

# Evaluasi Kecukupan Panas Proses Pasteurisasi Nata de Coco Dalam Kemasan Plastik Polietilen

## Evaluation of Thermal Adequacy in Pasteurization Process of Sliced Nata de Coco in Polyethylene Packaging

Hafzialman<sup>1,2</sup>, Feri Kusnandar<sup>3</sup> dan Eko Hari Purnomo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>PT Kara Santan Pertama, Jakarta

<sup>2</sup>Program Studi Magister Profesi Teknologi Pangan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

<sup>3</sup>Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

**Abstract.** *Sliced nata de coco in light syrup is categorized as an acidified food with an equilibrium pH of 3.3-3.9. Hence, pasteurization process can be applied to kill potential pathogenic and spoilage microorganisms in order to produce a safe product and extend its shelf life. The objective of this study was to evaluate the thermal processing adequacy of sliced nata de coco in light syrup (net weight: 2 kg per package; size per slice: 15x15x15 mm<sup>2</sup>) packed in polyethylene plastic bag (320x230x0.16 mm<sup>3</sup>) and pasteurized in a conveyor pasteurizer at a heating temperature of 98±2°C for 20 minutes. Thermal process adequacy was determined by comparing the pasteurization value (P) of the process with a standardized P<sub>80</sub> value at different D cycles for some microbial targets (2D<sub>80</sub>, 3D<sub>80</sub> and 6D<sub>80</sub>). The designed pasteurization process satisfactorily inactivated vegetative cells, mold, yeast, *Bacillus coagulans*, *Byssoschlamus fulva*, and *Byssoschlamus fulva nivea* (Pvalue >P<sub>80</sub> value). However, the thermal process was not sufficient to inactivate *Alicyclobacillus acidoterrestris*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus macerans* dan *Bacillus pasteurianum* (Pvalue <P<sub>80</sub> value).*

**Keywords:** *Nata de coco, pasteurization value, thermal process*

**Abstrak.** *Nata de coco iris dalam sirup merupakan kelompok pangan yang diasamkan yang memiliki pH kesetimbangan 3.3-3.9. Dengan demikian, proses pasteurisasi dapat diterapkan untuk membunuh mikroba patogen dan pembusuk untuk menghasilkan produk pangan yang aman dikonsumsi dan memperpanjang umur simpannya. Tujuan penelitian ini untuk mengevaluasi kecukupan proses termal dari nata de coco iris dalam sirup (berukuran 15x15x15±2 mm<sup>3</sup> per irisan dengan berat bersih 2 kg per kemasan) yang dikemas dalam plastik polietilen berlapis nilon (320x230x0.16 mm<sup>3</sup>) dan dipasteurisasi dalam pasteurizer berkonveyor pada suhu 98±2°C selama 20 menit. Kecukupan proses pasteurisasi ditentukan dengan membandingkan nilai pasteurisasi (P) dari proses dengan nilai pasteurisasi standar (P<sub>80</sub>) pada siklus D yang berbeda (2D, 3D dan 6D). Proses pasteurisasi sudah memadai untuk membunuh sel vegetatif, kapang, khamir, *Bacillus coagulans*, *Byssoschlamus fulva*, dan *Byssoschlamus nivea* (nilai P > nilai P<sub>80</sub>). Bila menggunakan standar mikroba yang lebih tahan panas (*Alicyclobacillus acidoterrestris*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus macerans* dan *Bacillus pasteurianum*), proses pasteurisasi belum memadai (nilai P < nilai P<sub>80</sub>).*

**Kata kunci:** *Nata de coco, nilai pasteurisasi, proses termal*

**Aplikasi Praktis:** Penelitian ini memberikan informasi ilmiah dalam menentukan kecukupan proses pasteurisasi *nata de coco* iris dalam sirup yang dikemas dalam kantong polietilen berlapis nilon untuk dapat memperpanjang umur simpannya dan menjamin keamanan produk untuk dikonsumsi. Hasil penelitian ini spesifik untuk kondisi produk (berat dan ukuran), kemasan (jenis dan ukuran) dan jenis pasteurizer yang digunakan. Tahapan penelitian ini dapat juga diadopsi di industri pangan lain untuk memvalidasi kecukupan proses termal dengan menyesuaikan pada kondisi proses yang diterapkan.

## PENDAHULUAN

*Nata de coco* merupakan produk pangan berupa gel selulosa dari proses fermentasi air kelapa oleh bakteri

Korespondensi: fkusnandar@gmail.com

aerobik gram negatif, yaitu *Acetobacter xylinum*. Bakteri ini memanfaatkan glukosa dari air kelapa yang berperan sebagai sumber karbon dan membentuknya menjadi lapisan selulosa yang tumbuh di permukaan air kelapa. Ketebalan lapisan dapat mencapai 1 cm dan tekstur selu-

losa yang dihasilkan kenyal, hablur dan memiliki kekuatan mekanis yang tinggi (Fan *et al.* 2011; Halib *et al.* 2012). Di samping dibuat dari air kelapa, nata juga dapat dibuat dari bahan baku lain, seperti limbah cair tahu (Darmajana 2004), kulit nanas (Iskandar *et al.* 2010; Sutanto 2012), dan limbah cair industri kakao (Yunianta 2010).

