

**PROSES PENGAWETAN SARI BUAH APEL (*Mallus sylvestris* Mill)  
SECARA NON-TERMAL BERBASIS TEKNOLOGI  
OSCILLATING MAGNETING FIELD (OMF)**

*Non Thermal Preservation Process of Apple Cider Based on  
Oscillating Magnetizing Field (OMF) Technology*

Elok Kurnia Novita Sari\*, Bambang Susilo, Sumardi Hadi Sumarlan

\*Jurusan Keteknikan Pertanian - Fakultas Teknologi Pertanian - Universitas Brawijaya  
Jalan Veteran - Malang 65145  
Penulis Korespondensi: email elok.kurnia@yahoo.com

**ABSTRAK**

Teknologi medan magnet merupakan salah satu metode pengawetan non-termal dengan proses pemberian medan magnet. Teknologi medan magnet memanfaatkan medan magnet yang ditimbulkan oleh arus yang masuk pada kumparan untuk mematikan mikroba patogen pada makanan. Tujuan utama dari penelitian ini, adalah mendesain, melakukan uji coba serta mempelajari karakteristik dan pengaruh alat pasteurisasi non-termal yang diujicobakan pada sari buah apel. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan tiga faktor perlakuan, yaitu besarnya tegangan masukan ( $V$ ), lama perlakuan ( $t$ ) serta frekuensi masukan ( $f$ ). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa, adanya paparan medan magnet dapat memperbaiki kualitas serta memperpanjang umur simpan sari apel. Perlakuan tegangan 130 V dengan frekuensi 50 Hz pada lama perlakuan 25 menit, penurunan total mikroba mencapai 99.96% dengan total mikroba akhir 10 koloni/g. Selain itu, nilai pH dan total padatan terlarut sari apel relatif lebih stabil dan memiliki umur simpan yang lebih lama, dibandingkan kontrol dan perlakuan lainnya. Teknologi pengawetan pangan dengan paparan medan magnet tidak menyebabkan panas yang tinggi, sehingga tidak terjadi kehilangan dan kerusakan nutrisi pada bahan, sehingga proses pengawetan dengan teknologi ini dapat diaplikasikan pada proses pengawetan bahan pangan.

Kata kunci: pengawetan non-termal, pasteurisasi, teknologi medan magnet, mikroba patogen

**ABSTRACT**

*Magnetic technology is one method of non thermal preservation for preserving food uses the magnetic field. Food preservation based on oscillating magnetic field technology, worked by using magnetic fields generated from currents to coils. The magnetic field is generated, then used to kill microorganism cells that are pathogen in food. The main purpose of this research is to design and study the characteristics and working principles of pasteurization machine based on oscillating magnetizing field, that tested to apple cider. Research methods used are experimental method by three treatment factors, namely the input voltage magnitude ( $V$ ), the long treatment ( $t$ ) and the input frequency ( $f$ ). The results of this study showed that the allocation of the magnetic field can safe the quality and keep the shelf life of apple cider longer. At 130 V, frequency at 50 Hz for 25 minutes treatment time, the total of microorganisms decreased up to 99.96%, and the last microorganisms are 10 col/g. Moreover, the degree of acidity (pH) and total suspended solid of apple cider more stable and has shelf life longer than the others. Food preservation technologies by providing a magnetic field does not cause high heat, so no loss of nutrients and damage to the material. So that the preservation process with this technology can be applied to food preservation process.*

*Keywords: non thermal preservation, pasteurization, magnetic technology, pathogen microbial*

## PENDAHULUAN

Apel (*Malus sylvestris* Mill) adalah tanaman yang berasal dari daerah subtropis. Di Indonesia beredar dua jenis apel, yaitu apel impor maupun apel lokal. Terdapat empat varietas apel yang dikembangkan oleh petani, yaitu Manalagi, Anna, Rome beauty, dan Wangling. Pemanfaatan dan peningkatan nilai ekonomis terhadap apel lokal dapat dilakukan melalui diversifikasi produk. Salah satu produk olahan apel yang cukup dikenal yaitu sari apel. Sari apel merupakan salah satu produk yang memiliki umur simpan rendah, apabila disimpan pada suhu ruang. Oleh karenanya, hampir sebagian besar produsen sari apel menambahkan bahan-bahan tambahan sebagai pengawet dan melakukan pasteurisasi.

Pengawetan sari buah apel saat ini menggunakan pasteurisasi termal dengan pemanasan sari buah pada suhu 76–87.7 °C. Proses pasteurisasi termal ini ternyata tidak hanya menonaktifkan mikroorganisme patogen sari buah, tetapi juga dapat merusak kandungan gizi yang terkandung di dalam sari buah, kehilangan vitamin, kehilangan nutrisi esensial, dan perubahan warna, bau dan rasa. Fakta ini menunjukkan bukan hanya daya tahan makanan yang diperlukan tetapi kualitas juga penting untuk konsumsi masyarakat. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian dengan metode yang lain tanpa menggunakan panas (non-termal).

Metode non-termal yang sedang dikembangkan adalah penggunaan osilasi medan magnet (*Oscillating Magnetic Field/OMF*), yaitu proses pengolahan bahan pangan yang didasarkan pada aplikasi efek osilasi elektromagnetik terhadap pertumbuhan dan reproduksi mikroorganisme. Penggunaan medan magnet yang besarnya 5–50 T, jumlah energi yang dihasilkan setiap proses osilasi pada satu kutub pada DNA yaitu  $10^{-2}$  hingga  $10^{-3}$  eV. Getaran medan magnet akan menghambat pertumbuhan dan reproduksi dari mikroorganisme

Berpijak dari fakta di atas, maka perlu dilakukan penelitian tentang proses pengawetan sari apel yang didasarkan pada pasteurisasi non-termal dengan teknologi osilasi medan magnet. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain, melakukan uji coba serta mempelajari proses pasteurisasi pada media sari apel (*Malus sylvestris* Mill) berbasis teknologi medan magnet, sehingga

nantinya dapat diaplikasikan untuk menginaktivasi jamur yang bersifat patogen pada bahan pangan.

