

UJI KETAHANAN DAN KECUKUPAN PANAS TERHADAP INAKTIVASI POPULASI MIKROBA PADA PASTEURISASI SARI MURNI JERUK SIAM

Ermi Sukasih dan Setyadjit

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapenan Pertanian

Penelitian ini dilakukan dalam rangka mendukung kegiatan pengembangan teknologi pengolahan jeruk Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapenan Pertanian di lokasi Tebas, Kalimantan Barat. Salah satu keluaran dari kegiatan ini adalah jus jeruk sari murni. Pasteurisasi adalah merupakan tahapan kritis dalam proses pembuatan sari murni jeruk Siam karena menyangkut kecukupan panas yang dihasilkan untuk inaktivasi populasi mikroba. Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji ketahanan panas dan kecukupan panas populasi bakteri dan kapang/khamir pada pasteurisasi sari murni jeruk Siam. Uji ketahanan panas populasi mikroba dilakukan dengan metode tabung dengan pemanasan pada kombinasi suhu dan waktu 55,60,65, 70, 75 dan 80°C selama 5,10,15 dan 20 menit. Parameter yang diamati adalah jumlah mikroba awal dan akhir setelah pemanasan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa populasi bakteri pada sari murni jeruk Siam mempunyai ketahanan panas yang lebih tinggi (nilai $z = 46,30^{\circ}\text{C}$) daripada populasi kapang/khamir (nilai $z = 17,24^{\circ}\text{C}$). Nilai P pada suhu referensi 85°C untuk pasteurisasi sari murni jeruk Siam dengan sistem pasteurisasi 3D adalah 11,26 menit. Implikasi dari hasil penelitian ini adalah bahwa untuk memproduksi jus jeruk sari murni di lapang diperlukan proses pasteurisasi pada suhu 85°C selama 11,26 menit.

Kata Kunci: jeruk Siam, sari murni, kecukupan panas, ketahanan panas, pasteurisasi

ABSTRACT. Ermi Sukasih and Setyadjit. 2006. **Determination of Heat Resistant and Heat Adequacy Value to Inactivate the Microorganism Population in Pasteurized Single Strength Citrus "Siam" Juices.** The research was done in order to support citrus processing technology development program conducted by Indonesian Centre for Agriculture Postharvest Research and Development at Tebas-West Kalimantan. One of activity as output was line process of single strength citrus juices. Pasteurization is a critical step of this process because of the minimum heat dosage that needed for inactivation of microbe population. The aim of research was to determine heat resistant and heat adequacy value of single strength juices. The method was heating the tubes which contained single strength citrus juices with combination of time and temperature pasteurization at 55, 60, 65, 70,75 and 80°C during 5, 10, 15 and 20 minutes. The results showed that bacteria population with z value equal to 46.30°C has higher heat resistant value than yeast/mold population with z value equal to 17.24°C . P value for 3D pasteurization of single strength citrus "Siam" juice was 11.26 minute at T_{ref} for acid foods, which means that it will achieve heat adequacy treatment if it was pasteurized at time and temperature which have P value equal to 11.26 minute. Implication of the research was for production of single strength citrus juices it is needed pasteurization at temperature 85°C for 11.26 minutes.

Keywords: Citrus "Siam", single strength juices, heat adequacy, heat resistant, pasteurization

PENDAHULUAN

Jeruk Siam merupakan salah satu komoditas buah yang potensial untuk dikembangkan menjadi produk olahan seperti sari buah, selai, jam, sirup, *candy* dan lain-lain. Produksi jeruk di Indonesia pada tahun 2005 adalah 1.529.824 ton dimana lebih dari 90% adalah varietas Siam (1.441.680 ton). Produksi buah jeruk Siam sangat melimpah khususnya di Propinsi Kalimantan Barat sehingga menyebabkan harga buah jeruk rendah terutama untuk *grade* D dan E. Jeruk Siam dikelompokkan menjadi lima kelas (*grade*) berdasarkan diameter buahnya yang meliputi *grade* A, B, C, D dan E. Jeruk Siam *grade* A,B, dan C biasanya dijual dalam bentuk segar, sedangkan *grade* D dan E harganya sangat murah bahkan kadang-kadang tidak laku untuk dijual. Buah jeruk dengan *grade* D dan E lebih cocok untuk diolah lebih lanjut agar nilai ekonomisnya lebih meningkat. Selain itu, jeruk Siam baik *grade* A,B dan

