

PENGARUH PASTEURISASI TERHADAP KUALITAS JUS JERUK PACITAN

Hellen Retno Kusuma¹⁾, Tita Ingewati¹⁾, Nani Indraswati²⁾, Martina²⁾
E-mail: hannani@mitra.net.id.

ABSTRAK

Jeruk Pacitan adalah salah satu hasil perkebunan asli Indonesia dan menjadi hasil unggulan daerah Pacitan. Jeruk Pacitan mempunyai rasa yang manis, kandungan air yang banyak, dan memiliki kandungan vitamin C yang tinggi sehingga dapat dikonsumsi oleh masyarakat terutama anak-anak.

Jeruk dapat dikonsumsi dalam bentuk jus. Pada pembuatan jus jeruk dalam kemasan terlebih dahulu dilakukan pasteurisasi sebelum dikemas untuk mematikan mikroba dan menginaktifkan enzim-enzim yang menyebabkan reaksi pencoklatan.

Tujuan penelitian ini yaitu mempelajari pengaruh suhu dan waktu pemanasan pada proses pasteurisasi jus jeruk Pacitan serta menentukan kondisi terbaik agar didapatkan jus jeruk dengan jumlah mikroba sesuai SNI ($<2 \times 10^2$ koloni/ml jus jeruk) dan kadar vitamin C yang tinggi.

Pada penelitian ini sari buah (jus) jeruk Pacitan dipasteurisasi pada berbagai variasi suhu dan waktu. Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa semakin bertambahnya suhu dan waktu pemanasan, maka kualitas jus jeruk semakin menurun. Jumlah mikroba, kadar vitamin C, total acidity, dan % Brix akan menurun seiring bertambahnya suhu dan waktu pasteurisasi, tetapi warna dan pH semakin meningkat. Waktu dan suhu pasteurisasi yang terbaik adalah suhu 80°C selama 3,5 menit yaitu jus jeruk dengan jumlah mikroba $1,9 \times 10^2$ koloni/ml jus jeruk dengan kadar vitamin C = 0,6582 mg/ml jus jeruk.

Kata kunci : jus jeruk, pasteurisasi, jumlah mikroba, kadar vitamin C

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara beriklim tropis yang kaya akan hasil perkebunan meliputi buah-buahan dan sayur-sayuran. Jeruk manis Pacitan (*Citrus sinensis Osbeck*) adalah salah satu hasil perkebunan asli Indonesia, sekaligus menjadi hasil unggulan daerah Pacitan maupun nasional. Jeruk manis Pacitan mempunyai kedudukan tertinggi diantara jenis-jenis jeruk yang lain dan merupakan kunci bagi industri jeruk di Indonesia, karena merupakan bahan pembuatan minuman jeruk yang sangat baik^[1,2].

Jeruk manis Pacitan mempunyai rasa yang manis, kandungan air yang banyak, harganya terjangkau, dan memiliki kandungan vitamin C yang tinggi (berkisar 27-49 mg/100 gram daging buah) sehingga dapat dikonsumsi oleh seluruh lapisan masyarakat terutama anak-anak. Vitamin C bermanfaat sebagai antioksidan dalam tubuh, yang dapat membantu mencegah kerusakan sel akibat aktivitas molekul radikal bebas. Jeruk dapat dikonsumsi dengan berbagai cara antara lain dengan langsung dimakan buahnya dan dapat pula diminum dalam bentuk jus.

Dewasa ini minat konsumen akan jus jeruk dalam kemasan meningkat karena sangat praktis, mudah dikonsumsi, dan mengandung kandungan vitamin C alami yang tinggi. Jika jus jeruk Pacitan ini diproduksi dalam skala industri maka akan memberikan banyak manfaat, antara lain dapat meningkatkan pemanfaatan Sumber Daya Alam (SDA) jeruk Pacitan dan menambah pendapatan daerah Pacitan. Dalam pembuatan jus buah dalam kemasan, jus buah terlebih dahulu dipasteurisasi sebelum dikemas. Hal ini bertujuan untuk mematikan mikroba patogen (penyebab penyakit) dan mikroba pembusuk (jamur dan bakteri) yang terdapat pada jus buah. Selain itu pasteurisasi juga bertujuan untuk menginaktifkan enzim-enzim yang menyebabkan reaksi pencoklatan secara alami pada jus buah sehingga aman dikonsumsi dan tahan lama sebelum kemasan dibuka^[1].

Proses pasteurisasi jus jeruk dilakukan dengan cara pemanasan yang akan meningkatkan kualitas, baik nutrisi, rasa, dan warna dari jus jeruk tersebut. Suhu pemanasan yang terlalu tinggi dan waktu pemanasan yang

¹⁾ Mahasiswi di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

²⁾ Staf Pengajar di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

terlalu lama dapat mengakibatkan nutrisi dan vitamin yang terkandung dalam jus jeruk menjadi berkurang. Di sisi lain, jika suhu pemanasan terlalu rendah atau waktu pemanasan yang terlalu singkat, dikhawatirkan jumlah mikroba yang terdapat dalam jus masih cukup tinggi. Jus jeruk mengandung gula yang cukup untuk menumbuhkan mikroba, sehingga jika jus jeruk tidak dipasteurisasi dan dikemas dengan baik maka sangat mudah terkontaminasi oleh mikroba. Jus jeruk yang banyak mengandung mikroba tidak layak dikonsumsi manusia.

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh suhu dan waktu pasteurisasi terhadap kualitas jus jeruk manis Pacitan dan menentukan kondisi optimum pasteurisasi jus jeruk Pacitan agar didapatkan jus jeruk dengan jumlah mikroba yang sesuai SNI dengan kadar vitamin C yang tinggi. Sedangkan manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui suhu dan waktu pasteurisasi yang terbaik agar dihasilkan jus jeruk yang memiliki jumlah mikroba sesuai SNI dengan kandungan vitamin C yang tinggi.

TINJAUAN PUSTAKA

Jeruk manis (*Citrus sinensis*)

Jeruk merupakan salah satu buah yang bermanfaat bagi tubuh dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Umumnya buah jeruk dikonsumsi dalam bentuk buah atau minuman. Salah satu vitamin yang banyak terkandung dalam buah jeruk adalah vitamin C (asam askorbat). Kandungan vitamin C dalam buah jeruk sangat beragam antar varietas, berkisar antara 27-49 mg/100 gram daging buah. Sari buah jeruk mengandung berkisar 40-70 mg vitamin C per 100 ml, tergantung pada jenis jeruknya. Makin tua buah jeruk, umumnya kandungan vitamin C-nya makin berkurang, tetapi rasanya semakin manis^[2].