## BAHAN DAN METODE

### Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: adaptor, instrument penghasil medan magnet, multimeter, rangkaian pewaktu, osiloskop, refraktometer, visco-meter, pH meter, thermometer, teslameter, blender, gelas ukur, kain saring, dan wadah bahan.

### Bahan

Bahan yang digunakan adalah sari apel murni hasil perasan apel varietas Rome beauty.

### Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen, yaitu dengan melakukan percobaan untuk memperoleh data yang diperlukan. Penelitian ini menggunakan tiga faktor perlakuan, yaitu besar tegangan (V), lama perlakuan (t), dan besarnya frekuensi masukan (f). Tegangan masukan yang digunakan adalah 100 V ( $V_1$ ) dan 130 V ( $V_2$ ), dengan lama perlakuan 5 ( $t_1$ ), 10 ( $t_2$ ), 15 ( $t_3$ ), 20 ( $t_4$ ), dan 25 menit ( $t_5$ ). Dalam penelitian ini juga digunakan variasi frekuensi yaitu 40 Hz ( $f_1$ ), dan 50 Hz ( $f_2$ ).

### Pengujian Total Mikrob

Pengujian total mikrob dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan alat pasteurisasi dengan osilasi medan magnet dalam menginaktivasi mikroorganisme sari apel. Pengujian dilakukan dengan metode cawan dan mikrob yang telah tumbuh pada media dihitung dengan *colony counter*. Pengamatan total mikrob dilakukan pada sari buah apel sebelum mendapatkan perlakuan, dan setelah mendapatkan perlakuan, sehingga dapat diketahui bagaimanakan pengaruh osilasi medan magnet terhadap kematian mikrob.

### Kandungan Vitamin C

Tujuan pengamatan kandungan vitamin C adalah untuk mengetahui apakah proses osilasi yang diberikan, menyebabkan kerusakan vitamin C pada sari apel. Kandungan vitamin C, ditentukan dengan cara titrasi. Sebanyak 5 mL sari buah dipipet ke dalam Erlenmeyer 100 mL, lalu ditambahkan 20 mL air distilat dan beberapa

tetes larutan pati 1% sebagai indikator. Kemudian larutan dititrasi dengan larutan Iod setara dengan 0.88 mg asam askorbat.

#### **Total Padatan Terlarut**

Total padatan terlarut diukur dengan refraktometer. Setetes sampel diletakkan pada prisma refraktometer yang telah distabilkan pada suhu tertentu, yang kemudian dilakukan pembacaan. Sebelum dan sesudah digunakan, prisma refraktometer dibersihkan dengan alkohol. Total padatan terlarut dinyatakan dalam satuan persen (%). Pengamatan total padatan terlarut sari buah apel akan dilakukan setiap hari, sehingga dapat diketahui dimana waktu mulai terjadinya kerusakan sari buah apel.

#### **Uji Organoleptik**

Uji organoleptik dilakukan dengan menggunakan uji kesukaan terhadap, penampakan, aroma, dan rasa. Contoh disajikan secara acak kepada 20 orang panelis.

#### **Pendekatan Desain Perancangan Alat**

Pendekatan desain yang dilakukan mengacu pada penelitian-penelitian yang pernah dilakukan yaitu Perancangan Design *Oscillating Magnet Field* (OMF) oleh Barbosa dan Canovas (1998). Rancang bangun prototipe mesin alat pasteurisasi berbasis *Oscillating Magnet Field* terdiri dari empat komponen utama, yaitu:

#### **Sumber Tegangan DC**

Sumber tegangan DC yang digunakan berupa adaptor, yang dapat memberikan tegangan masukan sebesar 100 V dan 130 V. Tegangan yang dimaksudkan merupakan hasil keluaran dari adaptor yaitu tepat pada 100 V dan 130 V sehingga tegangan awal adaptor diatur diatas tegangan masukan yang diberikan. Sebagai contohnya pada

tegangan keluaran 30 V, tegangan awal adaptor berada pada posisi 33 V. Hal ini disebabkan karena, dalam arus listrik yang mengalir masuk selalu terdapat resistansi (hambatan), sehingga tegangan masukan tidak sesuai dengan tegangan keluaran yang dihasilkan.

#### **Instrumen Penghasil Medan Magnet**

Rangkaian ini dirancang untuk dapat dilalui tegangan masukan hingga 240 V. Solenoida inti belitan dibuat dari bahan inti transformator berbahan *silicon steel* yang ada terdapat di pasaran. Solenoida ini kemudian dililitkan pada ruang perlakuan yang berbentuk tabung dengan dimensi, tinggi 10 cm dan diameter 8.5 cm. Instrument penghasil medan magnet tersaji pada Gambar 1.

#### **Ruang Perlakuan (Treatment Chamber)**

Ruang perlakuan (*treatment chamber*) disesuaikan dengan produk yang ada di pasaran yang terbuat dari bahan *stainless steel* dan mampu menampung bahan yang berupa sari apel sebanyak 200 mL.

