggur merah (*red wine*), dan anggur (Jawi *et al.*, 2007). Antosianin merupakan pigmen warna alami yang terdapat pada buah ubi jalar ungu yang bersifat sebagai antioksidan.

Tabel 2. Pengaruh pengawetan termal terhadap bahan dan produk pangan

No	Bahan Pangan	Aktivitas Antosidan	
		Pasteurisasi	Sterilisasi
1	Sari Kulit Buah Manggis ⁽¹⁾	80.64-89.70%	-
2	Sari Buah Kedondong ⁽²⁾	91,41%	-
3	Puree Naga Buah Merah ⁽³⁾	4,18 mg/ml-112,56 mg/ml	-
4	Terung ⁽⁴⁾	8,59 %-68,76%	-
5	Wortel ⁽⁴⁾	4,19%-55,67%	-
6	Brokoli ⁽⁴⁾	6,08%-58,74%	-
7	Minuman Isotonik Air Kelapa dan Ekstrak Belimbing Wulu ⁽⁵⁾	-	13,72%-30,47%
8	Susu dengan Penambahan Buah Sirsak ⁽⁶⁾	-	46,58%
9	Eggurt dengan Fortifikasi Edamame ⁽⁷⁾	-	16,9%-20,9%
10	Teh (<i>C. sinensis Linn.</i>) ⁽⁸⁾	-	25,34%-29,15%

Sumber: ⁽¹⁾Gupita *et al.* (2012), ⁽²⁾Rakhmawati dan Yunianta (2015), ⁽³⁾Sugiyanto *et al.* (2020), ⁽⁴⁾Aisyah *et al.* (2015), ⁽⁵⁾Langkong *et al.* (2018), ⁽⁶⁾Anita (2015), ⁽⁷⁾Triasih dan Priyadi (2021), ⁽⁸⁾Rohadi dan Wahjuningsih (2019).

b. Metode Pengawetan Non Termal

Metode pengawetan non termal hampir sama dengan termal bedanya kalau non termal tanpa menggunakan panas. Namun dari segi manfaat dapat diklaim bahwa pengolahan non termal lebih baik dibandingkan dengan termal. Hal ini disebabkan karena pengawetan non termal mampu menginaktivasi mikroba tanpa merusak kandungan fisiko-kimia didalamnya. Teknologi non termal meliputi teknologi *Pulsed Electric Field* (PEF), teknologi *High Pressure Processing* (HPP), dan *Cold Plasma Processin* (CPP).

1) Pulsed Electric Field (PEF)

Kejut listrik merupakan suatu metode perlakuan pendahuluan secara non termal dengan pemberian listrik kepada bahan pangan pada tegangan tertentu (Menesses, 2011). Efektivitas teknik kejut listrik sangat bergantung pada jenis bahan, waktu perlakuan, dan besarnya tegangan (Choiet *et al.*, 2010). Waktu perlakuan dan tegangan yang terlalu rendah menurunkan efektifitas kematian mikroorganisme. Sebaliknya, jika kejut listrik yang diberikan terlalu lama dan dengan tegangan yang terlalu besar, kemungkinan akan terjadi penurunan kualitas produk dari segi nutrisi dan antioksidan serta organoleptiknya. Oleh karena itu, kondisi perlakuan terbaik penting untuk ditentukan sehingga dapat menghasilkan produk yang aman, memiliki nilai fungsional, dan diterima secara sensori. Kejut listrik memiliki berbagai macam aplikasi dalam dunia pangan. Berdasarkan permeabilisasi dari sel, kejut listrik dapat digunakan dalam berbagai macam aplikasi. Perbedaan permeabilitas pada tiap sel akan mempengaruhi besarnya tegangan yang digunakan (Vorobiev *et al.*, 2008). Prinsip kejut listrik kerja didasarkan pada denyut pendek tegangan tinggi (20-80 kV/cm).

