

Magister Terapan Teknologi Pangan Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor



Sejak tahun 2004, Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan membuka Program Magister Terapan Teknologi Pangan untuk tenaga profesional di bidang pangan, baik instansi pemerintah maupun pelaku bisnis pangan dalam rangka meningkatkan pengetahuan dan keterampilan di bidang ilmu dan teknologi pangan.

Lulusan dipersiapkan untuk mengembangkan kemampuan dan kompetensi di bidang industri pangan (pengolahan pangan, jaminan mutu dan manajemen pangan), terutama dalam pengolahan pangan berbasis bahan baku lokal. Program ini terbuka untuk lulusan sarjana yang telah memiliki pengalaman bekerja dua tahun di industri pangan atau lembaga pemerintah.

Masa perkuliahan: 4 semester

Lokasi dan waktu:

Kampus IPB Baranangsiang pada Jumat (malam) dan Sabtu (pagi s/d sore hari)

Staf Pengajar:

Terdiri dari dosen tetap bergelar doktor dan guru besar di Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan (ITP-IPB), serta dosen tamu dari praktisi terkemuka di industri pangan dan instansi pemerintah.



Cara dan alamat pendaftaran:

Mengisi formulir pendaftaran dan menulis surat lamaran yang ditujukan kepada Dekan Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.

Berkas dikirimkan ke Sekretariat Program Magister Terapan Teknologi Pangan Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fateta-IPB
Gedung Fateta Lt. 2 Kampus IPB Darmaga
PO BOX 220 Bogor (Up Tika)

Informasi lebih lanjut:

Silakan mengunjungi website <http://fst.ipb.ac.id/>

atau 0251-8425690/081310583328 (Amalia)/081511645506 (Tika)



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^{1,2}, Feri Kusnandar³ dan Eko Hari Purnomo³

¹PT Kara Santan Pertama, Jakarta

²Program Studi Magister Profesi Teknologi Pangan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

³Departemen 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 mm³) packed in polyethylene plastic bag (320x230x0.16 mm³) 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 P₈₀ value at different D cycles for some microbial targets (2D₈₀, 3D₈₀ and 6D₈₀). The designed pasteurization process satisfactorily inactivated vegetative cells, mold, yeast, *Bacillus coagulans*, *Byssochlamus fulva*, and *Byssochlamus fulva nivea* (Pvalue >P₈₀ value). However, the thermal process was not sufficient to inactivate *Alicyclobacillus acidoterrestris*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus macerans* dan *Bacillus pasteurianum* (Pvalue <P₈₀ 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 mm³ per iris dengan berat bersih 2 kg per kemasan) yang dikemas dalam plastik polietilen berlapis nilon (320x230x0.16 mm³) 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 (P₈₀) pada siklus D yang berbeda (2D, 3D dan 6D). Proses pasteurisasi sudah memadai untuk membunuh sel vegetatif, kapang, khamir, *Bacillus coagulans*, *Byssochlamus fulva*, dan *Byssochlamus nivea* (nilai P > nilai P₈₀). Bila menggunakan standar mikroba yang lebih tahan panas (*Alicyclobacillus acidoterrestris*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus macerans* dan *Bacillus pasteurianum*), proses pasteurisasi belum memadai (nilai P < nilai P₈₀).*

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-

yang dihasilkan kenyal, hablur dan memiliki kekuatan kanis yang tinggi (Fan *et al.* 2011; Halib *et al.* 2012). samping dibuat dari air kelapa, nata juga dapat dibuat i bahan baku lain, seperti limbah cair tahu (Darmajana 14), kulit nanas (Iskandar *et al.* 2010; Sutanto 2012), limbah cair industri kakao (Yunianta 2010).