*Nata de coco* yang dihasilkan umumnya diolah lebih lanjut menjadi makanan pencuci mulut. Pengolahan *nata de coco* sebagai makanan pencuci mulut sudah banyak dilakukan oleh industri pangan, yaitu dengan cara mengemasnya sehingga lebih awet (Hakimi dan Budiman 2006). *Nata de coco* dalam kemasan dibuat dengan penambahan sirup gula dengan atau tanpa penambahan bahan tambahan pangan yang diizinkan, kemudian dikemas secara aseptik (Nurhayaty *et al.* 2006; BSN 1996). Proses pengemasan *nata de coco* dilakukan dengan merebusnya untuk menghilangkan sisa asam, memotong/mengirisnya sehingga berukuran kecil, mengisikannya ke dalam kemasan plastik, menambahkan larutan sirup gula, dan mengawetkannya dengan proses termal pada suhu dan waktu tertentu (Hakimi dan Budiman 2006).

Di dalam proses produksi *nata de coco* dalam kemasan tersebut, tahapan yang penting adalah proses termal. Proses ini bertujuan untuk membunuh mikroba patogen dan pembusuk yang berpotensi tumbuh selama penyimpanan, sehingga produk aman dikonsumsi dan dapat disimpan lebih lama (Heldman and Singh 2013). Standar Nasional Indonesia (BSN 1996) mensyaratkan *nata de coco* dalam kemasan memiliki kandungan angka lempeng total (maksimum 200 *cfu/g*), kapang (maksimum 50 *cfu/g*), khamir (maksimum 50 *cfu/g*), dan koliform (<3 MPN/g).

Proses termal untuk pangan yang dikemas dapat menerapkan sterilisasi komersial atau pasteurisasi (Heldman and Singh 2013). Proses termal mana yang dipilih tergantung pada jenis produk pangannya dengan kriteria utama tingkat keasaman (pH), aktivitas air (*Aw*) dan suhu penyimpanan (FDA 2013). Produk pangan berasam rendah (pH>4.6 dan *Aw*>0.85) yang dikemas dan disimpan pada suhu ruang (tanpa refrigerasi) harus diproses dengan sterilisasi komersial dengan target mikroba *Clostridium botulinum*. Produk pangan asam atau yang diasamkan (pH<4.6 dan *Aw*>0.85) cukup dilakukan proses pasteurisasi dengan target mikroba pembusuk dan patogen yang jenisnya tergantung pada karakteristik produk masing-masing (Holdsworth dan Simpson 2007).

*Nata de coco* dalam kemasan dapat dikategorikan sebagai pangan yang diasamkan, karena pada tahapan prosesnya terdapat proses perebusan. FDA (2013) mendefinisikan pangan yang diasamkan (*acidified food*) sebagai pangan berasam rendah yang dalam pembuatannya ditambahkan asam atau pangan asam lain sehingga produk memiliki pH kesetimbangan akhir <4.6 dan *Aw*> 0.85. Dalam kondisi seperti ini, spora *Clostridium botulinum* tidak dapat bergerminasi dan tumbuh, sehingga proses termal cukup menerapkan pasteurisasi. Bila menggunakan sistem *batch* dalam penangas air, proses pasteurisasi dapat

dilakukan dengan media air panas pada suhu di bawah 100°C selama waktu tertentu (Heldman and Singh 2013).

Pengasaman produk *nata de coco* dilakukan dengan penambahan asam sitrat sehingga pH produk akhir berkisar 3.3-3.9. Pada tingkat keasaman ini, proses pasteurisasi dirancang untuk membunuh mikroba pembentuk spora, seperti *Bacillus coagulans*, *Bacillus polymixa*, *Bacillus macerans* dan bakteri anaerobik butirat seperti *Clostridium butyricum* dan *Clostridium pasteurianum*. Bakteri lain yang mungkin tumbuh adalah *Alicyclobacillus acidoterrestris* yang merupakan bakteri penghasil spora yang dapat menyebabkan kebusukan pada produk jus buah-buahan (Terano *et al.* 2005; Bevilacqua *et al.* 2008). Kapang yang tahan panas, seperti *Byssoclamys fulva* dan *Byssoclamys nivea* juga berpotensi tumbuh dan menyebabkan kerusakan produk (Kotzekidou 2006; Zimmerman *et al.* 2011). *B. fulva* dan *B. nivea* tumbuh baik pada produk pangan dengan pH 4.0-4.5. Ketahanan panas masing-masing mikroba target tersebut dapat ditunjukkan oleh nilai D dan nilai Z (Holdsworth dan Simpson 2007).