Jus Jeruk

Dalam proses pembuatan jus jeruk pada skala industri, umumnya dilakukan proses pasteurisasi terlebih dahulu sebelum dikemas. Pasteurisasi jus jeruk umumnya dilakukan pada suhu 80°C selama 30 detik^[3]. Hal ini bertujuan untuk mematikan mikroba pembusuk yaitu *mould* dan bakteri^[4]. Komposisi nutrisi yang terkandung dalam jus jeruk manis setiap 100

gram jus jeruk secara umum dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Jus Jeruk Manis Secara Umum^[5]

Komposisi	Kandungan (tiap 100 gram jus jeruk)
Kalori (kal)	44
Protein (g)	0,8
Lemak (g)	0,2
Karbohidrat (g)	1,0
Vitamin B (mg)	0,08
Vitamin C (mg)	49
Kalsium (mg)	19
Fosfor (mg)	16
Air (g)	0,2

Kualitas jus jeruk yang dikonsumsi harus mendekati jeruk alami. Parameter kualitas jus jeruk tersebut antara lain:

Jumlah mikroba

Faktor yang mempengaruhi berkembangnya mikroba dalam suatu media antara lain kandungan substrat (glukosa), suhu, dan derajat keasaman (pH). Jus jeruk memiliki pH asam yaitu sekitar 3,4. Pada pH tersebut, terdapat beberapa mikroba yang dapat tumbuh antara lain *yeast*, jamur, dan bakteri asam laktat. Mikroba tersebut dapat merusak jus jeruk. Semakin banyak mikroba yang terdapat dalam jus jeruk, maka nutrisi dalam jus jeruk semakin mudah rusak sehingga tidak dapat dikonsumsi oleh manusia^[4]. Menurut SNI No. 10-6019-1999, tentang sari buah jeruk, cemaran mikroba maksimal yang diijinkan adalah 2×10^2 koloni/ml jus jeruk^[6].

Vitamin C (Asam Askorbat)

Kandungan vitamin utama pada buah jeruk yang dibutuhkan oleh tubuh adalah vitamin C. Oleh karena itu, dalam memproduksi jus jeruk hendaknya produk jus yang dihasilkan mempunyai kualitas vitamin C yang tidak berbeda jauh dari buah aslinya. Vitamin C akan terdegradasi jika terkena udara (teroksidasi) dan pemanasan^[7].

Total acidity

Total acidity adalah jumlah total asam organik yang dapat dititrasi dengan larutan NaOH. Asam organik merupakan kandungan terbesar dalam jeruk yang dapat bereaksi dengan NaOH. Asam organik yang paling dominan

dalam jus jeruk adalah asam sitrat^[13,14]. Selain asam sitrat, asam organik lain yang terdapat dalam jus buah adalah *tartaric acid*, *malic acid*, *benzoic acid*, *oxalic acid*, dan *succinic acid*^[8].

Total acidity dalam jus buah berpengaruh terhadap kualitas rasa dari produk tersebut. Jika *total acidity* semakin tinggi maka rasa dari produk akan semakin asam. Umumnya *total acidity* dibandingkan dengan % Brix untuk mencapai cita rasa tertentu^[9].

Warna (*Browning*)

Warna oranye atau kuning pada jeruk disebabkan adanya pigmen warna *carotenoid*^[16]. Proses *browning* yang umumnya terjadi pada buah-buahan dan sayur-sayuran dapat menyebabkan terjadinya perubahan rasa, aroma, dan warna^[10]. Proses *browning* dapat terjadi dengan dua cara yaitu dengan *enzymatic* dan *non-enzymatic*.

Total soluble solid

Total soluble solid yang terkandung dalam jus jeruk dapat dinyatakan dengan %Brix^[10]. Kandungan *total soluble solid* yang terdapat dalam jus jeruk dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. *Total soluble solid* dalam Jeruk^[11]

Konstituen	Jumlah (% <i>total soluble solid</i>)
Karbohidrat	76
Asam organik	9,6
Asam amino bebas	5,4
Ion-ion anorganik	3,2
Vitamin	2,5
<i>Lipid constituents</i>	1,2
<i>Nitrogen bases</i> dan <i>glutathione</i>	0,9
<i>Flavonoids</i>	0,8
<i>Flavonoids</i>	0,38
<i>Volatile constituents</i>	0,013
<i>Carotenoids</i>	0,007
Enzim	

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa komponen *total soluble solid* yang terbesar adalah karbohidrat dan asam organik. Karbohidrat sendiri sebagian besar terdiri dari tiga macam gula yaitu *sucrose*, *glucose*, dan *fructose* dengan perbandingan 2:1:1, sehingga kandungan utama dalam *total soluble solid* pada jus jeruk adalah *sucrose*^[11].

%Brix sangat erat hubungannya dengan kualitas rasa pada produk yang dihasilkan. Perbandingan %Brix dan *total acidity*

menentukan cita rasa dari jus. Setiap pabrik umumnya menetapkan angka perbandingan %Brix dan *total acidity* yang berbeda-beda sesuai dengan kebijakan setiap pabrik, dan hal ini juga yang menyebabkan rasa dari setiap merk jus berbeda^[9].

Derajat keasaman (pH)

Jus jeruk pada umumnya memiliki pH sekitar 3,4. Dalam proses pemanasan (pasteurisasi) dan penyimpanan, jus jeruk dapat mengalami dua reaksi *browning* yaitu *Maillard browning* dan oksidasi asam askorbat yang keduanya dapat dibedakan berdasarkan pH jus jeruk^[12]. Oksidasi asam askorbat terjadi pada pH berkisar 2–5^[13], sedangkan *Maillard browning* dapat berlangsung pada suasana asam maupun basa walaupun pada kondisi basa *browning* berlangsung lebih cepat. Kecepatan reaksi *Maillard browning* bertambah seiring dengan kenaikan pH^[12].