C maupun *grade* D dan E yang telah kelewat matang juga mempunyai harga yang sangat murah, padahal jeruk yang seperti inilah yang paling baik untuk diolah menjadi sari murni karena selain mempunyai warna yang menarik, rasa pahitnya berkurang dan lebih stabil dalam penyimpanan (Setyadjit *et al.*, 2005)

Pengolahan buah jeruk Siam menjadi sari murni mempunyai beberapa keuntungan yaitu selain dapat meningkatkan nilai tambah, dalam bentuk sari murni lebih mudah didistribusikan dan mempunyai daya simpan yang lebih lama. Selain itu sari murni merupakan produk *intermediate* yang dapat dikonsumsi langsung ataupun digunakan sebagai campuran untuk pembuatan produk lain yang mempunyai cita rasa buah jeruk. Akhir-akhir ini masyarakat lebih sadar dan lebih memilih bahan cita rasa alami buah asli daripada flavor sintesis, sementara di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri *puree* atau sari murni sampai saat ini masih mengimpor.

Pasteurisasi merupakan salah satu tahapan dalam proses pembuatan sari murni jeruk Siam yang paling kritis. Pasteurisasi adalah untuk memperpanjang umur simpan bahan pangan melalui pemanasan pada suhu di bawah 100°C yang bertujuan untuk membunuh mikroorganisme seperti bakteri, kapang dan khamir serta menginaktivasi enzim yang terdapat dalam bahan pangan itu sendiri dengan masih mempertimbangkan mutunya (Fellow, 1992). Keberhasilan dari suatu proses pasteurisasi adalah terpenuhinya kecukupan energi panas untuk menginaktivasi mikroorganisme yang menyebabkan kerusakan pada produk tersebut. Panas yang tidak cukup dalam proses pasteurisasi dapat menyebabkan kerusakan selama produk dipasarkan seperti kasus yang pernah terjadi di sebuah pabrik *puree* mangga dimana pada waktu pemasaran *puree* mangga yang dikemas dalam botol plastik mengembang dan akhirnya meledak mengeluarkan gas (Sholeh, 2005).

Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan pengujian ketahanan panas dan kecukupan panas untuk membunuh populasi mikroba pada proses pasteurisasi sari murni jeruk Siam. Sampai saat ini belum ada standar suhu dan waktu yang tepat untuk proses pasteurisasi sari murni jeruk Siam. Selain itu belum banyak yang melakukan penelitian mengenai perhitungan kecukupan panas untuk produk jus dan *puree* buah-buahan (Umme *et al.*, 1997). Penelitian kecukupan panas yang telah dilakukan adalah pada proses pasteurisasi *puree* mangga dimana diperoleh nilai P yang sesuai dengan standar 5D adalah sebesar 16,2 menit (Sukasih, 2005).

Ketahanan panas suatu mikroba dinyatakan dengan nilai D dan nilai z, sedangkan kecukupan panas dinyatakan dengan nilai P. Nilai D adalah waktu yang diperlukan untuk mereduksi mikroba sebesar satu siklus log pada suhu tertentu. Nilai z adalah perubahan suhu yang menyebabkan reduksi mikroba sebesar satu nilai D. Nilai P adalah waktu pemanasan pada suhu tertentu yang diperlukan untuk mencapai nilai pasteurisasi tertentu, dimana pada sterilisasi disebut nilai F (Heldman dan Singh, 2001).

Penelitian ini bertujuan untuk menguji ketahanan panas dan kecukupan panas populasi mikroba meliputi bakteri dan kapang/khamir pada pasteurisasi sari murni jeruk Siam. Dengan kata lain untuk mengetahui berapa suhu dan waktu yang mempunyai panas yang cukup untuk inaktivasi mikroba pada proses pasteurisasi sari murni jeruk Siam.

BAHANDAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Bogor dari bulan Juli sampai Desember 2005. Bahan baku yang digunakan adalah buah jeruk Siam

Pontianak yang diperoleh langsung dari Kecamatan Tebas, Kabupaten Sambas, Kalimantan Barat. Buah jeruk ini diperam selama dua hari dalam suhu kamar sehingga diperoleh buah jeruk yang matang dengan kriteria kulit buah berwarna kekuningan dengan tekstur buah melunak. Buah jeruk dicuci lalu dikupas dan diberi perlakuan *lye peeling* dengan cara mencelupkan buah jeruk ke dalam larutan NaOH 12% dan dibilas dengan air mengalir dan dicelupkan ke dalam larutan asam sitrat 2% untuk mengurangi rasa pahit. Buah jeruk lalu ditiriskan dan dihancurkan dengan mesin *pulper* hasil rekayasa dari Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian. Untuk memisahkan antara filtrat dan ampas maka dilakukan penyaringan sehingga diperoleh sari murni jeruk Siam.