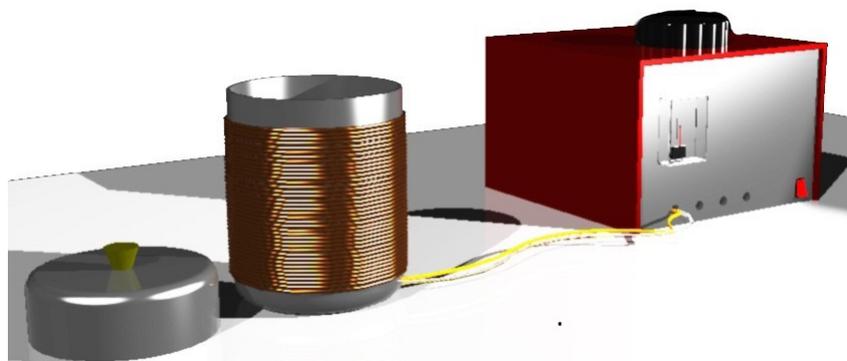
#### **Rangkaian Pewaktu**

Rangkaian pewaktu terdiri dari sebuah *timer* tipe Omron dan sebuah relay, yang dapat menghasilkan keluaran bentuk pulsa. Frekuensi yang digunakan yaitu 40 dan 50 Hz.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **Proses Kerja Pasteurisasi dengan Teknologi Osilasi Medan Magnet**

Proses pengawetan bahan pangan secara non-termal, yaitu dengan teknologi osilasi medan magnet, dikategorikan dalam proses pasteurisasi. Walaupun dalam prosesnya tidak melibatkan pemberian panas yang tinggi, namun prinsip utama



Gambar 1. Instrumen penghasil medan magnet

Tabel 1. Hasil perhitungan kuat medan magnet

Tegangan Masukan (Volt)	Kuat Arus (Ampere)	Intensitas Medan Magnet (Tesla)
100	9.45	4.8
130	12.65	6.7

dari pasteurisasi ada dalam proses ini. Prinsip utama dari pasteurisasi yaitu, tidak mematikan semua mikroorganisme, tetapi hanya yang bersifat patogen. Hal ini didukung oleh pernyataan Fellows (2000), bahwa proses pengawetan secara non-termal, merupakan salah satu proses pasteurisasi yang terbaik karena tidak mengurangi aktivitas pembentukan spora mikroorganisme secara keseluruhan. Proses pemberian medan magnet dilakukan dengan variasi waktu 5, 10, 15, 20, dan 25 menit.

Hal ini didasarkan pada penelitian pendahuluan yang telah dilakukan oleh penulis, bahwa efek medan magnet terhadap kematian mikroorganisme patogen, mulai terlihat pada perlakuan selama 5 menit. Pemberian medan magnet ditujukan untuk mematikan mikrob perusak yang ada pada bahan pangan. Efek pemberian medan magnet ini berpengaruh langsung terhadap aktivitas metabolisme sel. Semakin besar tegangan listrik yang digunakan dalam proses pasteurisasi maka semakin besar pula penurunan jumlah mikroorganisme.

Pada saat proses pasteurisasi dilakukan pengukuran suhu bahan, pada saat sebelum dan sesudah proses. Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah proses pemberian medan magnet menimbulkan panas tinggi, sehingga berefek kurang baik terhadap kualitas bahan. Selain itu, juga dilakukan pengukuran besarnya kuat arus yang masuk, seiring dengan bertambahnya nilai tegangan yang diberikan. Pengukuran besarnya kuat arus dilakukan dengan menggunakan alat amperemeter. Pengukuran kuat arus ini berfungsi dalam perhitungan besarnya kuat medan magnet yang dihasilkan.

Penelitian ini menggunakan sari apel segar, yang merupakan hasil perasan daging apel tanpa ada penambahan air dan bahan tambahan lainnya. Sari apel kemudian diletakkan pada *treatment chamber*, untuk mendapatkan perlakuan osilasi medan magnet. Sari apel yang telah mengalami perlakuan, kemudian dikemas dalam botol dengan penutup rapat, untuk kemudian dilakukan pengamatan.

### Pengujian Kuat Medan Magnet

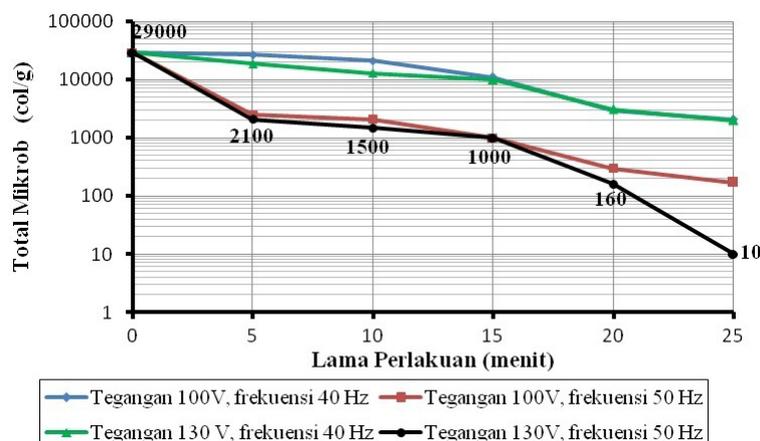
Pengujian besarnya kuat medan magnet dipengaruhi oleh besarnya tegangan masukan (volt), arus yang masuk serta banyaknya lilitan yang melingkupi *treatment chamber*. Alat pasteurisasi ini memiliki jumlah lilitan yang tetap namun tegangan yang diberikan berbeda-beda, sehingga nilai arus yang masuk juga berbeda. Pengukuran besarnya nilai kuat medan magnet berdasarkan variasi nilai tegangan yang masuk. Pengukuran kuat medan magnet dilakukan dengan menggunakan alat Tesla meter. Hasil pengukuran kuat medan magnet tersaji pada Tabel 1.