Proses *Browning*

Proses *browning* atau pencoklatan adalah proses terbentuknya warna coklat pada bahan pangan secara alami atau karena reaksi tertentu dan tidak disebabkan oleh zat warna pada jus jeruk (*carotenoid*). Proses *browning* pada buah merupakan salah satu masalah utama yang mempengaruhi kualitas berbagai jus buah dan juga menyebabkan hilangnya nutrisi buah. Pada dasarnya proses *browning* dibagi menjadi dua yaitu *enzymatic browning* dan *non-enzymatic browning*^[10]. Metode yang paling umum untuk pengukuran indeks warna coklat pada proses *browning* adalah dengan menggunakan spektrofotometer UV-VIS berdasarkan absorbansi pada panjang gelombang 420 nm^[10,14].

Enzymatic browning

Enzymatic browning terjadi karena beberapa faktor antara lain senyawa *phenolic* dan enzim *Polyphenol Oxidase (PPO)* yang terdapat dalam buah, dengan adanya oksigen. *Enzymatic browning* hanya dapat terjadi pada buah dan sayur yang mengandung senyawa *phenolic* dan enzim yang dapat menyebabkan reaksi pencoklatan. Senyawa *phenolic* dengan adanya aktivitas enzim *PPO*, jika terkena udara (oksigen) akan teroksidasi menjadi *O-kuinon* yang kemudian terpolimerisasi menjadi *melanin*.

Melanin akan membentuk pigmen warna coklat (*brown pigment*). Proses *enzymatic browning* ini dapat menyebabkan perubahan tekstur, rasan, dan penurunan kualitas nutrisi. Enzim *PPO* dapat beraktivitas secara optimum pada pH berkisar antara 5-7^[15,16].

Non - Enzymatic browning

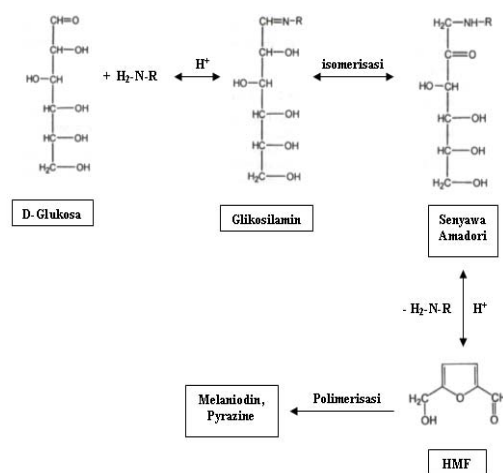
Non-enzymatic browning adalah proses pencoklatan yang terjadi karena bahan makanan dipanaskan atau disimpan. Peristiwa ini tidak memerlukan katalisator biologis seperti enzim. *Non-enzymatic browning* dapat dibagi menjadi tiga macam reaksi utama yaitu *Maillard browning*, karamelisasi, dan oksidasi asam askorbat^[12]. Dalam jurnal ini tidak dibahas tentang karamelisasi karena karamelisasi tidak terjadi dalam proses pasteurisasi jus jeruk.

Di dalam jus jeruk terjadi dua macam proses *non-enzymatic browning* secara bersamaan yaitu pencoklatan karena reaksi *Maillard* dan oksidasi asam askorbat. *Enzymatic browning* tidak terjadi pada jus jeruk yang telah dipasteurisasi (dipanaskan) karena proses pemanasan akan menonaktifkan enzim penyebab *browning* (*PPO*). Reaksi *Maillard browning* pada jus jeruk dikarenakan adanya kandungan gula reduksi (gugus karbonil) dan protein (gugus amino) yang bereaksi membentuk *melanoidin* atau pigmen coklat. Oksidasi asam askorbat mengakibatkan terbentuknya *furfural* yang membentuk pigmen berwarna coklat. Pada jus jeruk, oksidasi asam askorbat lebih dominan terjadi dibandingkan *reaksi Maillard* karena jus jeruk memiliki pH yang rendah (kondisi asam) yaitu berkisar 2-4 yang mengakibatkan *reaksi Maillard* berjalan lambat^[10].

Maillard browning

Maillard browning disebabkan karena adanya reaksi antara gugus karbonil dari gula reduksi dengan gugus amino dari asam amino atau protein membentuk *brown pigment*. Yang termasuk dalam gula reduksi antara lain monosakarida: glukosa atau fruktosa, dan disakarida: maltosa, atau laktosa. Gula non reduksi tidak dapat melakukan reaksi *Maillard* kecuali jika terlebih dahulu dilakukan hidrolisis atau fermentasi, yang mengakibatkan pecahnya ikatan glikosida sehingga dapat membebaskan monosakarida dengan gugus pereduksi.

Mekanisme reaksi *Maillard* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Reaksi *Maillard*^[12]

Reaksi *Maillard* berlangsung semakin cepat dengan kenaikan pH dan suhu. Mekanisme terjadinya reaksi *Maillard* melalui beberapa tahapan reaksi sehingga terbentuk pigmen berwarna coklat sebagaimana tersirat pada Gambar 1. Reaksi awal adalah terjadinya kondensasi pada gugus *aldehydic* dari gula dengan gugus amino yang menghasilkan *glycosylamine*. Selanjutnya, *glycosylamine* mengalami isomerisasi membentuk senyawa amadori. Senyawa amadori akan kehilangan amine (*deaminasi*) membentuk beberapa *dicarbonyl fragment*. Salah satu senyawa *dicarbonyl fragment* yang paling utama dalam reaksi *Maillard* adalah 5-(*hydroxymethyl*)-2-furaldehyde (*HMF*). Kemudian *HMF* mengalami polimerisasi menjadi senyawa berwarna coklat yang disebut *melanoidin* dan senyawa perusak rasa seperti *pyrazine*^[12,17].

Oksidasi Asam Askorbat

Nama kimia dari vitamin C adalah asam askorbat, sering juga disebut asam L-askorbat. Dalam reaksi biokimia asam askorbat berfungsi sebagai oksidator-reduktor, pembawa hidrogen, dan dapat menangkap radikal bebas^[18]. *L-ascorbic acid* bersifat tidak stabil, sensitif terhadap panas, dapat teroksidasi jika terkena udara dan suhu tinggi yang dapat menyebabkan vitamin C rusak.