Evaluasi kecukupan panas dalam proses pasteurisasi dimaksudkan untuk memastikan bahwa proses termal yang dilakukan telah menjamin mikroba pembusuk dan patogen yang berpotensi tumbuh dalam produk telah terbunuh pada level yang aman. Kecukupan proses pasteurisasi *nata de coco* dalam kemasan ditentukan oleh kemampuan panas yang diberikan untuk membunuh mikroba target pada bagian bahan (daging *nata*) yang paling lambat menerima panas. Untuk mengetahui pola penetrasi panas pada bagian bahan tersebut, maka perlu dilakukan pengukuran suhu selama proses termal berlangsung. Data pengukuran penetrasi panas tersebut, digunakan untuk menghitung nilai pasteurisasi (nilai P). Nilai P dinyatakan dalam satuan waktu (menit) pada kondisi yang sama dengan nilai P pada suhu standar. Kecukupan proses pasteurisasi ditentukan dengan membandingkan nilai pasteurisasi hasil pengukuran penetrasi panas dengan nilai P pada suhu standar untuk masing-masing mikroba target. Proses pasteurisasi dinyatakan telah mencukupi apabila nilai P aktual dari hasil pengukuran penetrasi panas lebih besar dibandingkan dengan nilai pasteurisasi pada suhu standar (Heldman and Singh 2013).

Informasi mengenai evaluasi kecukupan proses pasteurisasi, khususnya untuk *nata de coco* yang dikemas plastik dan dilakukan pada skala industri, belum tersedia. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kecukupan proses pasteurisasi *nata de coco* dalam sirup yang dikemas dengan plastik polietilen berlapis nilon dengan target pembunuhan pada beberapa mikroba (kapang, khamir, sel vegetatif dan bakteri pembentuk spora) yang berpotensi tumbuh di dalam produk selama penyimpanan. Hasil evaluasi kecukupan proses pasteurisasi adalah spesifik untuk jenis produk *nata de coco* yang diproses pada kondisi yang diterapkan, yaitu bentuk dan ukuran produk, kekentalan larutan sirup, jenis dan ukuran kemasan, tipe pasteurizer, suhu dan waktu proses termal yang diterapkan.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah produk *nata de coco* yang dikemas dalam plastik fleksibel polietilen yang dilapis dengan nilon (berukuran 320x230x0.16 mm<sup>3</sup>). Produk *nata de coco* diiris-iris berbentuk kubus dengan ukuran 15x15x15±2 mm<sup>3</sup> per irisan. Berat bersih dan beras tuntas *nata de coco* per kemasan secara berturut-turut adalah 2,000 g dan 1,500 g. Sirup yang digunakan memiliki kadar gula 14°Brix (*light syrup*) dan daging *nata de coco* memiliki pH kesetimbangan 3.3-3.9 (dengan proses perebusan dengan air yang mengandung asam sitrat).

Alat utama yang digunakan adalah tangki perebusan, tangki pencampuran, mesin pengisian, mesin pengelim (*sealer*), dan mesin pasteurizer berkonveyor. Mesin pasteurizer terdiri dari dua bagian, yaitu bagian bak pasteurisasi (ukuran 7x1.2x0.6 m<sup>2</sup>), dan bak pendingin (ukuran 7x1.2x0.6 m<sup>3</sup>). Kapasitas mesin pasteurizer adalah 608 kg *nata de coco* per *batch* proses atau 1824 kg *nata de coco* per jam. Peralatan proses yang digunakan tersebut adalah yang digunakan untuk produksi *nata de coco* pada skala pabrik. Alat-alat analisis yang digunakan di antaranya adalah termokopel (K Type Thermocouple Thermometer Merk Hanna), rekorder (12 Channel Thermocouple Data logger Merk Thermosense), *stopwatch*, pHmeter, dan refraktometer.

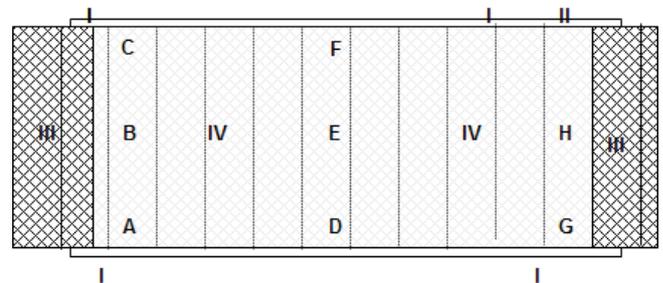
### Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan dalam tiga tahap, yaitu pengukuran distribusi panas, pengukuran penetrasi panas, dan evaluasi kecukupan proses pasteurisasi berdasarkan data pengukuran penetrasi panas.

**Pengukuran distribusi panas.** Pengukuran distribusi panas dilakukan untuk mengetahui keseragaman penyebaran panas di dalam pasteurizer dan menentukan posisi di dalam alat yang paling lambat menerima panas. Pasteurizer yang digunakan berisi air yang dilengkapi dengan *wiremesh* konveyor. Suhu air pemanas di-set pada 98±2°C dengan membuka keran pipa uap. Untuk mencapai suhu pemanasan yang stabil, pasteurizer dipanaskan selama satu jam dengan tekanan uap minimal 2 bar. Kecepatan konveyor di set 184 detik per meter panjang konveyor sehingga diperoleh waktu pasteurisasi selama

20 menit. Suplai uap dikendalikan agar suhu yang dikehendaki dapat dipertahankan. Suhu air dikontrol dengan termokopel yang dihubungkan dengan rekorder.