Berdasarkan hasil pengukuran kuat medan magnet, didapatkan nilai kuat medan magnet yang cukup besar. Nilai kuat medan magnet yang didapat, sangat dipengaruhi oleh tegangan masukan serta kuat arus yang masuk. Nilai kuat medan magnet yang dihasilkan cukup besar yaitu, 4.8 T untuk tegangan masukan 100 V dan 6.7 T pada tegangan masukan 130V. Nilai medan magnet ini, dirasa cukup mampu untuk melakukan inaktivasi mikrob. Janus *et al.* (2005), mengamati proses inaktivasi mikroorganisme, dengan penggunaan medan magnet sebesar 5 T. Hasil yang diperoleh yaitu, terjadi penurunan mikroorganisme hingga hingga 2 siklus log. Teknologi inaktivasi medan magnet diketahui dapat digunakan untuk memperbaiki kualitas dan meningkatkan umur simpan dari bahan pangan yang di pasteurisasi.

### Kualitas Fisik dan Kimia

#### Total Mikrob

Pengamatan total mikrob bertujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan alat pasteurisasi berbasis osilasi medan magnet dalam membunuh mikroorganisme patogen yang ada dalam bahan pangan. Total mikrob awal pada sari apel sebelum mendapat perlakuan cukup tinggi, yaitu  $2.9 \times 10^4$  koloni/g. Total mikrob tersebut belum sesuai dengan SNI 01-0222-1995, dimana maksimum total mikrob yang terdapat dalam minuman sari buah adalah  $2 \times 10^2$  koloni/g. Hasil pengamatan total mikrob



Gambar 2. Grafik penurunan total mikroba terhadap waktu perlakuan

pada sari apel setelah mendapat perlakuan osilasi medan magnet tersaji dalam Gambar 2.

Berdasarkan pengujian total mikroba sari apel, secara umum terjadi penurunan total mikroba pada semua perlakuan. Perlakuan tegangan 130 V dengan frekuensi 50 Hz, pada semua perlakuan waktu, terjadi penurunan total mikroba yang cukup signifikan. Pada lama perlakuan 20 menit, penurunan total mikroba mencapai 99,45% dengan total mikroba akhir sebanyak  $1,6 \times 10^2$  koloni/g. Sedangkan, pada lama perlakuan 25 menit, penurunan total mikroba mencapai 99,96% dengan total mikroba akhir 10 koloni/g.

Berdasarkan hasil pengujian, diketahui bahwa semakin besar tegangan listrik yang digunakan dalam proses pasteurisasi maka semakin besar pula penurunan jumlah mikroorganisme. Hal ini seperti yang dijabarkan oleh Barbosa (1998), bahwa besar penurunan mikroorganisme berbanding lurus dengan besar tegangan, jumlah pulsa dan waktu sterilisasi. Kematian mikroba akibat pemberian magnet diduga dipengaruhi oleh kerusakan struktur sel, seperti rusaknya membran sitoplasma sel. Meskipun secara alamiah membran sitoplasma mampu disintesis kembali tetapi dengan tegangan tinggi, kerusakan berbentuk lubang pada membran luar dari sel tidak mampu diperbaiki lagi, sehingga memungkinkan terjadinya mobilisasi senyawa makromolekul dari sel yang menyebabkan kematian. Proses osilasi medan magnet diduga menyebabkan terjadinya ionisasi beberapa garam-garam seperti  $Mg^{2+}$  dan  $Ca^{2+}$  yang terikat pada dinding sel ataupun yang membentuk bufer fosfat dimana tingkat sensitivitas terhadap kejutan listrik lebih besar (Alberts *et al.*, 2002).

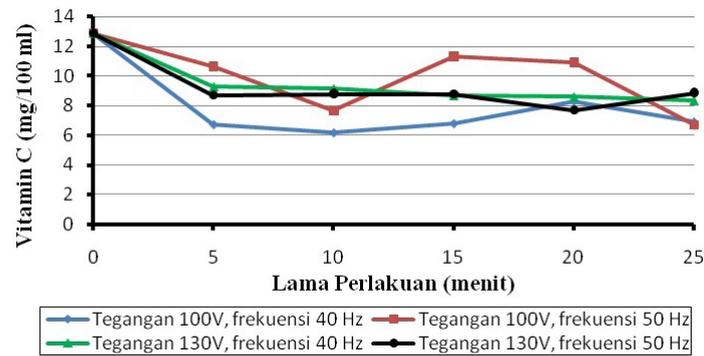
### Vitamin C

Apel varietas *Rome beauty* merupakan apel yang memiliki bentuk round dan round conical, dengan kulit tebal berwarna merah. Apel *Rome beauty* memiliki kandungan vitamin C cukup tinggi, yaitu 13,22 mg/100 gram (Debbie, 2010). Vitamin C merupakan vitamin yang paling mudah rusak, sehingga harus ditangani dengan baik. Vitamin C pada buah apel disintesa dari glukosa, dimana vitamin C akan mengalami penurunan selama penyimpanan. Salah satu penyebab penurunan kandungan vitamin C, disebabkan adanya aktivitas enzim asam askorbat oksidase.