Nata de coco yang dihasilkan umumnya diolah lebih jut menjadi makanan pencuci mulut. Pengolahan *a de coco* sebagai makanan pencuci mulut sudah iyak dilakukan oleh industri pangan, yaitu dengan cara ngemasnya sehingga lebih awet (Hakimi dan Budiman 16). *Nata de coco* dalam kemasan dibuat dengan iambahan sirup gula dengan atau tanpa penambahan ian tambahan pangan yang diizinkan, kemudian emas secara aseptik (Nurhayaty *et al.* 2006; BSN 16). Proses pengemasan *nata de coco* dilakukan dengan rebusnya untuk menghilangkan sisa asam, memotong/ ngirisnya sehingga berukuran kecil, mengisikannya ke am kemasan plastik, menambahkan larutan sirup gula, 1 mengawetkannya dengan proses termal pada suhu 1 waktu tertentu (Hakimi dan Budiman 2006).

Di dalam proses produksi *nata de coco* dalam nasan tersebut, tahapan yang penting adalah proses mal. Proses ini bertujuan untuk membunuh mikroba togen dan pembusuk yang berpotensi tumbuh selama nyimpanan, sehingga produk aman dikonsumsi dan pat disimpan lebih lama (Heldman and Singh 2013). andar Nasional Indonesia (BSN 1996) mensyaratkan *ta de coco* dalam kemasan memiliki kandungan angka npeng total (maksimum 200 *cfu/g*), kapang (maksimum *cfu/g*), khamir (maksimum 50 *cfu/g*), dan koliform (<3 PN/g).

Proses termal untuk pangan yang dikemas dapat me- rapkan sterilisasi komersial atau pasteurisasi (Heldman d Singh 2013). Proses termal mana yang dipilih tergana ng pada jenis produk pangannya dengan kriteria utama ikgat keasaman (pH), aktivitas air (Aw) dan suhu pe- impanan (FDA 2013). Produk pangan berasam rendah H>4.6 dan Aw>0.85) yang dikemas dan disimpan pada hu ruang (tanpa refrigerasi) harus diproses dengan rilisasi komersial dengan target mikroba *Clostridium utulinum*. Produk pangan asam atau yang diasamkan H<4.6 dan Aw>0.85) cukup dilakukan proses pas- urisasi dengan target mikroba pembusuk dan patogen ng jenisnya tergantung pada karakteristik produk ma- ng-masing (Holdsworth dan Simpson 2007).

Nata de coco dalam kemasan dapat dikategorikan :bagai pangan yang diasamkan, karena pada tahapan osesnya terdapat proses perebusan. FDA (2013) men- :finisikan pangan yang diasamkan (*acidified food*) :bagai pangan berasam rendah yang dalam pembuatannya itambahkan asam atau pangan asam lain sehingga produk emiliki pH kesetimbangan akhir <4.6 dan Aw> 0.85. :dalam kondisi seperti ini, spora *Clostridium botulinum* dak dapat bergerminasi dan tumbuh, sehingga proses :rmal cukup menerapkan pasteurisasi. Bila menggunakan stem *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 de- ngan penambahan asam sitrat sehingga pH produk akhir berkisar 3.3-3.9. Pada tingkat keasaman ini, proses pas- teurisasi 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 *Alicyclobacil- lus 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; Zim- merman *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 pas- teurisasi, 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 dike- mas dengan plastik polietilen berlapis nilon dengan target pembunuhan pada beberapa mikroba (kapang, khamir, sel vegetatif dan bakteri pembentuk spora) yang ber- potensi tumbuh di dalam produk selama penyimpanan. Hasil evaluasi kecukupan proses pasteurisasi adalah spe- sifik 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 diterap- kan.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah produk *nata de coco* yang dikemas dalam plastik fleksibel polietilen yang dilapisi dengan nilon (berukuran 320x230x0.16 mm³). Produk *nata de coco* diiris-iris berbentuk kubus dengan ukuran 15x15x15±2 mm³ 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 m²), dan bak pendingin (ukuran 7x1.2x0.6 m³). 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.