Untuk mengetahui distribusi panas, termokopel dipasang di 9 posisi di dalam bak pasteurizer, yaitu 3 titik di sisi kiri, 3 titik di bagian tengah dan 3 titik di sisi kanan (Gambar 1). Pencatatan suhu dilakukan setiap menit dan pengukuran dilakukan sebanyak 10 kali ulangan.



**Gambar 1.** Posisi pengamatan titik distribusi panas media (air panas) pada bak konveyor pasteurisasi. Bak pasteurisasi (I), sumber panas masuk (II), *wiremesh* konveyor (III), media air panas (IV), titik pengamatan distribusi panas media air panas (A, B, C, D, E, F, G, H, I)

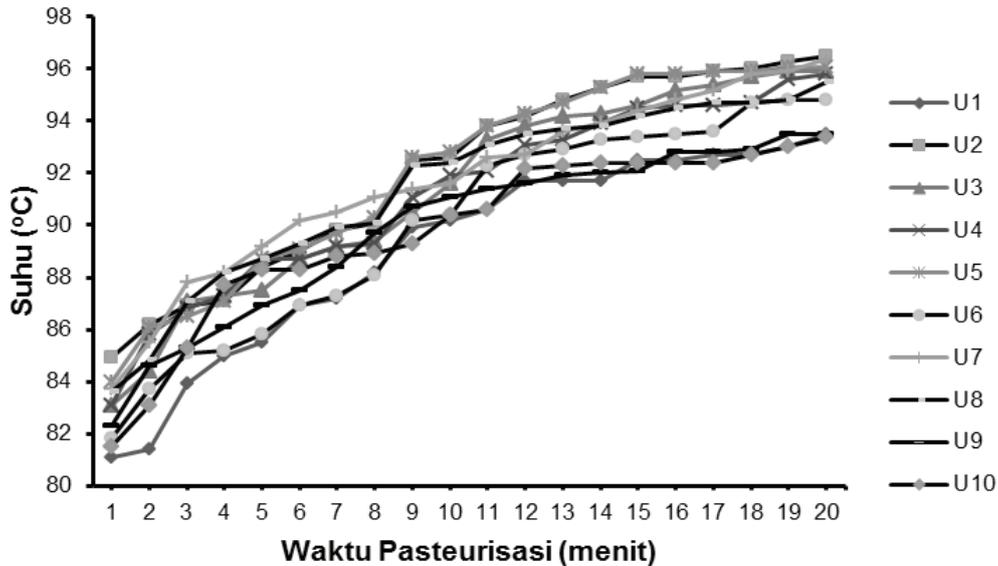
**Pengukuran penetrasi panas.** Pengukuran dilakukan pada produk *nata de coco*. Produk *nata de coco* disiapkan sebagai berikut: *Nata de coco* yang telah dipanen dinetralkan dengan perebusan dan diiris-iris dengan ukuran yang seragam. Potongan *nata de coco* direbus kembali dalam larutan asam sitrat, kemudian dimasukkan ke dalam plastik polietilen berlapis nilon. Larutan sirup 14°Brix yang mengandung asam sitrat ditambahkan. Sebelum dimasukkan ke dalam kemasan, pH *nata de coco* diukur untuk memastikan bahwa pH-nya berada di bawah pH 4.6 (kelompok pangan yang diasamkan). Berat bersih dan berat tuntas dirancang tetap untuk menghindari terjadinya perbedaan penetrasi panas akibat perubahan volume/berat. Pengaturan berat bersih dan berat tuntas dilakukan dengan cara menimbang produk selama pengisian. Penimbangan dilakukan ketika mengisi *nata de coco* dan ketika mengisi media (sirup), sehingga berat total produk untuk semua contoh uji adalah sama.

Produk dikemas dalam kemasan polietilen berlapis nilon dan suhunya dipertahankan berada di atas 80°C. Produk *nata de coco* yang telah dikemas segera dimasukkan ke dalam pasteurizer yang berisi air panas

**Tabel 1.** Nilai D dan Z dari mikroba target untuk mengevaluasi kecukupan proses pasteurisasi *nata de coco*

Mikroba target	Suhu referensi (°C)	Nilai Z (°C)	D (menit)	D <sub>80</sub> (menit)	Nilai Pasteurisasi (P <sub>80</sub> , menit)		
					2D <sub>80</sub>	3D <sub>80</sub>	6D <sub>80</sub>
Sel vegetatif, kapang, khamir	65.5	3.7	3	0.0004	0.001	0.001	0.002
<i>B. coagulans</i>	100	7.8	0.07	25.657	51.313	76.970	153.940
<i>B. fulva</i> , <i>B. nivea</i>	90	7.8	2	38.290	76.579	114.869	229.738
<i>Alicyclobacillus acidoterrestris</i>	95	7.2	2.4	290.767	581.533	872.300	1744.600
<i>B. pasteurianum</i> , <i>B. polymyxa</i> , <i>B. macerans</i>	100	6.7	0.5	483.108	966.217	1449.325	2898.651

Toledo (2007), Bevilacqua *et al.* (2008). Nilai D<sub>80</sub> dihitung dengan menggunakan persamaan  $D_{80} = D * 10^{\frac{80-T_r}{z}}$  /  $D * 10^{\frac{80-T_r}{z}}$



**Gambar 2.** Kurva penetrasi panas selama proses pasteurisasi *nata de coco*. Masing-masing kurva menunjukkan ulangan pengukuran (U) pada lokasi pengambilan sampel yang sama

(98±2°C). Proses pasteurisasi dilakukan dalam kondisi beban pasteurisasi maksimal (bak terisi penuh oleh produk). Produk diatur rapih dalam bentuk dua tumpukan dan seluruhnya terendam dalam air pemanas. Waktu *holding* sejak pengeliman kemasan hingga konveyor dioperasikan adalah 3 menit. Produk melewati bak pasteurizer dan bak pendingin (17±2°C) masing-masing selama 20 menit.