Tabel 3. Aplikasi penggunaan kejut listrik dan perlindungan antioksidan

No	Metode	Perlakuan	Hasil
1	<i>Pulsed Electric Field</i>	Penggunaan kejut listrik pada sari apel dengan tegangan output 2,4 kV, 5,6 kV, 9,6 kV dan 12 kV: ⁽¹⁾	Pada tegangan <i>output</i> 2,4 kV, 5,6 kV dan 9,6 kV kenaikan total polifenol 17,5% tegangan 12 kV total polifenol menurun 13,2%: ⁽¹⁾
		Penggunaan suhu 4°C dan 40°C selama 1 jam ⁽²⁾	Suhu 4°C peningkatan total fenol 8,5 % dan peningkatan 18,7 % pada suhu 40°C ⁽²⁾
		Dan suhu 45°C selama 90 detik ⁽³⁾	suhu 45°C selama 90 detik meningkatkan total fenol 10% ⁽³⁾
		Penggunaan dengan Frekuensi 1 kHz dengan waktu paparan 20 detik ⁽⁴⁾	Nilai rendemen 5,6%; kadar air 7,78%; nilai IC50 277,56 ppm; dan kadar tanin 442,36 mg GAE / g ⁽⁴⁾
		Penggunaan dengan kuat medan listrik (daya 450 watt dan dilakukan pretreatment menggunakan PEF pada kuat medan listrik 2.5 kV/cm, selama 4 menit) ⁽⁵⁾	Rendemen ekstrak 18.85% dengan TPC, TFC dan IC50 masing-masing sebesar 60,16 mg GAE/g dw, 34,94 mg QE/g dw, dan 0.98 mg/ml. ⁽⁵⁾
		PEFdengan 2 level, 3,5 dan 4,5 kV/cm,faktor kedua lama waktu PEF dengan tiga level 10, 15, 20 detik ⁽⁶⁾	Hasil perlakuan terbaik pada besar tegangan PEF 4,5 kV/cm dan lama waktu PEF 20 detik. Rendemen sebesar 13,04%.

Sumber: ⁽¹⁾Balasa- *et al.* (2014). ⁽²⁾Kim (2006). ⁽³⁾Litbang (2013). ⁽⁴⁾Sucipto *et al.* (2007). ⁽⁵⁾ Dwi *et al.* (2019),⁽⁶⁾Wijana S. *et al.* (2016)

Menurut penelitian Keng *et al.*, (2010), bahwa aktivitas antioksidan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya adalah suhu. Kenaikan dan penurunan suhu yang terjadi dapat mengubah mekanisme tindakan dari antioksidan (Yanishlieva, 2001). Aplikasi kejut listrik dengan suhu tertentu dapat digunakan

untuk peningkatan nutrisi pada bahan pangan dengan baik termasuk salah satunya menjaga kandungan antioksidan pada bahan pangan. Sebagaimana yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa metode ini sangat efektif karena dapat menginaktivkan mikroorganisme sampai 95 % tanpa mengubah warna, bau, dan kandungan gizi suatu bahan pangan dalam waktu yang sangat singkat. Reaksi tertentu pada antioksidan dapat dipengaruhi oleh suhu (reaksi yang dipengaruhi oleh suhu terutama reaksi dengan radikal lipid dibandingkan reaksi samping, dimana senyawa yang diuji tidak bertindak sebagai antioksidan atau bertindak sebagai prooksidan (Marinova *et al.*, 2003). Elisitasi menggunakan suhu 40°C pada kecambah kacang-kacangan dapat meningkatkan total *fenol* sebesar 18% dan asam askorbat sekitar 40% (Swieca, 2014).

Kedelai merupakan salah satu bahan pangan yang memiliki bentuk kacang-kacangan dan kaya akan kandungan gizi yang cukup bermanfaat untuk dikonsumsi sehingga menjadi bahan dasar berbagai macam produk pangan di Asia seperti tempe, tahu, kecap, tauco dan menjadi salah satu sumber minyak (Joe, 2011). Kedelai merupakan salah satu sumber protein yang banyak dikonsumsi selain sebagai sumber protein, kedelai memiliki kandungan senyawa bioaktif berupa total *fenol*, *flavonoid* dan senyawa bioaktif lainnya (Yusnawan, 2016).