Degradasi *L-ascorbic acid* dalam larutan bergantung dari beberapa faktor antara lain pH, suhu, dan oksigen. Dengan adanya oksigen dan

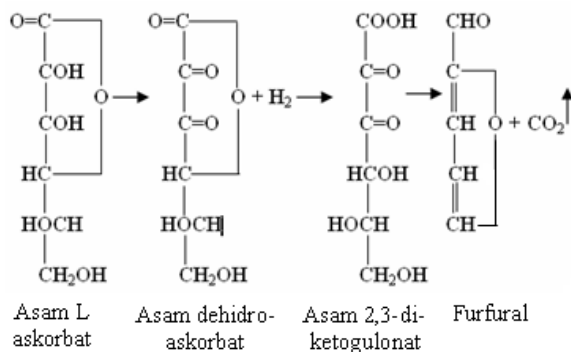
panas, *L-ascorbic acid* akan teroksidasi dengan kecepatan yang sebanding dengan kenaikan suhu. Larutan asam askorbat yang mengalami proses *browning* dapat dilihat dari warna larutannya yang semula berwarna kekuning-kuningan kemudian berangsur-angsur berubah warna menjadi kecoklatan^[7].

Proses oksidasi asam askorbat umumnya terjadi pada pH berkisar 2–5, dan pH yang paling optimum adalah berkisar 4–5^[13]. Pada pH lebih tinggi pencoklatan yang disebabkan karena oksidasi asam askorbat akan berkurang^[12], tetapi tetap akan terjadi reaksi pencoklatan dari reaksi *Maillard*.

Mekanisme degradasi vitamin C dapat berlangsung secara aerob dan anaerob. Melalui cara anaerob asam askorbat mengalami ketonisasi menjadi *keto-tautomer (keto-ascorbic acid)* yang kemudian mengalami *delaktonisasi* menjadi *diketogulonic acid*.

Dengan cara aerob, oksidasi dapat berlangsung dengan atau tanpa katalis. Kedua cara tersebut menghasilkan *dehydroascorbic acid*, yang selanjutnya akan mengalami degradasi lagi menjadi *2,3-diketogulonic acid*^[19]. Senyawa *2,3-diketogulonic acid* ini kemudian terdekomposisi membentuk *furfural* dan melepaskan CO₂. Senyawa *furfural* inilah yang membentuk pigmen berwarna coklat pada jus jeruk^[12]. Mekanisme reaksi oksidasi asam L-askorbat digambarkan pada Gambar 2.

Selain itu pembentukan warna coklat juga dapat disebabkan oleh karena banyaknya gugus karbonil pada *L-ascorbic acid* yang bersifat reaktif sehingga dapat terbentuk secara kompleks antara karbonil yang satu dengan



Gambar 2. Reaksi oksidasi asam L askorbat^[12]

yang lain, atau dapat pula bergabung dengan *amino acid* membentuk pigmen berwarna coklat^[13].

Pada larutan yang mengandung asam askorbat, asam sitrat ternyata juga memiliki peranan yang penting dalam pembentukan proses *browning*. Peristiwa ini tidak dipengaruhi oleh pH dan ketidak-hadiran asam sitrat tersebut tidak dapat digantikan oleh asam organik yang lain. Asam sitrat sangat berperan pada reaksi kimia dalam pembentukan zat warna coklat ketika berada pada kondisi asam.

Peranan asam sitrat pada larutan yang mengandung asam askorbat antara lain:

1. Sebagai katalis untuk meningkatkan kecepatan oksidasi asam askorbat menjadi gugus karbonil yang sangat reaktif;
2. Kehadiran asam sitrat dapat menyebabkan sebagian asam askorbat terpecah dan membentuk gugus karbonil yang bentuknya berbeda dari hasil oksidasi asam askorbat yang normal;
3. Asam sitrat terpecah dan hasil pecahan tersebut akan bergabung pada kelompok gugus karbonil;
4. Sebagai katalis pada pembentukan zat warna coklat;
5. Memiliki perilaku yang sama seperti asam amino dan bereaksi dengan beberapa hasil dari oksidasi asam askorbat membentuk zat warna coklat^[13].

METODE PENELITIAN

Prosedur Penelitian

Jeruk manis Pacitan dicuci, dikupas kulitnya, diambil bijinya, dan dimasukkan ke dalam ekstraktor untuk mendapatkan sari buah (jus) jeruk. Jus jeruk tersebut dianalisis kualitasnya. Jus jeruk kemudian dipanaskan pada tiga macam variasi suhu yaitu 70, 80, dan 90°C. Sampel diambil setiap selang waktu pemanasan tertentu, didinginkan dalam *ice bath* sampai dicapai suhu ruang, lalu dianalisis kembali kualitasnya. Dipilih kondisi optimum pasteurisasi yaitu suhu dan waktu pasteurisasi yang menghasilkan jumlah mikroba <2x10² koloni/ml jus jeruk (sesuai Standart SNI No. 10-6019-1999) dengan kadar vitamin C yang tinggi.

Analisis terhadap kualitas jus jeruk yang dilakukan meliputi jumlah mikroba, kadar vitamin C, *total acidity*, %Brix, warna, dan derajat keasaman (pH). Jumlah mikroba dihitung

dengan metode *Standart Plate Count (SPC)*, kadar vitamin C (dalam mg/ml jus jeruk) dengan metode iodimetri, *total acidity* dengan metode titrasi asam basa, %Brix ditentukan dengan refraktometer, warna diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 420 nm^[10,14,20], dan pH diukur dengan pH meter.

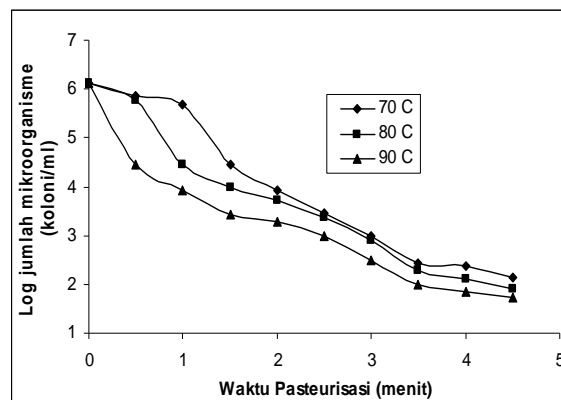
Mula-mula buah jeruk dicuci, dikupas kulitnya dan diambil bijinya, kemudian diambil sari jeruknya dengan menggunakan *juice extractor*. Selanjutnya dilakukan proses pasteurisasi jus jeruk yang bertujuan membunuh mikroba untuk memperpanjang umur simpan jus jeruk. Semakin banyak jumlah mikroba yang terdapat dalam jus jeruk, maka semakin tidak aman untuk dikonsumsi manusia. Jika mikroba semakin sedikit, maka umur simpan jus jeruk semakin panjang. Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk sari buah jeruk (SNI 10-6019-1999) menetapkan persyaratan batas cemaran mikroba total maksimal 2×10^2 koloni /ml jus jeruk.