Pengukuran penetrasi panas dilakukan pada bagian daging *nata de coco* selama fase pemanasan dalam bak pasteurizer. Sampel diukur suhunya sebelum dikelim (terhitung sebagai suhu awal) dan setiap menit selama 20 menit setelah dimasukkan ke dalam pasteurizer. Sampel yang diambil adalah di lokasi suhu terdingin dalam bak pasteurizer dari hasil pengukuran distribusi panas. Pengukuran suhu dilakukan sesegara mungkin setelah pengambilan sampel untuk menghindari penurunan suhu produk. Kemasan disobek dan termokopel ditusukan ke dalam daging buah *nata de coco* yang berada di bagian tengah kemasan. Penusukan termokopel dilakukan hingga mencapai titik tengah dari daging *nata de coco* (diasumsikan perambatan panas berlangsung secara konduksi). Agar beban pasteurisasi dapat dipertahankan tetap, maka pada setiap pengambilan sampel dilakukan penggantian produk di lokasi yang diambil. Pengukuran penetrasi panas dilakukan sebanyak 10 kali ulangan.

Kandungan mikroba dari *nata de coco* dianalisis sebelum proses perebusan, setelah dikemas dalam plastik polietilen berlapis nilon dan setelah dipasteurisasi. Analisis mikrobiologi mencakup jumlah angka lempeng total (CMMEF 2001), kapang (BSN 1992) dan khamir (BSN 1992).

**Evaluasi kecukupan proses pasteurisasi.** Suhu produk dari hasil pengukuran penetrasi panas dihitung nilai

*lethal rate* (Lr) dibandingkan dengan suhu standar (80°C) dengan menggunakan persamaan (1) berikut:

$$Lr = 10^{(T-Tr)/z} \tag{1}$$

dimana T= suhu pengamatan (°C), Tr=suhu referensi untuk mikroba target (80°C), dan z= perubahan suhu (°C) untuk mengubah nilai D dari mikroba target sebesar 90% dengan merujuk pada Tabel 1 (mikroba target memiliki ketahanan panas yang berbeda yang ditunjukkan dari nilai D dan z nya).

Data Lr kemudian diplotkan sebagai fungsi waktu sehingga diperoleh kurva penetrasi panas. Nilai pasteurisasi (P, menit) pada suhu standar dihitung sebagai luasan di bawah kurva penetrasi panas sebagai fungsi integral atau dapat dihitung sebagai jumlah total luasan trapesium seperti dapat dilihat pada persamaan (2) berikut (Heldman and Singh 2013):

$$P = \int_0^{20} Lr dt \tag{2}$$

Kecukupan panas didasarkan pada nilai P yang terkecil dari 10 kali ulangan pengukuran penetrasi panas. Mikroba yang menjadi target proses pasteurisasi, nilai D dan z pada suhu referensi, serta nilai D di suhu 80°C dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai pasteurisasi hitung pada suhu 80°C (P<sub>80</sub>) untuk jumlah siklus nilai D yang berbeda (2D, 3D dan 6D) dapat dilihat pada Tabel 1. Kecukupan proses pasteurisasi dilakukan dengan membandingkan nilai pasteurisasi terkecil dari hasil pengukuran penetrasi panas (P) dengan nilai P<sub>80</sub> untuk masing-masing mikroba target. Apabila nilai P lebih kecil dari nilai P<sub>80</sub>, maka proses pasteurisasi tidak mencukupi untuk membunuh mikroba target, sedangkan apabila nilai P lebih besar dari nilai P<sub>80</sub> maka proses pasteurisasi mencukupi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kandungan Mikroba Sebelum dan Setelah Pasteurisasi

*Nata de coco* hasil fermentasi memiliki  $pH > 4.6$ , sehingga dikelompokkan sebagai pangan berasam rendah (*low acid food*). Di dalam tahap proses produksi *nata de coco* dalam kemasan, terdapat tahap proses perebusan dalam asam sitrat yang mengakibatkan *nata de coco* mengalami penurunan pH di bawah 4.6. Hasil pengukuran pH produk sebelum dikemas juga menunjukkan produk *nata de coco* pada setiap *batch* proses memiliki pH kesetimbangan pada kisaran 3.3-3.9. Dengan demikian, produk *nata de coco* yang dihasilkan termasuk kelompok pangan yang diasamkan (*acidified food*), sehingga proses pasteurisasi dapat diterapkan, dan mikroba target untuk dibunuh dapat menggunakan mikroba yang berpotensi tumbuh pada produk asam.