Berdasarkan hasil penelitian Boue, (2008). bahwa pelukaan pada ekstrak kedelai dapat mengakibatkan kenaikan aktivitas antioksidan, total *fenolik* dan *flavonoid* lebih tinggi dari pada ekstrak kedelai yang tidak diberikan pelukaan. Penggunaan kedelai pada penelitian ini yaitu menggunakan kedelai jenis anjasmoro. Kedelai anjasmoro merupakan jenis kedelai yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia untuk dijadikan bahan makanan seperti tahu dan tempe menurut penuturan dari staff Balitkabi. Kedelai ini memiliki benih yang besar, toleran terhadap penyakit dan pada setiap 100 biji mengandung protein sekitar 41,8 - 42,1 % dan lemak sekitar 17,2 - 18,6 % (Litbang, 2013). Kedelai memiliki berbagai macam kandungan senyawa bioaktif diantaranya *isoflavan*, total *fenol* dan senyawa *flavonoid* yang berfungsi sebagai antioksidan (Kim, 2006). Pada pembuatan makanan dengan bahan kedelai terdapat proses pemanasan yang dapat menurunkan senyawa bioaktif pada kedelai. Proses perebusan dapat menurunkan kandungan *isoflavan* pada kedelai sebesar 46 %, total *fenol* berkurang sebesar 19,4 % dan kapasitas antioksidan sebesar 32,8 % (Prete, 2007).

2) High Pressure Processing (HPP)

High Pressure Processing (HPP) adalah metode pengolahan makanan di mana makanan mengalami tekanan tinggi (hingga £ 87.000 per inci persegi atau sekitar 6.000 atmosfer), dengan atau tanpa penambahan panas, untuk mencapai inaktivasi mikroba atau untuk mengubah atribut makanan dalam rangka mencapai kualitas yang diinginkan konsumen. Tekanan Menonaktifkan bakteri yang paling vegetatif pada tekanan di atas £ 60.000 per inci persegi. HPP mempertahankan kualitas makanan, mempertahankan kesegaran alam, dan memperpanjang umur simpan mikrobiologi. Proses ini juga dikenal sebagai proses tekanan tinggi hidrostatik (HHP) dan ultra pengolahan tekanan tinggi (UHP). Pengolahan bertekanan tinggi menyebabkan perubahan yang cenderung kecil dalam karakteristik makanan segar dengan menghilangkan degradasi termal. Dibandingkan dengan pengolahan termal, hasil HPP dalam makanan memiliki hasil rasa lebih segar, dan penampilan tekstur dan gizi yang lebih baik. Pengolahan tinggi tekanan dapat dilakukan pada suhu rendah atau suhu refrigerator (dingin). Teknologi ini bermanfaat terutama untuk produk-produk yang sensitif terhadap panas (Kimestri, 2018).

High Pressure Processing (HPP) adalah teknologi pengolahan pangan non termal yang dapat mempertahankan kesegaran, kualitas, serta nutrisi dari bahan pangan (Cullen *et al.*, 2012). HPP menggunakan tekanan tinggi (biasanya 400–600 MPa) untuk memproses makanan cair dan padat (dengan

atau tanpa panas) selama 5 sampai 10 menit, dengan cara menginaktivasi mikroorganisme penyebab kerusakan/penyakit, sehingga akhirnya dapat memperpanjang masa simpan makanan. Inaktivasi spora dengan tekanan saja tidak cukup (Patterson *et al.*, 2005).

3) Cold Plasma Processin (CPP)

Plasma dingin dapat digunakan untuk dekontaminasi produk dimana mikroorganisme eksternal berada. Tidak seperti cahaya (misalnya dekontaminasi sinar *ultraviolet*), plasma mengalir di sekitar benda, yang berarti efek bayangan tidak terjadi memastikan semua bagian dari produk diperlakukan. Untuk produk seperti sayuran dipotong dan daging segar, tidak ada teknologi permukaan dekontaminasi ringan saat ini tersedia; plasma dingin dapat digunakan untuk tujuan ini. Plasma dingin juga dapat digunakan untuk mikroorganisme permukaan sebelum produk dikemas sebagai bagian dari proses pengemasan. Plasma yang dihasilkan oleh debit listrik, mirip dengan yang digunakan dalam tabung lampu *fluorescent*, sangat efisien (80%) konversi tarif listrik untuk plasma. Konsumsi energi akan sama dengan sistem UV-C dan perlakuan pada makanan akan sangat efektif dalam biaya, elektronik dan masa plasma teknologi yang sebanding dengan sistem UVC bahkan dengan kebutuhan tambahan untuk gas pembawa (Kimestri, 2015).