Media yang digunakan untuk pertumbuhan mikroba adalah PDA (*Potato Dextrose Agar*) dan NA (*Nutrient Agar*) merek Oxoid. Bahan-bahan lainnya yang digunakan adalah air destilata, Asam Tartrat dan Natrium Chlorida. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *waterbath*, otoklaf, inkubator, timbangan analitik, tabung reaksi, *laminar air flow*, *coloni counter* dan oven.

Pengukuran ketahanan panas isolat mikroba dilakukan dengan metode tabung (Yamazaki *et al.*, 1997). Prosedur pengujian ketahanan panas populasi mikroba pada sari murni jeruk Siam Pontianak dilakukan pada kombinasi suhu (55,60,65, 70, 75 dan 80°C) dan waktu (5,10,15 dan 20 menit). Sebanyak tiga puluh tabung reaksi sampel dan satu tabung reaksi kontrol berukuran diameter 12 X 10 cm diisi dengan 10 ml sari murni jeruk. Pengukuran suhu bagian dalam sari murni dilakukan dengan mencelupkan termometer pada tabung reaksi kontrol. Tabung sampel dan tabung kontrol dipanaskan dalam *waterbath*, waktu perlakuan mulai dihitung pada saat suhu pada termometer tabung kontrol telah mencapai suhu yang dikehendaki dan dipertahankan sampai lama waktu yang dikehendaki sesuai dengan perlakuan. Setelah waktu pemanasan tercapai, tabung sampel segera diangkat dan didinginkan sampai mencapai suhu kamar. Selanjutnya dilakukan *plating*, sampel diambil sebanyak 1 ml dan dimasukkan kedalam 9 ml larutan pengencer steril maka diperoleh larutan dengan pengenceran 10^{-1} . Kemudian diambil sebanyak 1ml dan dimasukkan kedalam 9 ml larutan pengencer steril maka diperoleh larutan dengan pengenceran 10^{-2} dan seterusnya hingga diperoleh larutan dengan pengenceran 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} dan 10^{-6} . Larutan pada berbagai pengenceran tersebut masing-masing diambil sebanyak 1 ml dan dimasukkan ke dalam cawan petri steril lalu dituangkan media NA untuk menumbuhkan populasi bakteri, dan media PDA untuk menumbuhkan populasi kapang dan khamir. Inkubasi dilakukan pada inkubator pada suhu 37°C untuk pertumbuhan populasi bakteri selama 24 jam dan suhu kamar untuk pertumbuhan populasi kapang dan khamir

selama 48 jam, kemudian dilakukan penghitungan jumlah koloni. Penelitian ini dilakukan secara duplo dan diulang sebanyak tiga kali, jumlah mikroba akhir diperoleh dari nilai rata-rata pada masing-masing ulangan.

Penghitungan jumlah koloni juga dilakukan pada sari murni tanpa pemanasan untuk mengetahui jumlah mikroba awalnya. Nilai D ditentukan dengan membuat plot antara waktu pemanasan (t) sebagai sumbu X dan log jumlah mikroba setelah pemanasan sebagai sumbu Y, dimana nilai D adalah merupakan $1/|slope|$. Nilai z ditentukan dengan membuat plot antara suhu pemanasan (T) sebagai sumbu X dan nilai D setelah pemanasan sebagai sumbu Y, dimana nilai z adalah merupakan $1/|slope|$ (Heldman dan Singh, 2001). Nilai P sari murni jeruk dihitung pada setiap perlakuan kombinasi suhu 55,60,65,70,75,dan 80°C dan waktu pemanasan adalah 5,10,15 dan 20 menit. Nilai P dihitung dengan persamaan:

$$P = [10^{(T-T_{ref})/z}] t$$

dimana, T adalah suhu sari murni jeruk, T_{ref} merupakan suhu referensi pasteurisasi yaitu 85°C, nilai z adalah nilai z populasi bakteri. Selanjutnya dibuat grafik ketahanan panas populasi bakteri dengan membuat plot antara nilai P sebagai sumbu X dan jumlah populasi setelah pemanasan. Untuk menetapkan nilai P yang sesuai dengan standar 3D dimana target mikroba yang akan diturunkan adalah dari 10^4 menjadi 10^1 adalah dengan menarik garis horizontal pada sumbu Y yang mempunyai nilai 10^1 sampai memotong kurva dan ditarik garis vertikal sampai memotong sumbu X. Titik potong sumbu X adalah merupakan nilai P seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Dari nilai P tersebut dapat dibuat beberapa kombinasi suhu dan waktu pasteurisasi.