Kandungan mikroba awal dari *nata de coco* pada contoh *nata de coco* sebelum perebusan dalam asam sitrat, setelah pencampuran sirup dan penutupan, dan setelah dipasteurisasi disajikan pada Tabel 2. Jumlah mikroba dalam *nata de coco* setelah penutupan kemasan dan sebelum pasteurisasi sudah rendah akibat proses perebusan *nata de coco* dalam asam sitrat. Jumlah angka lempeng total, kapang dan khamir sebelum pasteurisasi sudah berada di bawah standar SNI, sehingga jumlah mikroba setelah pasteurisasi juga sangat rendah. Dengan demikian, dari segi kandungan jumlah mikroba, produk *nata de coco* yang telah dipasteurisasi ini telah memenuhi SNI.

**Tabel 2.** Kandungan mikroba pada beberapa tahap proses produksi *nata de coco*

Parameter	Nata de coco			SNI <sup>1</sup>
	Sebelum perebusan	Setelah penutupan	Setelah Pasteurisasi	
ALT ( <i>cfu/g</i> )	$5.0 \times 10^6$	5	< 1	Maks. $2.0 \times 10^2$
Kapang ( <i>cfu/g</i> )	10	1	< 1	Maks. 50
Khamir ( <i>cfu/g</i> )	10	1	< 1	Maks. 50
Koliform (MPN/g)	< 1	< 1	< 1	< 3

<sup>1</sup>SNI 01-4317-1996 (BSN 1996)

### Distribusi Panas dan Penetrasi Panas

Hasil pengukuran suhu media air panas pada 9 titik di bak pasteurizer menunjukkan suhu di titik A, B, C dan D tidak mencapai suhu  $100^\circ\text{C}$ , sedangkan suhu di titik E, F, G, H dan I seluruhnya mencapai suhu  $100^\circ\text{C}$  (Tabel 3). Hal ini menunjukkan suhu di lokasi awal (kiri) konveyor (Gambar 1) memiliki suhu yang lebih rendah di bagian akhir (kanan) konveyor. Perbedaan suhu pada bak pasteurizer terutama pada titik A, disebabkan lokasi ini berada terjauh dari sumber panas (titik uap masuk dalam koil). Hal ini mengakibatkan sebagian uap telah berubah menjadi air, sehingga panas yang diberikan pada media

(air dalam bak pasteurizer) menjadi berkurang. Perangkat uap yang dipasang untuk memisahkan dan membuang cairan agar panas yang diberikan tetap mengalir ternyata tidak mampu menyamakan suhu di seluruh bagian dari pasteurizer. Akibat perbedaan ini, titik terdekat dengan titik A, yaitu titik B, C dan D juga terpengaruh suhunya menjadi lebih rendah dari  $100^\circ\text{C}$ .

Dengan diketahuinya titik A yang memiliki suhu terendah pada bak pasteurizer, maka lokasi sekitar titik A dipilih sebagai lokasi pengambilan sampel pada saat pengukuran penetrasi panas. Hal ini dimaksudkan agar perhitungan kecukupan pasteurisasi menggunakan situasi yang terburuk, yaitu pada kondisi suhu pemanasan yang paling rendah di bak pasteurizer.

Proses pindah panas dari media air ke bagian terdingin dari *nata de coco* berlangsung secara konduksi, sehingga perambatan panas relatif lebih lambat selama proses. Pengukuran penetrasi panas menunjukkan terjadi peningkatan suhu selama proses pasteurisasi pada semua ulangan pengukuran. Plot suhu hasil pengukuran penetrasi panas selama proses pasteurisasi untuk sepuluh kali ulangan dapat dilihat pada Gambar 2. Terlihat bahwa terdapat variasi suhu di titik yang sama pada waktu pengambilan sampel. Suhu awal produk saat dimasukkan ke dalam bak pasteurizer berada pada rentang  $80.7-84.7^\circ\text{C}$ , sedangkan suhu tertinggi di akhir proses pasteurisasi (setelah 20 menit) berada pada rentang  $93.4-96.5^\circ\text{C}$ . Perbedaan suhu awal disebabkan oleh adanya perbedaan masa tunggu (*lag time*) sebelum produk dikemas dan dimasukkan ke dalam bak pasteurizer. Suhu produk relatif konstan setelah pemanasan selama 15 menit. Dari kurva tersebut juga terlihat bahwa suhu awal produk berpengaruh pada profil perubahan suhu dan menentukan suhu akhir produk. Suhu awal yang paling rendah memberikan suhu akhir yang paling rendah, dan sebaliknya.

### Evaluasi Kecukupan Proses Pasteurisasi

Data hasil pengukuran penetrasi panas digunakan untuk menghitung nilai pasteurisasi (P) dengan menggunakan suhu standar  $80^\circ\text{C}$  dan nilai z untuk masing-masing mikroba target. Nilai P dari 10 kali ulangan pengukuran penetrasi panas dapat dilihat pada Tabel 4. Variasi nilai P terjadi karena pengukuran penetrasi panas dilakukan pada kondisi aktual produksi, dimana terjadi pencapaian suhu produk yang berbeda selama proses sebagaimana dijelaskan di atas. Dalam hal ini, suhu awal produk sangat berpengaruh pada nilai P yang diperoleh.