Pengembangan teknologi plasma untuk menghasilkan ozon telah banyak dikembangkan dalam bidang pangan (Patil *et al.*, 2014). Ozon memiliki sifat oksidator kuat yang dapat digunakan untuk membunuh bakteri pada bahan pangan (Lyu *et al.*, 2016). Keunggulan teknologi ozon adalah “*green technology*”, karena tidak meninggalkan residu dan ozon mudah terdekomposisi menjadi oksigen (Lovato *et al.*, 2009). Penggunaan suhu yang tinggi merupakan salah satu penyebab ozon mudah terdekomposisi menjadi oksigen (Sung *et al.*, 2013). Oleh karena itu, kombinasi penggunaan ozon dan pendinginan dapat digunakan untuk memperpanjang masa simpan buah dan sayur. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Date., (2012) bahwa buah dan sayur dibedakan menjadi dua kelompok yaitu dicuci dengan ozon kemudian disimpan pada sistem pendingin dengan dialir ozon variabel *treatment*, dan tanpa dicuci kemudian disimpan pada ruangan terbuka (variabel kontrol).

KESIMPULAN

Penggunaan pengawet termal dan non termal pada bahan pangan dalam prakteknya sangat berkaitan erat dalam mendukung peran senyawa aktivitas antioksidan. Pengawet termal dan non termal sebagai pendukung aktivitas senyawa antioksidan alami bahan pangan yang umumnya merupakan senyawa *fenolik* atau *polifenolik* dari golongan *flavonoid*, turunan asam sinamat, kumarin, *tokoferol* dan asam-asam organik *polifungsional*. Antioksidan alami mempunyai struktur kimia dan stabilitas berbeda beda misalnya, α -*tokoferol* cukup tahan terhadap panas, kehilangan selama proses pengolahan sebagian besar disebabkan oleh proses oksidasi. Asam askorbat dapat terdegradasi oleh panas, udara, kondisi alkali dan aktivitas enzim membentuk asam oksalat dan asam treonat secara *irreversible*. Walaupun antioksidan terdapat pada bahan pangan secara alami, tetapi jika bahan tersebut dilakukan pengolahan yang salah misal penggunaan panas berlebih, maka kandungannya akan berkurang akibat terjadinya degradasi kimia dan fisik. Ada beberapa cara pengawetan yang dapat dilakukan untuk meminimalisir terjadinya degradasi antioksidan salah satunya adalah metode Non termal yang terdiri atas HPP, PEF, CPP dan metode termal meliputi sterilisasi dan pasteurisasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, Y., Rasdiansyah, Muhaimin. (2015). Pengaruh Pemanasan terhadap Aktivitas Antioksidan pada beberapa Jenis Sayuran. *Jurnal Teknologi dan Industri Pertanian Indonesia*. 6(2): 28-32.
- Al-Hamdan O. Z., Williams C. J., Pierson F. B., Robichaud P. R., Boll J., & Strand E. K. (2015). Structural And Functional Connectivity As A Driver of Hillslope Erosion Following Disturbance. *International Journal of Wildland Fire*, 25 (3): 306-321.