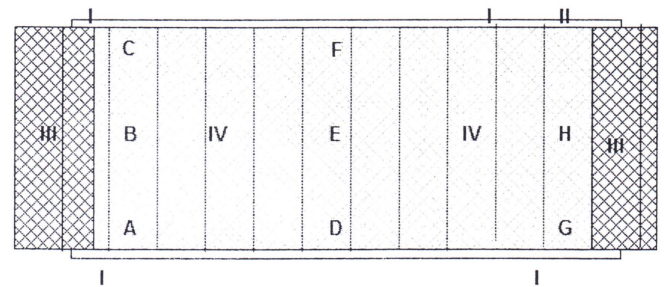
Rancangan Penelitian

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)

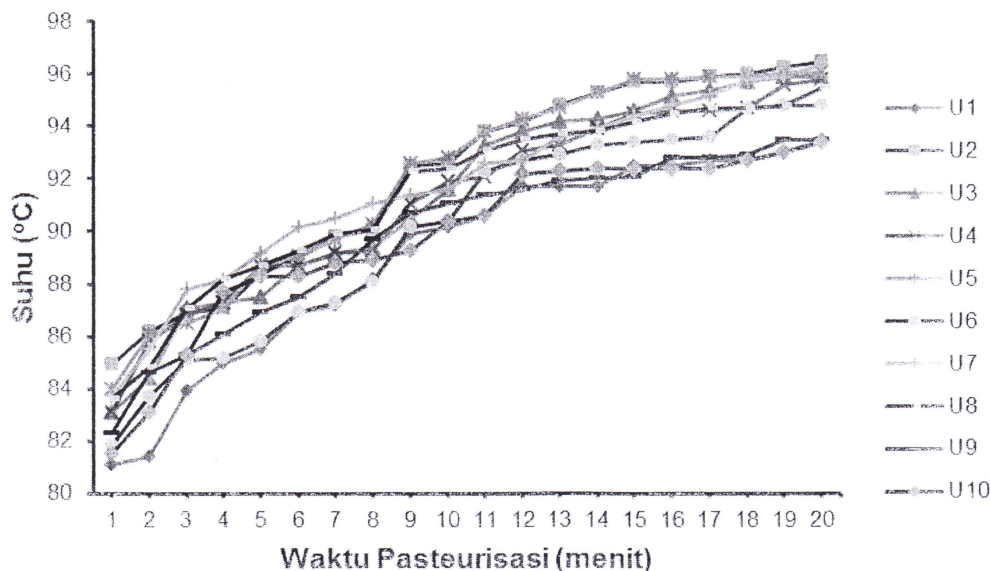
Pengukuran penetrasi panas. Pengukuran dilakukan pada produk *nata de coco*. Produk *nata de coco* disiapkan sebagai berikut: *Nata de coco* yang telah dipanen dinetralkan dengan perebusan dan diiris-iris dengan ukuran yang seragam. Potongan *nata de coco* direbus kembali dalam larutan asam sitrat, kemudian 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 ₈₀ (menit)	Nilai Pasteurisasi (P ₈₀ , menit)		
					2D ₈₀	3D ₈₀	6D ₈₀
Sel vegetatif, kapang, khamir	65.5	3.7	3	0.0004	0.001	0.001	0.002
<i>B. coagulan</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 D₈₀ dihitung dengan menggunakan persamaan $D_{80} = D * 10^{\frac{80-T_r}{z}}$ dan $D = D_{80} * 10^{\frac{T_r-80}{z}}$



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

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

Pengukuran penetrasi panas dilakukan pada bagian *ging nata de coco* selama fase pemanasan dalam bak steurizer. Sampel diukur suhunya sebelum dikelim rhitung sebagai suhu awal) dan setiap menit selama menit setelah dimasukkan ke dalam pasteurizer. Sam- l yang diambil adalah di lokasi suhu terdingin dalam k pasteurizer dari hasil pengukuran distribusi panas. ngukuran suhu dilakukan sesegara mungkin setelah ngambilan sampel untuk menghindari penurunan suhu produk. Kemasan disobek dan termokopel ditusukan ke lam daging buah *nata de coco* yang berada di bagian ngah kemasan. Penusukan termokopel dilakukan hingga ncapai titik tengah dari daging *nata de coco* (diasum- an perambatan panas berlangsung secara konduksi). ar beban pasteurisasi dapat dipertahankan tetap, maka da setiap pengambilan sampel dilakukan penggantian produk di lokasi yang diambil. Pengukuran penetrasi pa- s dilakukan sebanyak 10 kali ulangan.