Nilai pasteurisasi standar ( $P_{80}$ ) untuk sel vegetatif bakteri, kapang, dan khamir untuk siklus 2D, 3D dan 6D paling kecil dibandingkan nilai  $P_{80}$  untuk mikroba target yang lain (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa kelompok mikroba ini paling mudah dibunuh dengan proses pasteurisasi. Nilai P untuk kelompok mikroba ini dari hasil pengukuran penetrasi panas jauh lebih besar dibandingkan nilai  $P_{80}$ , baik untuk siklus 2D, 3D dan 6D (Tabel 4). Hal ini menunjukkan bahwa proses pasteurisasi dengan

**Tabel 3.** Perubahan suhu media air panas pada bak pasteurisasi berkonveyor selama pengukuran distribusi panas

Posisi Pengukuran	Suhu (°C)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	97.6	97.5	97.6	97.5	97.5	97.5	97.6	97.5	97.6	97.6
B	98.4	98.4	98.5	98.5	98.4	98.6	98.5	98.4	98.5	98.6
C	98.7	98.8	98.7	98.6	98.8	98.7	98.7	98.6	98.7	98.7
D	99.8	99.8	99.8	99.7	99.8	100	99.9	100	99.9	100
E	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
F	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
G	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
H	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
I	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

**Tabel 4.** Nilai pasteurisasi pada suhu standar 80°C untuk masing-masing mikroba target dari hasil pengukuran penetrasi panas

Ulangan pengukuran penetrasi panas	Nilai pasteurisasi (menit)				
	Sel vegetatif, kapang, khamir	<i>B. coagulans</i>	<i>B. fulva</i> , <i>B. nivea</i>	<i>A. acidoterrestris</i>	<i>B. pasteurianum</i> , <i>B. polymyxa</i> , <i>B. macerans</i>
1	21,221.2	438.2	438.2	583.0	770.6
2	149,403.4	1084.4	1084.4	1560.1	2225.9
3	104,194.1	898.4	898.4	1274.6	1794.4
4	75,834.2	787.3	787.3	1100.8	1527.7
5	144,943.8	1076.1	1076.1	1546.5	2203.9
6	48,661.8	621.7	621.7	856.2	1171.0
7	98,169.4	890.8	890.8	1256.8	1759.8
8	72,320.3	807.7	807.7	1126.3	1558.2
9	24,820.3	490.1	490.1	654.5	868.4
10	22,782.2	474.3	474.3	631.2	834.3

yang diterapkan sudah sangat memadai untuk membunuh sel vegetatif, kapang dan khamir. Hal ini dikonfirmasi dari hasil analisis kandungan kapang dan khamir yang rendah dari *nata de coco* setelah pasteurisasi (Tabel 2).

Hal yang sama ditunjukkan untuk mikroba target *B. coagulans*, *B. fulva* dan *B. nivea*. Proses pasteurisasi sudah memadai untuk membunuh mikroba tersebut, karena P dari hasil pengukuran penetrasi panas (Tabel 4) juga lebih besar dibandingkan nilai  $P_{80}$  standar pada siklus 2D, 3D dan 6D (Tabel 1).

Bila proses pasteurisasi didasarkan pada mikroba target *A. acidoterrestris* yang memiliki ketahanan panas yang lebih tinggi, nilai P untuk semua pengukuran penetrasi panas hanya terpenuhi bila didasarkan pada nilai  $P_{80}$  dengan siklus 2D. Untuk siklus 3D, beberapa nilai P yang diperoleh masih lebih rendah dibandingkan nilai  $P_{80}$  (Tabel 4). Proses pasteurisasi tidak memadai untuk membunuh *B. polymyxa*, *B. macerans* dan *B. pasteurianum* dengan menerapkan siklus 6D. Nilai pasteurisasi pada beberapa *batch* proses hanya mencukupi bila diterapkan siklus 2D dan 3D.

Pada kenyataannya, pada kondisi pH *nata de coco* (3.3-3.9), *B. polymyxa*, *B. macerans* dan *B. pasteurianum* tersebut lebih sulit tumbuh. Dengan demikian, waktu proses pasteurisasi tidak perlu diperpanjang, karena pe-

manjangan waktu proses dapat menurunkan mutu produk. Karena mikroba tahan panas tersebut tumbuh baik pada pH 4.0-4.5, maka pengendalian pH produk di bawah 4.0 dapat dilakukan untuk menghindari potensi kontaminasi dan menghambat pertumbuhannya selama penyimpanan.

### KESIMPULAN

Pengukuran penetrasi panas pada *nata de coco* dalam sirup yang dikemas dalam kemasan polietilen di lokasi yang paling lambat menerima panas di dalam bak pasteurizer berkonveyor berdasarkan hasil pengukuran distribusi panas menunjukkan adanya variasi suhu awal produk dan profil suhu selama pengukuran. Perbedaan profil suhu ini memberikan nilai pasteurisasi yang bervariasi untuk masing-masing mikroba target.