Pada proses pasteurisasi, sampel jus jeruk dimasukkan dalam erlenmeyer 100 ml. Proses pasteurisasi dilakukan dengan memanaskan jus jeruk dalam *water bath* dengan variasi suhu pemanasan 70, 80, dan 90°C dalam kisaran waktu pemanasan 0,5 sampai 4,5 menit. Setelah dipanaskan, jus jeruk didinginkan sampai suhu ruang, kemudian dianalisis jumlah mikroba, kadar vitamin C, *total acidity*, *total soluble solid* (%Brix), warna, dan pH.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Jumlah Mikroba

Untuk penentuan jumlah mikroba total pada penelitian ini digunakan media *SDA (Sabouraud's Dextrose Agar)* ini karena *SDA* memiliki pH yang sesuai dengan pH jus jeruk Pacitan. pH jus jeruk Pacitan berkisar 5,3–5,9 dan pH *SDA* sekitar $5,6 \pm 0,2$. Dengan pemilihan media yang mempunyai pH sesuai dengan jus jeruk, diharapkan jenis mikroba yang dapat tumbuh pada jus jeruk sama dengan jenis mikroba yang dapat tumbuh pada media *SDA*. Jenis mikroba yang umumnya terdapat dalam jus jeruk adalah *mould*, *yeast*, dan *lactic acid bacteria*^[4]. Hubungan antara waktu pasteurisasi terhadap jumlah mikroba (mikroorganisme) dalam jus jeruk pada berbagai suhu disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan antara waktu terhadap jumlah mikroba (mikroorganisme) dalam jus jeruk pada berbagai suhu pasteurisasi.

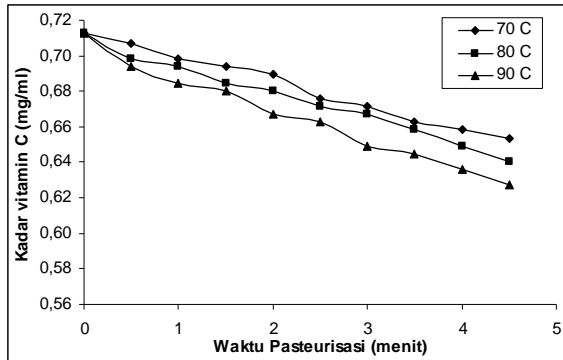
Pada Gambar 3 tersebut, dapat dilihat bahwa jumlah mikroba pada jus jeruk menurun seiring bertambahnya suhu dan waktu pemanasan karena mikroba akan mati apabila terkena suhu tinggi. Pada waktu pemanasan yang sama, jika suhu pemanasan semakin tinggi maka jumlah mikroba semakin sedikit. Dengan semakin tingginya suhu pasteurisasi, ternyata diperlukan waktu pasteurisasi yang lebih singkat untuk mencapai jumlah mikroba tertentu. Jumlah mikroba dalam jus jeruk mula-mula sebanyak $1,3 \times 10^6$ koloni/ml. Setelah mengalami pemanasan selama 4,5 menit pada suhu 70°C jumlah mikroba dalam jus jeruk berkurang menjadi $1,4 \times 10^2$ koloni/ml, pada suhu 80°C menjadi $8,3 \times 10^1$ koloni/ml, dan pada suhu 90°C menjadi $5,5 \times 10^1$ koloni/ml.

Disamping mengurangi jumlah mikroba, proses pasteurisasi yang dilakukan ternyata juga mengakibatkan penurunan kualitas jus jeruk yaitu menurunnya kadar vitamin C, *total acidity*, %Brix, serta meningkatnya warna, dan pH dengan bertambahnya waktu dan suhu pasteurisasi.

Vitamin C

Kadar vitamin C dalam jus jeruk setelah dipasteurisasi disajikan pada Gambar 4. Suhu pasteurisasi yang semakin tinggi serta waktu pasteurisasi yang semakin lama menyebabkan kadar vitamin C dalam jus jeruk semakin rendah. Kadar vitamin C mula-mula dalam jus jeruk sebesar 0,7129 mg/ml. Selama proses pasteurisasi dengan waktu 4,5 menit pada suhu

70°C kadar vitamin C berkurang menjadi 0,6538 mg/ml (atau menurun sekitar 8,29%), pada suhu 80°C menjadi 0,6404 mg/ml (mengalami penurunan sebesar 10,17 %), dan pada suhu 90°C menjadi 0,6271 mg/ml (atau berkurang sebesar 12,04 %) yang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan antara waktu pasteurisasi terhadap kadar vitamin C untuk berbagai suhu pasteurisasi.

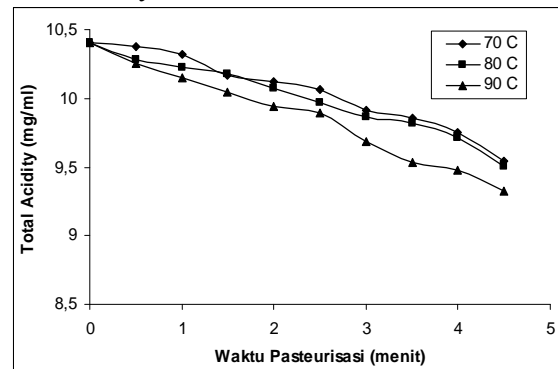
Penurunan kadar vitamin C disebabkan karena asam askorbat bersifat tidak stabil dan sensitif terhadap panas serta akan teroksidasi jika terkena udara dan suhu tinggi^[7]. Oksidasi asam askorbat akan mengubah asam askorbat menjadi *dehydroascorbic acid*^[7,18,21,22,23]. Selain itu oksidasi asam askorbat juga dipengaruhi oleh cahaya, dan kondisi penyimpanan. Semakin tinggi suhu pasteurisasi dan penyimpanan, kecepatan oksidasi *asam askorbat* akan meningkat. Oleh karena itu, semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu pasteurisasi dan penyimpanan, penurunan kadar vitamin C terlihat semakin besar.