Tabel 1. Hasil perhitungan nilai D serta nilai z populasi bakteri pada sari murni jeruk Siam.

Table 1. Determination of D and z value of bacteria population on single strength citrus "Siam" juices

Suhu Pemanasan Heating Temperature(°C)	Waktu Pemanasan (menit) Heating Time (minute) (X)	Jumlah Bakteri (N) (koloni/ml) Number of bacteria (N) (coloni/ml)	Log N (Y)	Persamaan Garis Lurus Y=aX+b Linear Equation Y= aX+b	Nilai D D= 1/ a (menit) D value D= 1/ a (minute)
55	0	$3,5 \times 10^4$	4,54	Y= -0,0607X+4,5869 Dimana : Slope (a) = -0,0607 R ² = 0,981	D _{55°C} =16,47 Log = 1,21
	5	$2,1 \times 10^4$	4,32		
	10	$9,3 \times 10^3$	3,96		
	15	$5,9 \times 10^3$	3,77		
	20	$2,0 \times 10^3$	3,30		
60	0	$3,5 \times 10^4$	4,54	Y= -0,0662X+4,6254 Dimana : Slope (a) = -0,0662 R ² = 0,9606	D _{60°C} =15,11 Log = 1,17
	5	$2,5 \times 10^4$	4,40		
	10	$1,1 \times 10^4$	4,04		
	15	$3,1 \times 10^3$	3,49		
	20	$2,2 \times 10^3$	3,34		
65	0	$3,5 \times 10^4$	4,54	Y= -0,0979X+4,761 Dimana : Slope (a) = -0,0979 R ² = 0,9289	D _{65°C} =10,21 Log = 1,01
	5	$2,4 \times 10^4$	4,38		
	10	$9,3 \times 10^3$	3,97		
	15	$2,9 \times 10^3$	3,46		
	20	$3,6 \times 10^2$	2,56		
70	0	$3,5 \times 10^4$	4,54	Y= -0,1418X+3,5965 Dimana : Slope (a) = -0,1418 R ² = 0,6861	D _{70°C} =7,05 Log = 0,85
	5	$8,0 \times 10^1$	1,90		
	10	$7,0 \times 10^1$	1,85		
	15	$2,0 \times 10^1$	1,30		
	20	$3,0 \times 10^1$	1,30		
75	0	$3,5 \times 10^4$	4,54	Y= -0,1478X+3,2821 Dimana : Slope (a) = -0,1478 R ² = 0,5779	D _{75°C} =6,77 Log = 0,83
	5	$2,0 \times 10^1$	1,30		
	10	$1,5 \times 10^1$	1,18		
	15	$1,0 \times 10^1$	1,00		
	20	$1,0 \times 10^1$	1,00		
80	0	$3,5 \times 10^4$	4,54	-	-
	5	-	-		
	10	-	-		
	15	-	-		
	20	-	-		

Nilai z dari 5 suhu pemanasan (55,60,65,70 dan 75°C) sebagai sumbu X dan nilai log D (1,21; 1,17; 1,01;0,85;0,83) sebagai sumbu Y, maka diperoleh persamaan kurva TDT sebagai berikut:

$$Y = -0,0216X + 2,418 \text{ dengan nilai } R^2 = 0,9443 \text{ Slope (a) = -0,0216 Nilai } z = 1/|a| = 46,3^\circ\text{C}$$

Z values for five heating temperatures (55,60,65,70 dan 75°C) as X axis and log D(1.21; 1.17; 1.01;0.85; 0.83) as Y axis,

$$\text{So } Y = -0,0216X + 2,418, R^2 = 0,9443 \text{ Slope (a) = -0.0216 } z \text{ value} = 1/|a| = 46,3^\circ\text{C}$$

Keterangan/Remark: (-) populasi bakteri tidak tumbuh / bacteria population wasn't grown

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ketahanan Panas Populasi Mikroba Sari Murni Jeruk Siam