- Andarwulan N., Kurniasih D., Apriady R. A., Rahmat H., Roto A. V., & Bolling B. W. (2012). Polyphenols, Carotenoids, and Ascorbic Acid In Underutilized Medicinal Vegetables. *Journal of Functional Foods*, 4(1), 339-347.
- Aeny T. N., Prasetyo J., Suharjo R., Dirmawati S. R., Efri E., & Niswati A. (2018). Isolation and Identification of Actinomycetes Potential As The Antagonist of Dickeya Zeae Pineapple Soft Rot In Lampung, Indonesia. *Biodiversitas Journal Of Biological Diversity*, 19(6): 2052-2058.
- Ariviani S. (2010). Total Antosianin Ekstrak Buah Salam Dan Korelasinya Dengan Kapasitas Anti Peroksidasi Pada Sistem Linoelat. *Agrointek*, 4(2): 121-127.
- Adam A., Ciorbaru R., Petit J. F., & Lederer E. (1972). Isolation And Properties Of A Macromolecular, Water-Soluble, Immuno-Adjuvant Fraction From The Cell Wall of Mycobacterium Smegmatis. *Proceedings of The National Academy of Sciences*, 69(4): 851-854.
- Azizah N., Al-Barrii A. N., & Mulyani S. (2012). Pengaruh Lama Fermentasi Terhadap Kadar Alkohol, ph, Dan Produksi Gas Pada Proses Fermentasi Bioetanol Dari Whey Dengan Substitusi Kulit Nanas. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 1(3): 110-123.
- Ambarsari L., Nurcholis W., Sari N. L. P. E., & Darusman L. K. (2012). Curcuminoid Contents, Antioxidant And Anti-Inflammatory Activities of *Curcuma Xanthorrhiza* Roxb. And *Curcuma Domestica* Val. Promising Lines From Sukabumi of Indonesia. In *Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa*. Vol. 2(8): 122-134.
- Anita, I. A. (2015). Aktivitas Antioksidan Susu Pasteurisasi HTST dan LTLT yang ditambahkan berbagai Level Buah Sirsak (*Annona muricata* L.). Skripsi. Universitas Hasanuddin.
- Asep S. G. M., & Simon, D. (2010). on a Ring Conditioned on Enhanced Flux. *Journal of Statistical Mechanics: Theory And Experiment*. 10: 10-17.
- Chintya R. D., & Nisa F. C. (2015). Pengaruh Daya Lampu dan Lama Iradiasi Ultraviolet Terhadap Karakteristik Sari Buah Murbei (*Morus Alba* L.) The Effect of Lamp Power And Length of Ultraviolet Irradiation on Characteristics of Mulberry (*Morus Alba* L.) Juice. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*. 3(2): 610-619.
- Choi M.S., Cheigh C.I., Jeong E.A., Shin, J.K. And Chung, M.S., (2010). Nonthermal Sterilization of *Listeria Monocytogenes* In Infant Foods By Intense Pulsed Light Treatment. *Journal of Food Engineering*, 97(4) : 504-509.
- Boué-Bigne, F. (2008). Laser-induced breakdown spectroscopy applications in the steel industry: Rapid analysis of segregation and decarburization. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 63(10): 1122-1129.
- Dhita A. S. J. (2014). Aktivitas Proteksi Tepung Kedelai (*Glycine Max* (L.) Merr) Terhadap Disfungsi Sel Endotel Mencit Putih Jantan Hiperkolesterolemia. Disertasi. Universitas Andalas).