Total Acidity

Kadar *total acidity* jus jeruk pada proses pasteurisasi disajikan pada Gambar 5. Dari Gambar 5, terlihat *total acidity* dari kondisi mula-mula 10,4046 mg/ml akan mengalami penurunan setelah pasteurisasi selama 4,5 menit pada suhu 70°C menjadi 9,5473 mg/ml, pada 80°C menjadi 9,5046 mg/ml, dan pada 90°C menjadi 9,3235 mg/ml.

Total acidity adalah jumlah total asam organik yang dapat dititrasi dengan larutan NaOH. *Total acidity* dinyatakan sebagai asam sitrat, karena asam sitrat merupakan kandungan asam organik terbesar dalam jeruk^[13]. Selain asam sitrat, asam organik lain yang terdapat dalam jus jeruk adalah *malic acid*, *tartaric acid*, *benzoic acid*, dan *succinic acid*^[8].

Total acidity jus jeruk berkurang dengan bertambahnya waktu dan suhu pemanasan karena asam sitrat berpartisipasi dalam reaksi kimia pembentukan pigmen coklat^[13]. Selain itu, pengurangan *total acidity* juga disebabkan adanya oksidasi asam askorbat yang merupakan bagian dari *total acidity*. Semakin tinggi suhu pasteurisasi, maka reaksi yang melibatkan asam organik tersebut berlangsung lebih cepat. Hal ini menyebabkan *total acidity* pada proses pasteurisasi menurun lebih cepat seiring dengan bertambahnya suhu.



Gambar 5. Hubungan antara waktu pasteurisasi terhadap *total acidity* untuk berbagai suhu

Warna

Perubahan warna jus jeruk dari warna kuning menjadi kecoklatan disebut *browning reaction*. Pada dasarnya ada dua macam *browning reaction*, yaitu *enzymatic browning* dan *non-enzymatic browning*.

Enzymatic browning disebabkan oleh adanya enzim PPO (*Polyphenol Oxidase*) yang terdapat pada buah dan sayur. Reaksi *browning* yang terjadi pada jus jeruk yang telah dipasteurisasi adalah *non enzymatic browning*, karena enzim PPO menjadi non-aktif ketika jus jeruk tersebut dipanaskan^[10].

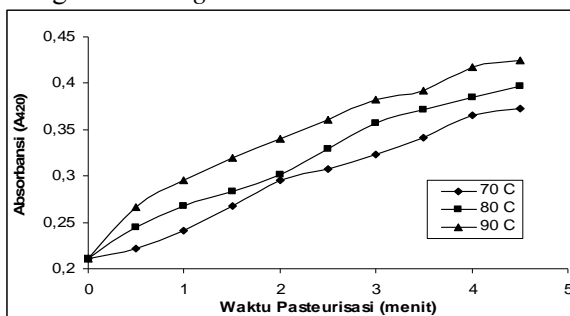
Reaksi *non-enzymatic browning* yang terjadi pada penelitian ini adalah reaksi oksidasi asam askorbat dan *Maillard*. Selain itu, warna coklat juga dapat disebabkan karena reaksi senyawa asam sitrat pada jus jeruk menyebabkan terbentuknya *brown pigment*.

Oksidasi asam askorbat dapat merubah warna jus jeruk dari kuning menjadi kecoklatan. Asam askorbat teroksidasi membentuk *dehydroascorbic acid* dan akan teroksidasi lebih lanjut menjadi *2,3-diketogulonic acid*. Senyawa *2,3-diketogulonic acid* kemudian terdekomposisi

menjadi *furfural* yang membentuk pigmen berwarna coklat dan melepaskan CO_2 ^[12].

Reaksi *Maillard browning* adalah reaksi antara gugus karbonil dari gula reduksi dengan gugus amino dari asam amino atau protein membentuk *brown pigment* yang disebut *melanoidin*^[12,16,21]. Jus jeruk mengandung karbohidrat dan asam amino. Karbohidrat yang terdapat dalam jus jeruk sebagian besar adalah *sucrose*, *glucose*, dan *fructose*^[11]. *Glucose* dan *fructose*, merupakan gula reduksi yang dapat berperan aktif dalam reaksi *Maillard* dengan bereaksi dengan asam amino atau protein dalam jus jeruk membentuk pigmen coklat.

Perubahan warna jus jeruk yang terjadi selama proses pasteurisasi dapat ditunjukkan dengan semakin naiknya absorbansi (A_{420}) jus jeruk sebagaimana disajikan pada Gambar 6. Dari penelitiannya, KOCA (2003)^[10] juga memperoleh kesimpulan bahwa *soluble brown pigment* dalam jeruk yang terbentuk dari reaksi *non-enzymatic browning* dapat diukur dengan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 420 nm. *Brown pigment* tersebut bukan terdiri dari senyawa murni melainkan campuran heterogen bermacam-macam senyawa polimer^[21]. Oleh karena itu absorbansi pada panjang gelombang 420nm (A_{420}) digunakan sebagai *browning index*^[10,14,20].



Gambar 6. Hubungan antara waktu pasteurisasi terhadap absorbansi untuk berbagai suhu pasteurisasi

Browning reaction berlangsung lebih cepat seiring dengan bertambahnya suhu^[12,17]. Suhu pasteurisasi yang semakin tinggi serta waktu pasteurisasi yang semakin lama, menyebabkan warna jus jeruk semakin coklat yang ditunjukkan oleh harga A_{420} yang meningkat.