Pada Tabel 1 diberikan cara perhitungan nilai D dan z populasi pada berbagai suhu dan waktu pemanasan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jumlah populasi awal bakteri pada sari murni jeruk Siam sebelum proses pasteurisasi adalah lebih besar bila dibandingkan dengan jumlah populasi kapang/khamir awal. Hal ini akibat adanya proses pencucian dan pengupasan sehingga kapang yang awalnya menempel pada kulit jeruk akan hilang dan tidak mengkontaminasi sari murni. Maka dari itu biasanya mikroba yang lebih berperan terhadap kerusakan sari murni adalah didominasi oleh kelompok bakteri daripada kelompok kapang dan khamir. Menurut Alwazeer *et al.*, (2002) kelompok bakteri yang sering berada dan menyebabkan kerusakan pada jus jeruk adalah kelompok bakteri asam laktat khususnya *Lactobacillus* spp dan *Leuconostoc* spp.

Ketahanan panas mikroba adalah kemampuan suatu mikroba untuk tetap bertahan pada saat memperoleh perlakuan panas yang dinyatakan dengan besarnya nilai D dan nilai z. Makin besar nilai D dan nilai z suatu mikroba makin besar pula ketahanan panasnya. Pada Tabel 2 ditampilkan rekap nilai D dan z populasi bakteri sari murni jeruk Siam pada berbagai suhu dan waktu pemanasan.

Tabel 2 menunjukkan bahwa makin tinggi suhu pemanasan maka makin kecil nilai D nya. Nilai D adalah waktu yang diperlukan untuk mereduksi mikroba sebesar satu siklus log pada suhu tertentu, sehingga makin tinggi suhu pemanasan maka makin singkat waktu yang diperlukan untuk inaktivasi mikroba. Nilai D tertinggi dicapai pada pemanasan suhu 55°C yaitu 16,47 menit dan nilai terendah adalah pemanasan suhu 75°C yaitu 6,77 menit.

Mazzota dan Doyle (2000), mengatakan bahwa *S.typhimurium* pada medium TSB (*Triptic Soy Broth*) mempunyai nilai D55°C sebesar 14 menit sedangkan pada medium fosfat D55°C adalah 3,7 menit. Selanjutnya Mazzota (2001), melaporkan bahwa nilai D56°C *Salmonella* adalah 2,43 menit, D60°C adalah 0,44 menit, D62°C adalah 0,28 menit dengan nilai z sebesar 6,2°C dalam medium pemanasan jus anggur dengan pH adalah 3,9. Nilai D dan z sari murni jeruk Siam hasil penelitian mempunyai nilai yang lebih tinggi karena masih berupa populasi bakteri sedangkan yang disebutkan di atas adalah merupakan isolat. Bakteri dalam bentuk populasi lebih sulit diinaktivasi daripada bakteri dalam keadaan tunggal sebagai isolat karena dalam bentuk populasi akan terjadi kompetisi mikroba sehingga berpengaruh terhadap toleransi panas yang diterima.

Pada Tabel 3 diberikan cara perhitungan nilai D dan z populasi kapang/khamir pada berbagai suhu dan waktu pemanasan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jumlah awal populasi kapang/khamir pada sari murni jeruk Siam lebih rendah karena pada proses pembuatan sari murni dilakukan proses *lye peeling*, dimana proses tersebut terbukti mampu menurunkan jumlah mikroba awal dari 10⁶ menjadi lebih rendah (Setyadjit *et al.*, 2005).

Kelompok kapang/khamir yang sering berada dan menyebabkan kerusakan pada jus jeruk adalah khamir *Sacharomyces* spp dan *Candida* spp sedangkan untuk kelompok kapang adalah *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp, *Mucor* sp, dan *Rhizopus* sp (Alwazeer *et al.*, 2002). Pada Tabel 4 ditampilkan nilai D dan z populasi kapang/khamir sari murni jeruk Siam pada berbagai suhu dan waktu pemanasan.

Tabel 4 menunjukkan bahwa populasi kapang/khamir pada sari murni jeruk Siam mempunyai ketahanan panas yang lebih rendah dibandingkan dengan populasi bakteri (Tabel 2). Hal ini ditandai dengan nilai D dan z populasi kapang/khamir yang lebih kecil bila dibandingkan dengan nilai D dan z pada populasi bakteri. Pada suhu pemanasan 70°C populasi kapang sudah tidak bisa dideteksi atau sudah inaktif.