Kandungan vitamin C dalam sari apel yang diperoleh dalam penelitian ini adalah 12,88 mg/100 mL. Hasil pengamatan terhadap perubahan vitamin C, setelah memperoleh perlakuan tersaji pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3, secara umum nilai vitamin C sari buah apel pada masing-masing perlakuan mengalami penurunan seiring meningkatnya pemberian tegangan masukan serta lama perlakuan. Hal ini dikarenakan vitamin C sangat larut di dalam air. Vitamin C juga mudah teroksidasi, dimana proses oksidasi tersebut dapat dipercepat oleh panas, sinar, alkali, enzim, oksidator serta oleh katalis tembaga dan besi. Vitamin sangat sensitif terhadap pemanasan, bahkan pemanasan yang tergolong ringan (sedikit di atas suhu kamar). Vitamin C juga mudah teroksidasi terutama bila terlarut dalam suatu pelarut, misalnya air (Widjanarko, 2008).

### Nilai pH

Nilai pH adalah suatu indikator yang penting dalam prinsip pengawetan bahan pangan. Untuk menentukan berapa



Gambar 3. Grafik kandungan vitamin C sari apel setelah perlakuan

drajat keasaman suatu larutan atau bahan, digunakan alat pH meter. Pasteurisasi adalah proses yang bertujuan untuk mengurangi jumlah mikroorganisme dalam produk dengan pemanasan. Pasteurisasi hanya cocok dilakukan untuk produk makanan dengan pH di bawah 4.2 (Bastian *et al.*, 2004). Proses pasteurisasi merupakan proses pemanasan dengan suhu yang relatif cukup rendah (dibawah 100 °C) dengan tujuan untuk menginaktivasi enzim dan membunuh mikroba pembusuk. Pemilihan proses ini didasarkan pada sifat produk yang relatif asam sehingga mikroba menjadi lebih sensitif terhadap panas (Syamsir, 2008).

Secara umum, nilai pH sari apel pada masing-masing perlakuan, baik kontrol maupun dengan perlakuan osilasi medan magnet, mengalami penurunan seiring lamanya penyimpanan. Nilai pH sari apel untuk kontrol pada penyimpanan jam ke - 0 sebesar 3.45, dan setelah 60 jam penyimpanan nilai pH menurun hingga 3.1. Pada perlakuan pemberian tegangan 100 V, penurunan nilai pH cukup drastis bila dibandingkan pada pemberian tegangan 130 V. Nilai pH sari apel pada pemberian tegangan 130 V mengalami kestabilan pada awal penyimpanan dan mengalami penurunan yang tidak terlalu drastis.

Penurunan nilai pH selama penyimpanan tidak terlalu tajam. Hal ini dikarenakan adanya penghambatan aktifitas bakteri pembentuk asam pada sari apel, sehingga pH sari apel menurun secara lambat. Menurut Barbosa dan Canovas (1998), medan magnet pada umumnya mempengaruhi arah migrasi dan mengubah pertumbuhan serta reproduksi mikroorganisme.

#### Total Padatan Terlarut (TPT)

Pengukuran total padatan terlarut (TPT) diukur dengan menggunakan refraktometer, dan dinyatakan dalam satuan

persen (%). Pengukurannya dilakukan dengan meletakkan setetes sampel pada prisma refraktometer yang telah distabilkan pada suhu tertentu, kemudian dilakukan pembacaan. Sebelum dan sesudah digunakan, prisma refraktometer dibersihkan dengan alkohol. Pengamatan perubahan total padatan terlarut (TPT) dilakukan setiap 12 jam. Tujuannya adalah untuk mengetahui perubahan perubahan nilai TPT sari apel, sehingga dapat diketahui tingkat keawetan sari apel.

Total padatan terlarut dalam penelitian ini mengalami peningkatan selama penyimpanan 12 jam pertama, kemudian stabil pada 12 jam kedua, dan mengalami penurunan pada 12 jam ketiga dan 12 jam keempat. Peningkatan total padatan terlarut pada sari apel selama penyimpanan dapat disebabkan oleh aktivitas mikroba. Peningkatan total padatan terlarut juga dapat disebabkan oleh meningkatnya aktivitas enzim pada saat proses perlakuan. Aktivitas enzim meningkat karena medan magnet dinyalakan, sehingga proses pembentukan gula sederhana juga meningkat. Peningkatan jumlah gula sederhana menyebabkan total padatan terlarut sari apel juga meningkat. Menurut Darmajana (2008), semakin tinggi konsentrasi enzim maka akan semakin tinggi total padatan terlarut, atau berarti semakin banyak gula sederhana yang dihasilkan.

Kandungan karbohidrat sari apel dapat dihidrolisis oleh mikroba yang menyebabkan konsistensi sari apel berubah dan terjadi peningkatan total padatan terlarut pada 12 jam pertama penyimpanan. Total padatan terlarut kemudian cenderung menurun pada 12 jam kedua dan ketiga. Hal ini disebabkan karena bertambahnya waktu penyimpanan. Substrat yang dihidrolisis semakin berkurang sehingga proses hidrolisis semakin menurun, dan akhirnya mengakibatkan penurunan total padatan terlarut.

### Perubahan Suhu Sari Apel

Proses pasteurisasi sari apel dengan teknologi osilasi medan magnet menyebabkan perubahan suhu pada sari apel. Menurut Barbosa dan Canovas (1998), temperatur makanan meningkat 2-5 °C dengan perubahan sifat organoleptik sangat kecil setelah perlakuan osilasi medan magnet. Namun, berdasarkan hasil pengamatan, diperoleh perubahan suhu sari apel antara 2-10 °C. Kisaran perubahan suhu ini terjadi akibat adanya penggunaan energi listrik yang cukup besar. Semakin besar tegangan masukan dan waktu perlakuan, maka energi listrik yang digunakan juga besar. Energi listrik yang besar ini menyebabkan panas yang cukup tinggi pada proses perlakuan. Suhu sari apel meningkat. Energi yang digunakan pada penelitian ini mencapai 1881.75 kJ, pada lama perlakuan 25 menit. Perubahan suhu sari apel untuk semua perlakuan disajikan dalam Gambar 4.