Proses pasteurisasi *nata de coco* iris (ukuran 15x15x 15±2 mm<sup>3</sup> per irisan dengan berat bersih 2,000 g) yang dikemas dalam plastik polietilen berlapis nilon (ukuran 320x230x 0.16 mm<sup>3</sup>) pada suhu 98±2°C sudah memadai untuk membunuh sel vegetatif, kapang, khamir, *B. coagulans*, *B. fulva* dan *B. nivea* karena nilai pasteurisasinya jauh lebih tinggi dari nilai pasteurisasi standarnya. Hasil uji mikrobiologi juga menunjukkan nilai angka lempeng total, kapang dan khamir produk *nata de coco* yang te-

lah dipasteurisasi di bawah angka yang ditetapkan oleh SNI. Untuk mikroba yang lebih tahan panas, yaitu *A. acidoterrestris*, nilai pasteurisasinya hanya melebihi nilai pasteurisasi standar sebesar 2 siklus D. Sementara itu, bila didasarkan pada *B. polymyxa*, *B. macerans* dan *B. pasteurianum*, proses pasteurisasi yang diterapkan masih belum memadai. Pengendalian pH produk *nata de coco* selama proses untuk berada di bawah 4.0 perlu dilakukan untuk meminimalkan potensi pertumbuhan mikroba tersebut.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bevilacqua A, Sinigaglia M, Corbo MR. 2008. *Alicyclobacillus acidoterrestris*: New methods for inhibiting spore germination. *Int J Food Microbiol*. Vol 125:103-110.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 1992. SNI 19-2897-1992. Cara Uji Cemar Mikroba. Jakarta.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 1996. SNI 01-4317-1996. Nata dalam Kemasan. Jakarta.
- [CMMEF] Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 2001. Downes, FP, Ito, K (Editor). ISBN 9780875531755. American Public Health Association.
- Darmajana DA. 2004. Pengaruh ketinggian media dan waktu inkubasi terhadap beberapa karakteristik fisik nata de soya. *Prosiding Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*. Hal. 1-1(1-6). ISSN 1411- 4216.
- Fan H, Wu Y, Hu X, Wu J, Liao X. 2011. Characteristics of thin-layer drying and rehydration of *nata de coco*. *Int J Food Sci and Technol*. Vol. 46(7): 1438-1444
- [FDA] Food and Drug Administration. 2013. Draft Guidance for Industry: Acidified Food. <http://www.fda.gov/food/guidanceregulation/guidancedocumentsregulatoryinformation/acidifiedlac/ucm222618.htm>.
- Hakimi R, Budiman D. 2006. Aplikasi produksi bersih (*cleaner production*) pada industri *nata de coco*. *J Teknik Mesin*. 3(3): 89-98. ISSN 1829-8958.
- Halib N, Iqbal MC, Amin M, Ahmad I. 2012. Physicochemical properties and characterization of *nata de coco* from local food industries as a source of cellulose. *Sains Malaysiana*. 41(2):205-211.
- Heldman DR, Singh RP. 2013. *Introduction to Food Engineering*. Edisi 5. London: Academic Press. ISBN-13-9780123985309.
- Holdsworth D, Simpson R. 2007. *Thermal Processing of Packaged Foods*. Edisi 2. Springer Science. ISBN-13-9780387722498.
- Iskandar, Zaki M, Mulyati S, Fathanah U, Sari I, Juchairawati. 2010. Pembuatan film selulosa dari nata de pina. *J Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. Vol 7(3): 105-111.
- Kotzekidou P. 2006. Heat resistance of *Byssochlamys nivea*, *Byssochlamys fulva* and *Neosartorya fischeri* isolated from canned tomato paste. *J Food Sci*. 62(2): 410-412.
- Nurhayaty N, Lisdiyanti P, Winarni. 2006. Studi Mikroflora pada Proses Fermentasi *Nata de coco* Santan dan Air Kelapa. Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI, Cibinong.
- Sutanto A. 2012. Pineapple liquid waste as nata de pina raw material. *Makara, Teknologi*. Vol. 16(1): 63-67.
- Terano H, Takahashi K, Sakakibara Y. 2005. Characterization of spore germination of a thermoacidophilic spore forming bacterium, *Alicyclobacillus acidoterrestris*. *Bioscience, Biotechnology, Biochemistry*. 69 (6): 1217-1220.
- Toledo RT. 2007. *Fundamental of Food Process Engineering*. Edisi 3. Springer Science. ISBN-13-9780387292-411.
- Yunianta. 2010. Limbah cair industri kakao sebagai bahan pembuat nata. *J Tek Industri*. Vol. 11(1): 31-34.
- Zimmermann M, Miorelli S, Massaguer PR, Aragão GMF. 2011. Growth of *Byssochlamys nivea* in pineapple juice under the effect of water activity and ascospore age. *Brazilian J Microbiol*. Vol 42(1):203-210.

JMP03-14-003 - Naskah diterima untuk ditelaah pada 8 Maret 2014. Revisi makalah disetujui untuk dipublikasi pada 24 Maret 2014. Versi Online: <http://jurnalmutupangan.com/index1.php?view&id=5>