Seperti halnya yang terjadi pada populasi bakteri, populasi khamir/kapang ini juga mempunyai nilai D dan z yang lebih tinggi dari hasil penelitian terdahulu seperti yang dilaporkan oleh Tchango *et al.*, (1997) bahwa pada media jus nenas (pH 3,95), *Candida pelliculum* mempunyai nilai D65°C sebesar 3,2 menit, D75°C sebesar 1,5 menit dan nilai z sebesar 31,75°C. Sedangkan pada *nectar* jambu biji dengan pH 3,15 mempunyai D65°C sebesar 2,49 dan nilai z sebesar 34,84°C. Garza *et al.* (1994), juga melaporkan bahwa D60°C dari *S.cereviceae* dalam *puree peach* (pH 3,9) adalah 0,53 menit

Hasil penelitian Shearer *et al.*, (2002) menyebutkan bahwa *A.niger* dalam medium pemanasan 0,1M buffer sitrat (pH 4,0) mempunyai nilai D60°C sebesar 0,449 menit dengan nilai z sebesar 3,6°C. Sedangkan menurut Samson

Tabel 2. Nilai D dan z populasi bakteri sari murni jeruk Siam pada berbagai suhu pemanasan

Table 2. D and z value of bacteria population on single strength citrus "Siam" juices at several heating temperature

Suhu pemanasan (°C)	Nilai D (menit)	Nilai z (°C)
Heating temperature (°C)	D value (minute)	z value (°C)
55	16,47	46,30
60	15,11	
65	10,21	
70	7,05	
75	6,77	
80	-	

Keterangan/Remark:

(-) tidak dilakukan perhitungan/ uncalculated

Tabel 3. Hasil perhitungan nilai D serta nilai z populasi kapang/khamir pada sari murni jeruk Siam pada berbagai suhu dan waktu pemanasan

Table 3. Determination of D and z value of mould/yeast population on single strength citrus "Siam" juices at several temperature and heating time

Suhu Pemanasan Heating Temperature (°C)	Waktu Pemanasan Heating Time (minute) (X)	Jumlah Bakteri (N) (koloni/ml) Number of bacteria (N) (coloni/ml)	Log N (Y)	Persamaan Garis Lurus Y=aX+b Linear Equation Y= aX+b	Nilai D D= 11/a (menit) D value D= 11/a (minute)
55	0	1,8 x 10 ³	3,26	Y= -0,061X+3,2975 Dimana : Slope (a) = -0,061 R ² = 0,8664	D _{55°C} =16,39 Log = 1,21
	5	1,7 x 10 ³	3,23		
	10	3,1 x 10 ²	2,49		
	15	1,7 x 10 ²	2,23		
	20	1,7 x 10 ²	2,23		
60	0	1,8 x 10 ³	3,26	Y= -0,2352X+3,2553 Dimana : Slope (a) = -0,2352 R ² = 1	D _{60°C} =4,25 Log = 0,62
	5	1,2 x 10 ²	2,08		
	10	-	-		
	15	-	-		
	20	-	-		
65	0	1,8 x 10 ³	3,26	Y= -0,2352X+3,2553 Dimana : Slope (a) = -0,2352 R ² = 1	D _{65°C} =4,25 Log = 0,62
	5	1,2 x 10 ²	2,08		
	10	-	-		
	15	-	-		
	20	-	-		
70	0	1,8 x 10 ³	3,26	-	-
	5	-	-		
	10	-	-		
	15	-	-		
	20	-	-		
75	0	1,8 x 10 ³	3,26	-	-
	5	-	-		
	10	-	-		
	15	-	-		
	20	-	-		
80	0	1,8 x 10 ³	3,26	-	-
	5	-	-		
	10	-	-		
	15	-	-		
	20	-	-		

Nilai z dari 3 suhu pemanasan (55,60 dan 65°C) sebagai sumbu X dan nilai log D (1,21; 0,62; 0,62) sebagai sumbu Y, maka diperoleh persamaan kurva TDT sebagai berikut:

$$Y = -0,059X + 4,3567 \text{ dengan nilai } R^2 = 0,75 \quad \text{Slope (a)} = -0,059 \quad \text{Nilai } z = 11/a = 17,24^\circ\text{C}$$

Z values for three heating temperatures (55,60 and 65°C) as X axis and log D (1,21; 0,62; 0,62) as Y axis,

$$\text{So } Y = -0,059X + 4,3567, R^2 = 0,75 \quad \text{Slope (a)} = -0,059 \quad z \text{ value} = 11/a = 17,24^\circ\text{C}$$

Keterangan/Remark: (-) populasi kapang/khamir tidak tumbuh / mould/yeast population wasn't grown

et al., (1981) nilai D_{60°C} *A.niger* adalah 2,2 menit. Tingginya nilai D dan z pada populasi kapang/khamir pada sari murni jeruk Siam selain diduga oleh karena faktor media pemanasan yang berbeda, juga disebabkan karena bentuk populasi lebih sulit diinaktivasi daripada isolat.