Gambar 4, menunjukkan bahwa suhu sari apel dengan perlakuan osilasi medan magnet mengalami kenaikan. Semakin lama waktu perlakuan, suhu sari apel mengalami peningkatan pula. Selain itu semakin besar tegangan keluaran yang digunakan, maka suhu sari apel juga semakin tinggi. Hal ini dikarenakan perubahan suhu yang dihasilkan merupakan akibat dari energi listrik yang digunakan. Energi yang tinggi berubah menjadi panas yang juga tinggi, sehingga mengakibatkan suhu sari apel mengalami kenaikan.

### Potential Decimal Reduction Time ( $D_v$ )

Potential Decimal Reduction Time ( $D_v$ ) adalah waktu yang diperlukan untuk menurunkan/membunuh mikroba sebanyak 90% pada tegangan yang konstan untuk

pengolahan bahan makanan cair dengan osilasi medan magnet. Menurut Zufall (2000), nilai  $D_v$  pada pasteurisasi *termal* merupakan waktu yang diperlukan untuk membunuh mikroba sebesar 90% dengan suhu konstan.

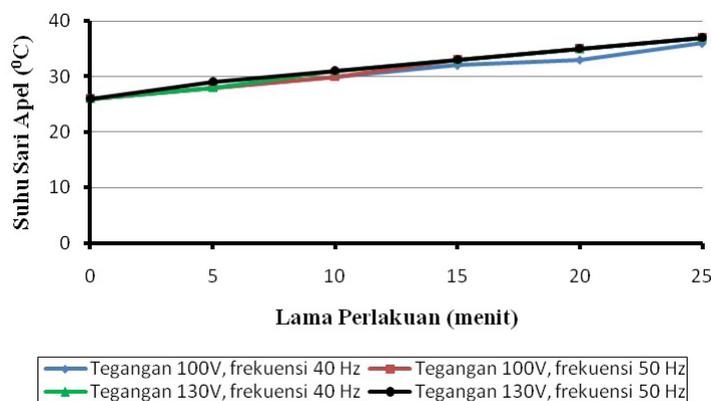
Besar nilai  $D_v$  bergantung pada jumlah mikroba awal ( $N_0$ ), jumlah mikroba akhir ( $N$ ) dan waktu pengolahan ( $t$ ), yang dapat digambarkan pada grafik semilogaritmik atau dalam persamaan sebagai berikut:

$$D_v = -\frac{t}{\log\left(\frac{N}{N_0}\right)}$$

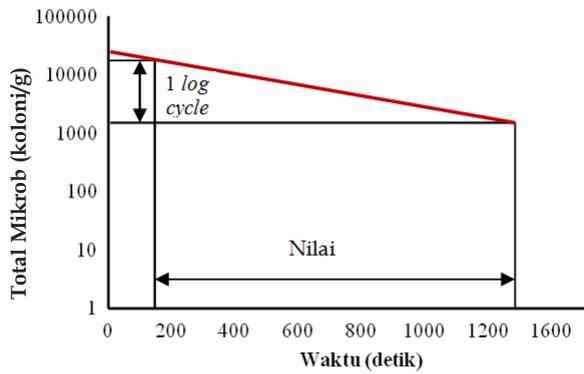
Jumlah mikroba awal pada sari apel adalah sebanyak  $2.9 \times 10^4$  koloni/g, setelah proses pasteurisasi dengan tegangan 100 V dengan frekuensi 40 Hz dan lama perlakuan 25 menit menyisakan jumlah mikroba sebanyak  $2.1 \times 10^3$  koloni/g. Efektivitas yang dicapai mencapai 92.76%, sehingga diharuskan menghitung nilai  $D$ . Perhitungan nilai  $D$  adalah sebagai berikut:

$$D_v = \frac{1500dt}{\log\left(\frac{2.1 \times 10^3}{2.9 \times 10^4}\right)} = 1315.58 \text{ detik}$$

Penggunaan osilasi medan magnet dirasa cukup efektif dalam proses inaktivasi mikroba. Penurunan total mikroba 1 siklus log, telah dicapai pada perlakuan tegangan 100 V dengan frekuensi 40 Hz, dan lama perlakuan 25 menit. Grafik *Potential Reduction Time* pada pemberian tegangan 100 V, frekuensi 40 Hz dan lama perlakuan 25 menit disajikan dalam Gambar 5. Pada pemberian tegangan 130 V dengan frekuensi 50 Hz dan lama perlakuan 25 menit, efektivitas pembunuhan mikroba



Gambar 4. Grafik suhu sari apel dengan perlakuan osilasi medan magnet



Gambar 5. *Decimal reduction time* pada tegangan 100V dan lama perlakuan 25 menit

mencapai 99.96% dengan total mikrob akhir  $1.0 \times 10^1$  koloni/g. Efektivitas penurunan ini telah mencapai 3 siklus logaritma, dengan nilai D sebesar 433.23 detik.

#### Kualitas Organoleptik Sari Apel

Kualitas organoleptik sari apel yang diamati meliputi warna, aroma dan kenampakan. Pengujian kualitas organoleptik yang dilakukan dengan uji perbedaan (*difference test*), yang berfungsi untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan teknologi osilasi medan magnet terhadap kualitas sari apel. Menurut Susiwi (2009), pengujian perbedaan digunakan untuk menetapkan apakah ada perbedaan sifat sensorik atau organoleptik antara dua contoh. Uji perbedaan dilakukan dengan tipe uji pasangan (*paired comparison*) dengan membandingkan karakteristik mutu organoleptik antara produk kontrol dengan produk yang memperoleh perlakuan teknologi osilasi medan magnet. Keandalan (reliabilitas) dari uji perbedaan ini tergantung dari pengenalan sifat mutu yang diinginkan, tingkat latihan panelis dan kepekaan masing-masing panelis.