- Dwi, S. R., Nani S. P., Ni'matul I., Angky W. P., (2019). Studi Variasi Kuat Medan Listrik PEF dan Metode Pengeringan Bahan Terhadap Senyawa Antioksidan Ekstrak Daun Torbangun (*Coleus amboinicus* L.). Jurnal Keteknikan Pertanian. 7(1): 1-12.
- Estiasih T. & Widiatmoko R. B., (2015). Karakteristik Fisikokimia dan Organoleptik Mie Kering Berbasis Tepung Ubi Jalar Ungu Pada Berbagai Tingkat Penambahan Gluten. Pangan dan Agroindustri, 3(4). 163-179.
- Francis G. S., Siegel R. M., Goldsmith, S. R., Olivari, M. T., Levine, T. B., & Cohn, J. N. (1985). Acute Vasoconstrictor Response To Intravenous Furosemide In Patients With Chronic Congestive Heart Failure: Activation of The Neurohumoral Axis. Annals of Internal Medicine, 103 (1), 1-6.
- Giusti M. M., & Wrolstad R. E. (2001). Characterization and Measurement Of Anthocyanins By UV-Visible Spectroscopy. Current Protocols In Food Analytical Chemistry. 9(1): 11-21.
- Gupita, Norma, C., dan Rahayuni, A. (2012). Pengaruh berbagai pH Sari Buah dan Suhu Pasteurisasi terhadap Aktivitas Antioksidan dan Tingkat Penerimaan Sari Kulit Buah Manggis. Tesis, Universitas Diponegoro. Semarang
- Hirata R., Hirano T., Saigusa N., Fujinuma, Y., Inukai K., Kitamori Y., & Yamamoto S. (2007). Seasonal And Interannual Variations In Carbon Dioxide Exchange of A Temperate Larch Forest. Agricultural And Forest Meteorology. 147(3-4), 110-124.
- Hafid G. M., Ziane F., Rabah S. N., Boucherba N. E. I. A. A. K. E. H., Bouanane-D. A., & K. (2017). Three Phase Partitioning, A Scalable Method For The Purification And Recovery of Cucumisin, A Milk-Clotting Enzyme, From The Juice of Cucumis Melo Var. Reticulatus. International Journal of Biological Macromolecules, 102, 515-525.
- Jung H. A., S. B. N., Keller W. J., Mehta R. G., & Kinghorn A. D. (2006). Antioxidant Xanthones From The Pericarp of Garcinia Mangostana (Mangosteen). Journal of Agricultural And Food Chemistry, 54(6): 2077-2082.
- Jawi I. M., Suprpta D. N., & Sutirtayasa I. W. P. (2007). Efek Antioksidan Ekstrak Umbi Ubijalar Ungu (*Ipomoea batatas* L) Terhadap Hati Setelah Aktivitas Fisik Maksimal dengan Melihat Kadar AST dan ALT Darah Pada Mencit. Dexa Media, 20(3), 65-71.
- Kimestri A. B. (2018). Microbiological And Physicochemical Quality of Pasteurized Milk Supplemented With Sappan Wood Extract (*Caesalpinia sappan* L.). Journal International Food Research, 25 (1): 236-241.
- Khurniyati M. I., & Estiasih T. (2015). Pengaruh Konsentrasi Natrium Benzoat Dan Kondisi Pasteurisasi (Suhu Dan Waktu) Terhadap Karakteristik Minuman Sari Apel Berbagai Varietas: Kajian Pustaka. Jurnal Pangan dan Agroindustri, 3(2): 523-529.
- Kano M., Takayanagi T., Harada K., Makino K., & Ishikawa F. (2005). Antioxidative Activity of Anthocyanins From Purple Sweet Potato, Ipomoea Batatas Cultivar Ayamurasaki. Bioscience, Biotechnology, And Biochemistry, 69(5): 979-988.
- Kimestri A. B. (2018). Microbiological And Physicochemical Quality of Pasteurized Milk Supplemented With Sappan Wood Extract (*Caesalpinia Sappan* L.). Journal International Food Research, 25 (1): 236-241.
- Khurniyati M. I., & Estiasih T. (2015). Pengaruh Konsentrasi Natrium Benzoat dan Kondisi Pasteurisasi (Suhu dan Waktu) Terhadap Karakteristik Minuman Sari Apel Berbagai Varietas: Kajian Pustaka. Jurnal Pangan dan Agroindustri, 3(2): 523-529.