Tabel 4. Nilai D dan z populasi kapang/khamir sari murni jeruk Siam pada berbagai suhu dan waktu pemanasan

Table 4. D and z value of mould/yeast population on Siam Single Strength citrus "Siam" juices at several temperature heating

Suhu pemanasan (°C) Heating temperature (°C)	Nilai D (menit) D value (minute)	Nilai z (°C) z value (°C)
55	16,39	17,24
60	4,25	
65	4,25	
70	-	
75	-	
80	-	

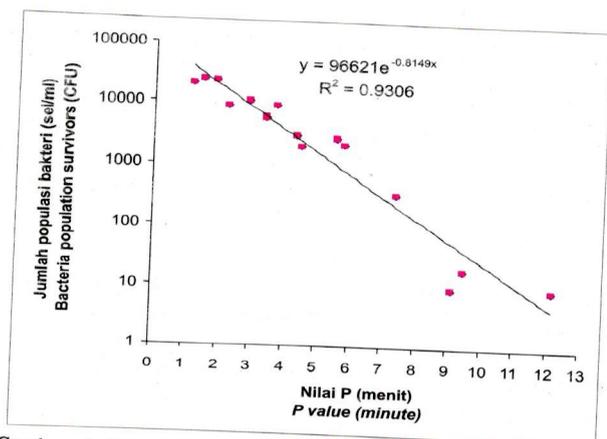
Keterangan/Remark :

(-) tidak dilakukan perhitungan/ uncalculated

Populasi bakteri mempunyai ketahanan panas yang lebih tinggi dari pada populasi kapang/khamir. Dengan demikian maka grafik ketahanan panas populasi bakteri dengan nilai z adalah 46,30 digunakan sebagai patokan untuk menghitung kecukupan panas. Dalam industri pengolahan buah-buahan yang melibatkan proses pemanasan, kecukupan panas perlu dihitung untuk

Tabel 5. Kombinasi suhu dan waktu pasteurisasi jeruk Siam yang mempunyai nilai P sebesar 11,26 menit
Table 5. Combination of time and pasteurization temperature of Citrus "Siam" with P value 11.26 minutes

Nilai P (menit) P value (minute)	Suhu (°C) Temperature (°C)	Waktu (menit) Time (minute)
11,26	65	30,44
11,26	70	23,74
11,26	75	18,51
11,26	80	14,43
11,26	85	11,26



Gambar 1. Penetapan nilai P sesuai standar 3D pada pasteurisasi sari murni jeruk Siam

Figure 1. Determination of P value following 3D standard of single strength citrus "Siam" juices

menetapkan suhu dan waktu pasteurisasi yang optimal (Heldman dan Singh, 2001). Kecukupan panas dinyatakan dengan nilai pasteurisasi atau nilai P. Nilai P (*pasteurization value*) adalah waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai pasteurisasi pada suhu tertentu.

Perhitungan Kecukupan Panas Pada Pasteurisasi Sari Murni Jeruk Siam

Untuk menghitung proses pemanasan pada pasteurisasi biasanya digunakan konsep 5D atau di bawahnya tergantung jumlah mikroba awalnya (Fellow 1992). Karena jumlah mikroba awal dalam jus jeruk Siam pada penelitian ini adalah 10^4 CFU, maka untuk membunuh mikroba pada jus jeruk diperlukan dosis panas sebesar 3D sehingga diperoleh jumlah mikroba akhir sebesar 10^1 . Pada Gambar 1 diberikan cara penetapan nilai P sesuai standar 3D pada pasteurisasi sari murni jeruk Siam.