Sari apel yang diuji (dinilai) dipilih dari sari apel yang memperoleh perlakuan teknologi osilasi medan magnet optimal. Pada pengujian ini dipilih sari apel dari perlakuan tegangan 130 V, frekuensi 50 Hz dengan lama perlakuan 20 dan 25 menit. Pemilihan perlakuan optimal ditentukan dari nilai total mikrob dan nilai pH sari apel. Hasil pengujian organoleptik kepada 20 orang panelis terdiri dari hasil secara kualitatif dan kuantitatif. Hasil pengujian kualitatif menunjukkan skala tingkat perbedaan dari masing-masing parameter kualitas organoleptik. Skala yang diberikan mempunyai kisaran antara

1-10, dimana makin tinggi skala tingkat perbedaan yang diberikan, maka semakin besar perbedaan antara dua produk yang disajikan. Sedangkan hasil pengujian secara kuantitatif menunjukkan persentase panelis yang menyatakan berbeda dan tidak berbeda.

Hasil uji organoleptik menunjukkan sari apel dengan perlakuan optimal memiliki umur simpan yang lebih lama dibandingkan perlakuan lainnya. Penurunan kesukaan panelis terhadap rasa, aroma dan penampakan mulai menurun setelah 3 hari penyimpanan. Penurunan kesukaan ini dapat disebabkan oleh aktivitas mikrob, yang selain meningkatkan keasaman juga mengakibatkan perubahan-perubahan kimiawi lainnya, yang mempengaruhi kualitas sari apel.

#### Mekanisme Teknologi Osilasi Medan Magnet dalam Menstabilkan Kualitas Fisik Sari Apel

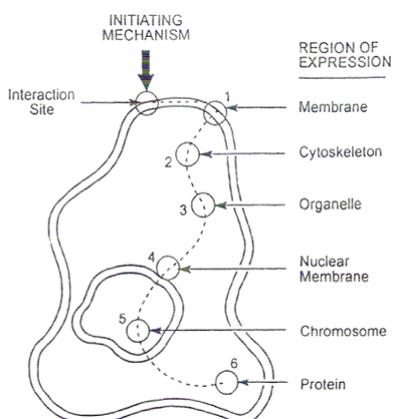
Kualitas fisik sari apel yang meliputi total mikrob, Vitamin C, pH, dan total padatan terlarut dapat stabil dengan adanya perlakuan osilasi medan magnet. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa nilai pH, total mikrob, Vitamin C dan total padatan terlarut sari apel dari perlakuan teknologi osilasi medan magnet mulai awal sampai akhir penyimpanan lebih stabil daripada sari apel kontrol. Mekanisme teknologi osilasi medan magnet dalam mempertahankan kualitas fisik sari apel meliputi mekanisme efek osilasi medan magnet terhadap mikroorganisme, mekanisme efek osilasi medan magnet terhadap enzim, dan pengaruh energi dari perlakuan osilasi medan magnet.

Mekanisme efek osilasi medan magnet terhadap mikroorganisme terlihat dari perubahan nilai total mikrob awal dan akhir dari sari apel. Berdasarkan hasil pengamatan, terjadi penurunan total mikrob yang cukup besar, setelah sari apel mendapat perlakuan osilasi medan magnet. Selain itu, efek osilasi medan magnet terhadap mikroorganisme juga terlihat dari perubahan nilai pH sari apel. Penurunan nilai pH sari apel yang disebabkan oleh bakteri pembentuk asam dapat dihambat dengan adanya pemberian osilasi medan magnet. Medan magnet menghambat aktivitas metabolisme bakteri pembentuk asam dengan cara memindahkan energi dari medan magnet ke ion-ion dalam sel bakteri pembentuk asam.

Pada resonansi siklotron, energi ditransfer secara khusus dari medan magnet ke ion-ion pada bakteri. Energi juga ditransfer ke aktivitas metabolik yang melibatkan ion. Perpindahan energi ke ion menghasilkan peningkatan kecepatan serta aliran ion-ion seperti  $\text{Ca}^{2+}$  melewati membran sel. Daerah interaksi medan magnet adalah jaringan sel yang kebanyakan dipengaruhi oleh medan magnet. Ion-ion membawa efek medan magnet dari daerah interaksi ke jaringan dan organ lainnya. Kematian sel-sel mikroba patogen akibat pemberian medan magnet diduga dipengaruhi oleh kerusakan struktur sel. Gambar 6 merupakan gambaran kerusakan dari bagian-bagian sel sebagai akibat dari perlakuan medan magnet.

Gambar 6 menunjukkan bahwa efek medan magnet pada akhirnya akan merusak protein dalam sel. Protein yang biasa digunakan sebagai nutrisi sel atau sebagai zat gizi organik yang berperan untuk pertumbuhan dan proses metabolisme sel, menjadi rusak dengan adanya pemberian medan magnet. Rusaknya protein dalam sel ini mengakibatkan terhambatnya proses metabolisme sel, sehingga aktivitas bakteri pembentuk asam dalam menghasilkan senyawa asam menjadi terganggu.