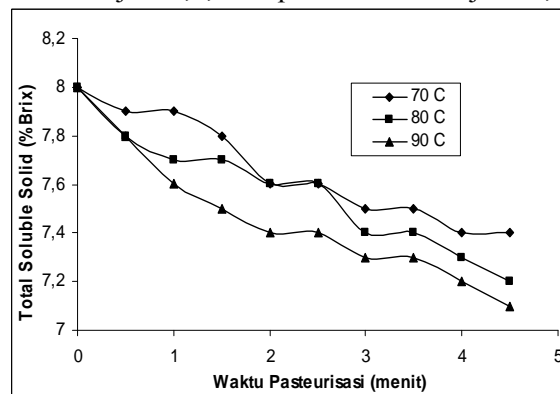
Dari gambar 6 terlihat bahwa dengan adanya pasteurisasi selama 4,5 menit terjadi peningkatan warna dari kondisi mula-mula A_{420}

sebesar 0,211 menjadi 0,373 pada 70°C; 0,397 pada suhu 80°C, dan 0,425 pada suhu 90°C.

Total soluble solid (%Brix)

Total soluble solid dalam jus jeruk terdiri dari karbohidrat, asam organik, dan beberapa kandungan lainnya, dengan karbohidrat sebagai komponen utamanya. Kadar *total soluble solid* dalam jus jeruk dinyatakan sebagai %Brix^[11]. Reaksi *Maillard browning* yang terjadi pada jus jeruk adalah reaksi antara gula reduksi dan asam amino atau protein. Berkurangnya kandungan gula reduksi akibat reaksi *Maillard* menyebabkan berkurangnya kandungan *total soluble solid* (%Brix). Hal tersebut disebabkan karena reaksi *Maillard* berlangsung lebih cepat seiring dengan bertambahnya suhu, untuk waktu pasteurisasi yang semakin lama serta suhu pasteurisasi yang semakin tinggi terlihat %Brix semakin berkurang sebagaimana disajikan pada Gambar 7.

Dari Gambar 7 dapat dilihat bahwa %Brix jus jeruk pada kondisi mula-mula sebesar 8,0. Setelah dipasteurisasi selama 4,5 menit pada suhu 70°C, %Brix menurun menjadi 7,4, pada 80°C menjadi 7,2, dan pada 90°C menjadi 7,1.



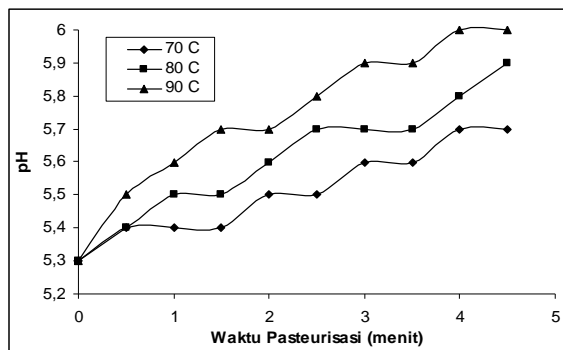
Gambar 7. Hubungan antara waktu pasteurisasi terhadap total soluble solid untuk berbagai suhu pasteurisasi

Kadar *total soluble solid* (yang dinyatakan dengan %Brix) sangat erat kaitannya dengan *total acidity* dalam menjaga rasa jus jeruk. Perbandingan %Brix dan *total acidity* menentukan cita rasa jus. Setiap produsen jus jeruk memiliki standar angka perbandingan %Brix dan *total acidity* yang berbeda-beda^[9]. Hal ini juga yang menyebabkan rasa dari setiap merk jus berbeda.

pH

Perubahan pH jus jeruk pada proses pasteurisasi dapat dilihat pada gambar 8. Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa dengan adanya proses pasteurisasi, pH jus jeruk mengalami kenaikan. Pada kondisi mula-mula pH jus jeruk 5,3. Setelah dipasteurisasi selama 4,5 menit pada suhu 70°C; pH meningkat menjadi 5,7; pada 80°C menjadi 5,9; dan pada 90°C menjadi 6,0.

Kenaikan pH ini dapat disebabkan berkurangnya *total acidity* seperti telah dijelaskan pada sub bahasan *total acidity* di atas. Peningkatan pH menyebabkan reaksi *Maillard browning* berlangsung lebih cepat^[12]. Karena pH jus jeruk Pacitan mengalami kenaikan selama proses pasteurisasi yaitu berkisar antara 5,3-6,0; maka dapat diprediksikan bahwa proses *browning* yang terjadi akibat reaksi *Maillard* lebih dominan daripada *browning reaction* yang lain.



Gambar 8. Hubungan antara waktu pasteurisasi terhadap pH untuk berbagai suhu pasteurisasi.

Dari berbagai data penelitian yang telah dilakukan, hasil yang didapatkan ternyata memiliki kecenderungan yang sama dengan hasil penelitian yang dilakukan berbagai ilmuwan. Pada proses pasteurisasi jus jeruk yang dilakukan Manso (2001)^[22], hasil yang diperoleh adalah semakin naiknya warna dan pH dalam jus jeruk ketika suhu dan waktu pemanasan semakin tinggi. Dalam penelitiannya, Vikram dkk. (2004)^[23] menyatakan bahwa semakin tinggi suhu pemanasan, maka degradasi vitamin C dalam jus jeruk semakin cepat. Untuk penurunan kandungan *total soluble solid*, Canumir (2002)^[24] juga mendapatkan hasil yang serupa yaitu kandungan *total soluble solid* akan semakin menurun seiring dengan bertambahnya suhu dan waktu pasteurisasi.

Kondisi optimum pasteurisasi jus jeruk

Setelah proses pasteurisasi dilakukan, dipilih kondisi optimum pasteurisasi yaitu suhu dan waktu pemanasan jus jeruk yang menghasilkan jumlah mikroba $<2 \times 10^2$ koloni/ml (sesuai dengan SNI) dan memiliki kandungan vitamin C tertinggi. Data penelitian pasteurisasi yang menghasilkan jus jeruk dengan jumlah mikroba $<2 \times 10^2$ koloni/ml dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kondisi pasteurisasi yang menghasilkan jus jeruk sesuai dengan SNI ($<2 \times 10^2$ koloni/ml)

Suhu (°C)	Waktu (menit)	Jumlah mikro-organisme (Koloni/ml)	Kadar vit C (mg/ml)	Total acidity (mg/ml)	% Brix
70	4,5	$1,4 \times 10^2$	0,6538	9,5473	7,4
	3,5	$1,9 \times 10^2$	0,6582	9,8145	7,4
80	4	$1,3 \times 10^2$	0,6493	9,7111	7,3
	4,5	$8,3 \times 10^1$	0,6404	9,5046	7,2
90	3,5	$1,0 \times 10^2$	0,6449	9,5296	7,3
	4	$7,1 \times 10^1$	0,6360	9,4781	7,2
	4,5	$5,5 \times 10^1$	0,6271	9,3235	7,1

Dari Tabel 3 terlihat bahwa proses pasteurisasi dengan suhu 80°C selama 3,5 menit merupakan kondisi optimum dimana jus jeruk memiliki kandungan vitamin C tertinggi yaitu 0,6582 mg/ml dengan jumlah mikroba $<2 \times 10^2$ koloni/ml jus jeruk.