- Lovato M. L., Cady C. M., Gray I. G. T., Liu C., & Mukai T. (2009). Compressive Properties of A Closed-Cell Aluminum Foam As A Function of Strain Rate And Temperature. *Materials Science and Engineering* 525 (12): 1-6.
- Praharasti A. S., Nugroho J., Rahardjo B., dan Nurhikmat A. (2016). Evaluation For Sterilization of Rendang Packaged By Flexible Retort Pouch Using Finite Difference Method. *Journal In International Symposium On Air Breathing Engines Proceedings*, 9 (11): 147-152.
- Rakhmawati, R., dan Yuniarta. (2015). Pengaruh Proporsi Buah: Air dan Lama Pemanasan terhadap Aktivitas Antioksidan Sari Buah Kedondong (*Spondias dulcis*). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3(4): 1682-1693
- Rakkimuthu R., Palmurugan S., & Shanmugapriya A. (2016). Effect of Temperature, Light, ph on The Stability of Anthocyanin Pigments In *Cocculus Hirsutus* Fruits. *International Journal of Multidisciplinary Research And Modern Education*, 2(2): 91-96.
- Rohadi dan Wahjuningsih, S. B. (2019). Pengaruh Suhu Pemanasan pada Ekstrak Teh (*C.Sinensis linn*) Jenis Teh Putih terhadap Stabilitas Sifat Antioksidatifnya. *Balai Besar Industri Hasil Perkebunan*. Semarang.
- Simanjuntak, K. (2012). Peran Antioksidan Flavonoid dalam Meningkatkan Kesehatan. *Jurnal Bina Widya*, 23(3): 135-140.
- Shabrina A. N., Abduh S. B. M., Hintono A., & Pratama Y. (2017). Sifat Fisik Edible Film Yang Terbuat Dari Tepung Pati Umbi Garut dan Minyak Sawit. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 6(3): 1251-1270.
- Salengke S., Rusli, A., Metusalach M., Tahir M. M., & Syamsuar S. (2016). Analysis of Bioactive Compounds of *Caulerpa Recemosa*, *Sargassum Sp.* And *Gracillaria Verrucosa* Using Different Solvents. *Jurnal Teknologi*, 78 (4-2): 78-87.
- Sucipto., Sukardi, Mahendra N. N., Arie F. M., (2007). Efek Pulsed Electric Field (Pef) Pada Rendemen Dan Kualitas Minyak Bunga Melati (*Jasminum sambac*). *Jurnal Teknologi Pertanian*. 6(2): 388-401
- Suda, K. H., Petrovykh, D. Y., Tarlov, M. J., dan Whitman, L. J. (2003). Base-dependent competitive adsorption of single-stranded DNA on gold. *Journal of the American Chemical Society*. 125(30): 9014-9015.
- Sugiyanto, M. K., Sumual, M. F., Djarkasi, G. (2020). Pengaruh Suhu Pasteurisasi terhadap Profil dan Aktivitas Antioksidan Puree Buah Naga Merah. *Jurnal Teknologi Pertanian*. 11(2): 102-115.
- Swieca, M., Sęczyk, L., Gawlik-Dziki, U., dan Dziki, D. (2014). Bread enriched with quinoa leaves-the influence of protein-phenolics interactions on the nutritional and antioxidant quality. *Food Chemistry*. 1(6): 54-62.
- Triasih, D., dan Priyadi, D. A. (2021). Kajian tentang Pengembangan Eggurt dengan Fortifikasi Edamame sebagai Agen Antioksidan. *Jurnal Peternakan Indonesia*. 23 (2): 108-114.
- Vorobiev E. and Lebovka N. (2008). Pulsed-Electric-Fields-Induced Effects In Plant Tissues: Fundamental Aspects And Perspectives of Applications. In E. Vorobiev & N. Lebovka. *Electrotechnologies For Extraction From Food Plants And Biomaterials* 6(4): 39-81.
- Yusnawan, E., dan Inayati, A. (2018). Antifungal activity of crude extracts of *Ageratum conyzoides*, *Cyperus rotundus*, and *Amaranthus spinosus* against rust disease. *Journal of Agricultural Science*. 40(3): 403-414.
- Winarno F. G. (1993). *Pangan: Gizi, Teknologi Dan Konsumen*. Gramedia Pustaka Utama.

Widowati W., Fauziah N., Herdiman H., Afni, M., Afifah E., Kusuma H. S. W., & Rihibiha D. D. (2016). Antioxidant And Anti Aging Assays of *Oryza Sativa* Extracts, Vanillin and Coumaric Acid. *Journal of Natural Remedies*, 16(3): 88-99.

Werdhasari A. (2014). Peran Antioksidan Bagi Kesehatan. *Jurnal Biotek Medisiana Indonesia*, 3(2): 59-68.

Wijana S. Nuris F., Arie F. M., (2016). Aplikasi Pulsed Electric Field (Pef) Sebagai Pretreatment pada Ekstraksi Biji Pinang (*Areca Catechu L*) Sebagai Sumber Antioksidan Alami (Kajian Besar Tegangan Dan Lama Waktu PEF). *Teknologi Industri Pertanian*. Universitas Brawijaya. Malang: Malang.

Wrolstad, R. E., Durst, R. W., dan Lee, J. (2005). Tracking color and pigment changes in anthocyanin products. *Trends in Food Science dan Technology*. 16(9): 423-428.