Proses pemberian medan magnet juga dapat menyebabkan terjadinya ionisasi beberapa garam-garam seperti  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{Ca}^{2+}$  yang terikat pada dinding sel. Ion kalsium mempunyai peran yang sangat penting dalam proses reproduksi, pertumbuhan dan penyembuhan luka pada sel. Akibatnya kekurangan ion ini, akan menyebabkan terhambatnya fungsi-fungsi dalam sel dan pada akhirnya menyebabkan kerusakan sel.



Gambar 6. Alur reaksi medan magnet pada sel (Barbosa, 1998)

Proses kematian sel akibat adanya medan magnet berbeda prosesnya dengan proses *termal* atau dengan panas dengan temperatur hingga melebihi 100 °C. Penggunaan temperatur tinggi untuk menginaktivasi sel menyebabkan lipid pada membran sel menjadi lebih cair. Fosfolipid juga menjadi lebih cair bila panas diterapkan, sehingga mengganggu integritas membran sel dan membuat sel bocor dan menyebabkan kematian sel (Iriawati, 2009). Dengan efek medan magnet, getaran-getaran magnet yang dihasilkan akan merusak fungsi dari bagian-bagian sel itu sendiri, sehingga menyebabkan kematian sel.

## SIMPULAN

Teknologi osilasi medan magnet (*Oscillating Magnet Field/OMF*), merupakan suatu proses pengolahan bahan pangan yang didasarkan pada aplikasi efek osilasi elektromagnetik terhadap pertumbuhan dan reproduksi mikroorganisme. Proses pasteurisasi dengan proses pemberian medan magnet, tidak memberikan efek panas terhadap bahan, dimana kenaikannya hanya sekitar 1–10 °C. Selain itu besarnya tegangan masukan sangat berpengaruh terhadap intensitas medan magnet, yang berbanding lurus. Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa proses pasteurisasi berbasis teknologi medan magnet, dapat diaplikasikan untuk menginaktivasi mikroorganisme patogen pada makanan tanpa menyebabkan perubahan rasa, aroma dan warna bahan pangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Albert B, Bray D, Lewis J, Raff M, Robert K, and James. 2002. *Biologi Molekuler Sel*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Barbosa and Canovas. 1998. 'Oscillating Magnetic Fields for Food Processing'. Dalam *Non Thermal Preservation of Foods*. Marcel Dekker Inc., New York
- Bastian, Februadi AB, Tawali A and Laga. 2004. Mempelajari Pengaruh Suhu Penyimpanan terhadap Mutu Buah Apel Varietas Red Delicious (*Malus sylvestris*). Dilihat tanggal 21 Januari 2012. <<http://www.scribd.com/doc/38305526/ringkasan-Februadi>>

- Zufall, Carsten and Wackerbauer, Karl. 2000. The biological impact of flash pasteurization over a wide temperature interval. *Journal of The Institute of Brewing*, 106(3): 153-168
- Darmajana, Doddy A., Agustina W dan Wartika. 2008. Pengaruh Konsentrasi Enzim  $\alpha$  - Amilase terhadap Sifat Fisik dan Organoleptik Filtrat Bubur Pisang (Bahan Pembuatan Tepung Pisang Instan). Dilihat tanggal 28 Februari 2012. <<http://lemlit.unila.ac.id/file/arsip%2009/SATEK%202008/VERSI%20PDF.bidang%208/VII-22-pdf>>.
- Debbie. 2010. Budidaya Tanaman Apel. Bandung. CV. Habsa Jaya, Bandung
- Fellows, P. 2000. *Food Processing Technology*. CRC Press, New York
- Holman. 2000. *Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies*. Dilihat tanggal 21 Januari 2012 <[http://www.introduction\\_torife.com/refandres/files/papers\\_articles/kinetics\\_of\\_microbial\\_inactiv4AFP/10%20-%20Oscillating%20Magnetic%20Fields.pdf](http://www.introduction_torife.com/refandres/files/papers_articles/kinetics_of_microbial_inactiv4AFP/10%20-%20Oscillating%20Magnetic%20Fields.pdf)>
- Iriawati. 2009. Struktur dan Fungsi Membran Sel. Dilihat tanggal 5 Mei 2012. <[www.sith.itb.ac.id/profile/pdf/iriawati/bahan-kuliah/bahan-2/strukturDanFungsiMembranSel-februari09.pdf](http://www.sith.itb.ac.id/profile/pdf/iriawati/bahan-kuliah/bahan-2/strukturDanFungsiMembranSel-februari09.pdf)>
- Lipiec J, Janas P, Barabasz W, Pysz M, and Pisulewski P. 2005. Effects of Oscillating Magnetic Fields Pulses on Selected Oat Sprouts Used For Food Purposes. *Acta Agrophysica*, 5(2): 357-365
- Susiwi. 2009. Penilaian Organoleptik. Dilihat tanggal 5 Mei 2012. <[http://file.upi.edu/Direktori/FPMIPA/JUR.PEND.KIMIA/195109191980032-SUSIWI/SUSIWI-32\).PenilaianOrganoleptik.pdf](http://file.upi.edu/Direktori/FPMIPA/JUR.PEND.KIMIA/195109191980032-SUSIWI/SUSIWI-32).PenilaianOrganoleptik.pdf)>
- Elvira S. 2008. Prinsip Pasteurisasi dan Sterilisasi Komersial. Dilihat tanggal 21 Januari 2012. <<http://id.shvoong.com/exact-sciences/1799738-prinsip-pasteurisasi-dan-sterilisasi-komersial/>>
- Widjanarko SB. 2008. Karakteristik Vitamin C. Dilihat tanggal 5 Mei 2102. <<http://simonbwidjanarko.wordpress.com>>