KESIMPULAN

Dari proses pasteurisasi jus jeruk selama 4,5 menit pada suhu 70, 80, dan 90°C dapat disimpulkan bahwa:

1. Semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu pasteurisasi didapatkan bahwa jumlah mikroba, vitamin C, *total acidity*, dan %Brix semakin menurun. Sedangkan warna dan pH semakin meningkat. Semakin tinggi suhu pasteurisasi, untuk mencapai nilai kualitas tertentu dibutuhkan waktu pasteurisasi yang semakin singkat;
2. Kondisi pasteurisasi optimum jus jeruk agar didapatkan jus jeruk dengan jumlah mikroba sesuai SNI dengan kandungan vitamin C yang paling tinggi adalah jus jeruk pada pemanasan suhu 80°C selama 4,5 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, "Jangan Terkecoh oleh Minuman Jus Buah", <http://www.info-sehat.com/content>, 2006, diakses tanggal 20 Nopember 2006.

- [2] Anonim, "Spesies Jeruk Komersial", <http://www.citrusindo.org/index.php>, 2007, diakses tanggal 6 Maret 2007.
- [3] Anonim, "Jeruk Lebih Baik dari Tablet Vitamin C", <http://www.keluargasehat.com/keluarga-gizi.php>, 2006, diakses tanggal 23 Oktober 2006
- [4] Polydera, A. C., Stoforos, N. G., and Taoukis, P. S., "Comparative Shelf Life Study and Vitamin C Loss Kinetics in Pasteurised and High Pressure Processed Reconstituted Orange Juice", *Journal of Food Engineering*, Vol. 60, hlm.21-29, 2003
- [5] Prawiranegara, D.D., *Daftar Komposisi Bahan Makanan*, Penerbit Bhratara: Jakarta, 1996
- [6] SNI 10-6019-1999, *Sari Buah Jeruk*, Badan Standardisasi Nasional: Jakarta, 1999
- [7] Kuellmer, Volker., *Ascorbic Acid In: Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*", John Wiley and Sons, New York, 2001
- [8] Karadeniz, Feryal., "Main Organic Acid Distribution of Authentic Citrus Juice in Turkey". *Turk J Agric For* , Vol. 28, hlm.267-271, 2004
- [9] Crandall, Philip., *Fruit and Vegetable Juica Products In: Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 2002
- [10] KOCA, Nuray, Burdurlu, Hande Selen, and Karadeniz, Feryal., "Kinetics of Nonenzymatic Browning Reaction in Citrus Juice Concentrates During Storage", *Turk J Agric For*, Vol. 27, hlm.353-360, 2003
- [11] Ashurst, P. R., *Production and Packaging of Non Carbonated Fruit Juices and Fruit Beverages*, Edisi Kedua, Hlm. 58-59, Aspen Publishers,inc., Garthersburg, Maryland, 1999
- [12] Tranggono dan Sutardi, *Biokimia dan Teknologi Pasca Panen*, Hlm. 185-216, Pusat Antara Universitas Pangan dan Gizi Universitas Gajah Mada: Yogyakarta, 1990
- [13] Clegg, K. Mary, "Citric Acid and The Browning of Solutions Containing Ascorbic Acid", *Journal Science Food Agricultural*, Vol. 17, 1966
- [14] Rattanathanalerk, Marisa, Chiewchan, Naphaporn, dan Srichumpoung, Walaiporn, "Effect of Thermal Processing on The Quality Loss of Pineapple Juice". *Journal of Food Engineering*, Vol. 66, hlm. 259-265, 2005
- [15] Anonim, "Enzymtic Browning". http://www.courses.psu.edu/fd_sc/fd_sc400.jnc3/carbs/brown.htm, 2006, diakses tanggal 5 Januari 2007
- [16] Guerrero-Beltran, Jose A., Swanson, Barry G., Barbosa-Cavonas, Gustavo V. "Inhibittion of Polyphenoloxidase in Mango Puree with 4-Hexylresorcinol, Cysteine and Ascorbic Acid", *Lebensm-Wiss.u-Technol*, 2006
- [17] Richardson, Philip., *Thermal Technologies in Food Processing*, Hlm. 139-141, Woodhead Publishing Limited, Abington Hall, Abington Cambridge CBI 6 AH: England London, 2004
- [18] Vernin, Gaston, "Thermal Decomposition of Ascorbic Acid", *Carbohydrate Research*, Vol. 305, Hlm. 1-15, 1998
- [19] Vieira, Margarida C., Teixeira, A.A., Silva, C.L.M., "Mathematical Modelling of the Thermal Degradation Kinetics of Vitamin C in Cupuacu (*Theobroma grandiflorum*) Nectar", *Journal of Food Engineering*, Vol. 43, Hlm.1-7, 2000
- [20] Geveke, David J., dkk., "Radio Frequency Electric Fields Processing of Orange Juice", *Innovative Food Science and Emerging Technologies (artikel in press)*, 2007
- [21] Anonim, "Process for Microwave Browning, Composition Used for Same and Product Produced thereby", <http://www.patentstorm.us/patents/5069916.html>, 1991, diakses tanggal 25 Mei 2007
- [22] Manso, Maria C, "Modelling Ascorbic Acid Thermal Degradation and Browning in Orange Juice under Aerobic Condition". *International Journal of Food Science and Technology*, Vol. 36, Hlm.303-312, 2001
- [23] Vikram, V. B., "Thermal Degradation Kinetics of Nutrients in Orange Juice Heated by Electromagnetic and Conventional Methods", *Journal of Food Engineering (artikel in press)*, 2004
- [24] Canumir, Juan A., dkk., "Pasteurisation of Apple juice by Using Microwaves". *Lebensm Wiss.u-Technol* Vol. 35, Hlm. 389-392, 2002