Pada Gambar 1 dilakukan penarikan garis vertikal pada sumbu Y pada angka 10 sampai memotong kurva maka diperoleh nilai pada sumbu X adalah 11,26 menit yang merupakan nilai P. Pada Tabel 5 ditampilkan berbagai kombinasi suhu dan waktu pasteurisasi yang mempunyai nilai P sebesar 11,26 menit. Nilai P sari murni jeruk Siam hasil penelitian ini cenderung lebih tinggi daripada yang disebutkan dalam Tucker *et al.*, (2003), bahwa nilai P untuk produk buah-buahan dengan keasaman tinggi adalah 5 menit pada suhu 85°C dengan Tref (suhu referensi pasteurisasi) adalah 85°C dan nilai z sebesar 10°C. Hal ini diduga karena tidak ditambahkan bahan pengawet sehingga diduga reduksi mikroba hanya disebabkan oleh panas saja.

KESIMPULAN

1. Populasi bakteri pada sari murni jeruk Siam mempunyai ketahanan panas yang lebih tinggi daripada populasi kapang/khamir.

2. Sistem pasteurisasi 3D adalah merupakan pasteurisasi sari murni jeruk Siam yang telah terpenuhi kecukupan panasnya. Pada sistem ini diperoleh nilai P sebesar 11,26 menit. Agar tercapai nilai kecukupan panasnya maka proses pasteurisasi sari murni jeruk Siam sebaiknya dilakukan pada kombinasi suhu dan waktu yang mempunyai nilai P sebesar 11,26 menit.
3. Pasteurisasi dengan sistem 3D terdiri dari suhu 85 °C selama 11,26 menit, 80 °C selama 14,43 menit, 75 °C selama 18,51 menit, 70 °C selama 23,74 menit dan 65 °C selama 30,44 menit.

DAFTAR PUSTAKA

- Alwazeer, D. R. Cachon and C. Divies. 2002. Behavior of *Lactobacillus plantarum* and *Sacharomyces cerevisiae* in fresh and thermally processed orange juice. *J. Food Protection*. 65(10):1586-1589.
- Fellow, P.J. 1992. Food Processing Technology. CRC Press. New York .
- Garza, S, J.A. Teixido, V. Sanxchis, I. Vinas and S. Condon. 1994. Heat resistance of *S.cereviceae* strains isolated from spoiled peach puree. *J.Food Microbiol* 23:209-213.
- Heldman, D.R and R.P. Singh. 2001. Introduction to Food Engineering. London: Academic Press.p. 334-339.
- Mazzota, S and M.E. Doyle. 2000. Review of studies on the thermal resistance of *Salmonellae*. *J.Food Protection* 63:779-795.
- Mazzota, A.S. 2001. Thermal inactivation of stationary-phase and acid adapted *E.coli* O157:H7, *Salmonella*, and *L.monocytogenes* in fruit juices. *J. Food Protection* 64:315-320.
- Samson, R.A, E.S. Hoekstra and A.N. Oorschot. 1981. Introduction to Food Borne Fungi. Netherlands: Institute of the Royal Netherlands. Academy of Arts and Science.
- Setyadjit, *et al.* 2005. Penelitian Teknologi Pengolahan Jeruk. Laporan Akhir Tahun. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian.
- Shearer, A.E, A.S. Mazzota, R. Chuyate and Gombas. 2002. Heat resistance of juice spoilage microorganism. *J.Food Protection* 65:1271-1275.
- Sholeh. 2005. Komunikasi pribadi. CV. Promindo Utama Cirebon.
- Sukasih, E. 2005. Analisis Kecukupan Panas Pada Proses Pasteurisasi Puree Mangga. Tesis. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Tchango, J.T, R. Tailliez, P.Njine and J.P. Honez. 1997. Heat resistance of spoilage yeast *C.pelliculosa* and *K.apis* and pasteurization values for some tropical fruit juices and nectars. *J.Food Micro*. 14:93-99.
- Tucker, G.S, T. Lambourne, J.B.Adams and A.Lach. 2003. Application of a biochemical time-temperatur integrator to estimate pasteurisation values in continuous food processes. *J. Innovative Food Sci & Emerging Tech* 3:165-174.
- Umme, A, B.A. Asbi, Y. Salmah, A.H. Junainah and B. Jamilah. 1997. Characteristics of soursop natural puree and determination of optimum conditions for pasteurization. *J. Food Chem*. 58:119-124.
- Yamazaki ,K, Y. Kawai, N. Inoue and H. Shinano. 1997. Influence of sporulation medium and divalent ions on the heat resistance of *Alicyclobacillus acidoterrestris* spores. *Letters in Appl. Micro*. 25:153-156.