Kandungan mikroba dari *nata de coco* dianalisis se- lum proses perebusan, setelah dikemas dalam plastik lietilen berlapis nilon dan setelah dipasteurisasi. Ana- is mikrobiologi mencakup jumlah angka lempeng total MMEF 2001), kapang (BSN 1992) dan khamir (BSN 92).

Evaluasi kecukupan proses pasteurisasi. Suhu pro- k 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 un- tuk 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 se- hingga 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 se- perti dapat dilihat pada persamaan (2) berikut (Heldman and Singh 2013):

$$P = \int_0^{20} Lr dt \int_0^{20} Lr dt \text{ atau } P = \sum_0^{20} Lr \Delta t \sum_0^{20} Lr \Delta t \tag{2}$$

Kecukupan panas didasarkan pada nilai P yang ter- kecil 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 (P₈₀) untuk jumlah siklus nilai D yang berbeda (2D, 3D dan 6D) dapat dilihat pada Tabel 1. Kecukupan pro- ses pasteurisasi dilakukan dengan membandingkan nilai pasteurisasi terkecil dari hasil pengukuran penetrasi panas (P) dengan nilai P₈₀ untuk masing-masing mikroba tar- get. Apabila nilai P lebih kecil dari nilai P₈₀, maka proses pasteurisasi tidak mencukupi untuk membunuh mikroba target, sedangkan apabila nilai P lebih besar dari nilai P₈₀ maka proses pasteurisasi mencukupi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Mikroba Sebelum dan Setelah Pasteurisasi

Nata de coco hasil fermentasi memiliki $\text{pH} > 4.6$, 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* 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	<i>Nata de coco</i>			SNI ¹
	Sebelum perebusan	Setelah penutupan	Setelah Pasteurisasi	
ALT (<i>cfu/g</i>)	5.0×10^6	5	< 1	Maks. 2.0×10^2
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

¹SNI 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°C , sedangkan suhu di titik E, F, G, H dan I seluruhnya mencapai suhu 100°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 coil). 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°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°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

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

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

Bila proses pasteurisasi didasarkan pada mikro- target *A. acidoterrestris* yang memiliki ketahanan nas yang lebih tinggi, nilai P untuk semua pengukuran netrasi panas hanya terpenuhi bila didasarkan pada nilai , dengan siklus 2D. Untuk siklus 3D, beberapa nilai P ng diperoleh masih lebih rendah dibandingkan nilai P_{80} abel 4). Proses pasteurisasi tidak memadai untuk mem- nuh *B. polymyxa*, *B. macerans* dan *B. pasteurianum* ngan menerapkan siklus 6D. Nilai pasteurisasi pada berapa *batch* proses hanya mencukupi bila diterapkan us 2D dan 3D.

Pada kenyataannya, pada kondisi pH *nata de coco* 3-3.9), *B. polymyxa*, *B. macerans* dan *B. pasteurinum* sebut lebih sulit tumbuh. Dengan demikian, waktu oses 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 pasteu- rizer 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 ma- sing-masing mikroba target.

Proses pasteurisasi *nata de coco* iris (ukuran 15x15x 15±2 mm³ per irisan dengan berat bersih 2,000 g) yang dikemas dalam plastik polietilen berlapis nilon (ukuran 320x230x 0.16 mm³) pada suhu 98±2°C sudah memadai untuk membunuh sel vegetatif, kapang, khamir, *B. coa- gulans*, *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. I-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/acidifiedlacf/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 *Byssoschlamys nivea*, *Byssoschlamys 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 *Byssoschlamys 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>