

PERLAKUAN PANAS MENDIDIH PADA PEMBUATAN MILK-TEA DALAM KEMASAN (KAJIAN PADA INDUSTRI SKALA KECIL)

*Boiling Temperature-Heat Treatment in Bottled Milk Tea Production
(A Study for Small Scale Industry)*

Yoga Pratama, Setya Budi M. Abduh

Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro,
Kampus UNDIP Tembalang, Semarang-50275, Indonesia
Email korespondensi: yoga.pratama@undip.ac.id

Abstract

Heating until boiling temperature has been a food safety standard for many Indonesian. The purpose of this study was to evaluate the effect of several heat treatment profiles towards the thermal death time value, pH, and microbiological aspect of bottled milk tea during cold storage. The bottled milk tea products was prepared from tea extract which was added with creamer and sugar to reach a soluble solid content of 16 °Brix, and fat content of 2.9 % (m/v). The mixture was then heated until boiling and held for several different holding times (i.e. unboiled; boiled; boiled + 5' holding; and boiled + 10' holding). Thermal death time value was calculated using two microbiological references, namely Clostridium botulinum and Coxiella burnetii. The result showed that the heating treatment applied gave a much higher effect than pasteurization standard, whereas it did not reach the sterilization level. Highest log reduction reached 1.87 and shockingly high 9.36×10^9 log reduction, when calculated using C. botulinum and C. burnetii as reference, respectively. Higher heating intensity caused pH increase which may be associated with the ammonia production. Microbiological growth during storage were observed in "unboiled" and "boiled" treatment which reached 6.6×10^3 cfu/ml and 36 cfu/ml, respectively, while the other treatments did not show any growth. "Boiled" treatment was deemed as the most optimum which gave a 5 weeks product shelf life.

Key words: thermal death time; boiling temperature; milk tea; pH; C. botulinum; C. burnetii.

PENDAHULUAN

Proses produksi yang relatif mudah menjadi salah satu alasan banyaknya industri pangan skala kecil dan menengah. Hal ini terlihat apabila dibandingkan dengan usaha manufaktur sektor lain yang membutuhkan modal, alat dan keterampilan khusus. Fakta bahwa setiap orang memiliki dapur di rumahnya menjadi pendorong besarnya wirausahawan di bidang pangan. Sayangnya, usaha produksi pangan skala kecil seringkali tidak disertai dengan pengetahuan teknis yang

baik sehingga dapat mempengaruhi mutu dan keamanan produk yang dihasilkan.

Produksi minuman dalam kemasan merupakan contoh usaha pangan yang dapat dilakukan dalam skala kecil. Produk siap konsumsi tanpa perlu pengolahan lanjut seperti ini membutuhkan upaya khusus agar keamanan dan mutu produknya terjamin, khususnya dari aspek mikrobiologisnya. Teknik yang paling umum dipakai dan dikenal keefektifannya untuk menjaga keamanan produk pangan dari sisi mikrobiologisnya adalah proses pemanasan. Proses pemanasan berperan dalam membunuh

mikroba pembusuk dan patogen yang berpengaruh negatif pada mutu produk. Lebih dari itu, proses pemanasan juga seringkali menjadi tahap proses esensial untuk mendapatkan karakteristik organoleptik yang diinginkan.

Pemanasan dengan konsep pasteurisasi dan sterilisasi pada produksi minuman dalam kemasan sudah dikenal luas dan diaplikasikan pada banyak industri pangan. Akan tetapi, pada industri skala kecil, masih banyak produsen yang menganut prinsip pemanasan hingga air mendidih untuk memastikan keamanan produknya. Salah satu alasannya adalah kurangnya pengetahuan produsen akan teknik pemanasan yang baik. Alasan kedua adalah sulitnya mengontrol suhu pemanasan dengan akurat tanpa didukung peralatan proses yang memadai, seperti umumnya pada industri kecil. Sebagai contoh, aplikasi pasteurisasi, yang menggunakan target suhu di bawah suhu air mendidih ($\pm 100^{\circ}\text{C}$), sulit dijaga konstan dan akan cenderung melebihi suhu yang ditetapkan. Di sisi lain, aplikasi sterilisasi yang menuntut suhu di atas suhu air mendidih ($\pm 121^{\circ}\text{C}$) juga tidak dapat dicapai dengan sistem pemanasan kompor-panci biasa. Terlebih lagi konsep UHT (*ultra high temperature*) yang banyak digunakan oleh industri minuman besar, bahkan menuntut suhu yang lebih tinggi lagi namun dengan waktu tahan yang hanya dalam hitungan detik (Deeth & Datta, 2011). Tentunya teknik ini tidak relevan untuk diaplikasikan di industri kecil.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa beberapa profil pemanasan berbasis suhu pemanasan air mendidih dengan menghitung nilai *thermal death rate*-nya yang kemudian dikaitkan dengan parameter mikrobiologis produk yang dihasilkan, juga selama penyimpanannya. Produk yang menjadi

objek penelitian adalah produk *milk-tea* dalam kemasan (MTDK), di mana teh merupakan jenis minuman yang sangat populer dalam budaya Indonesia. Sedangkan, penambahan susu mewakili trend produk yang berkembang sekaligus sebagai faktor penambah resiko yang perlu diperhatikan mengingat susu merupakan bahan yang sangat mudah terkontaminasi oleh pertumbuhan mikroba. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mengilustrasikan tingkat keamanan pangan produk minuman dalam kemasan yang diproduksi pada skala kecil.

METODOLOGI

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi daun teh kering, air, krim kental manis, gula pasir, bubuk krim nabati, botol PET, alkohol 70%.

Alat

Alat-alat yang digunakan adalah *Brix analyser*, timbangan analitik, mikropipet, lemari laminar, inkubator, panci, kompor, kain saring, *data logger*, alat-alat gelas, pH meter (Hanna HI 8424).

Pembuatan *milk-tea* dalam kemasan

MTDK disiapkan dengan mengacu ke metode oleh Pratama (2015) di mana ekstrak teh dengan konsentrasi 0.694 % (b/v) disiapkan dengan mencampurkan bubuk daun teh kering yang terbungkus kain saring steril dengan air akuades. Campuran dipanaskan perlahan sembari diaduk. Kain saring diperas dan dipisahkan dari ekstrak setelah campuran mendidih. Secara terpisah, gula dan krim kental manis bubuk dicampur kering dan kemudian segera ditambahkan pada ekstrak teh diikuti oleh krim kental manis sehingga didapatkan campuran akhir dengan padatan terlarut

sebesar 16 °Brix, dan kadar lemak sebesar 2.9 % (b/v).

Perlakuan panas kemudian diberikan ke campuran, yakni T0: tanpa pemanasan kembali, T1: pemanasan hingga mendidih, T2: pemanasan hingga mendidih dan *holding* selama 5 menit, dan T3: pemanasan hingga mendidih dan *holding* selama 10 menit. Pengisian secara *hot-filling* pada botol PET berukuran 250 ml yang sudah disterilkan dengan alkohol 70% dilakukan ketika suhu campuran mencapai $\pm 80^{\circ}\text{C}$ untuk menghindari deformasi botol. Botol yang telah tertutup rapat kemudian diberikan '*shock cooling*' dalam air dingin hingga tercapai suhu kamar. MTDK kemudian disimpan pada suhu lemari pendingin 5-10 °C untuk selanjutnya dianalisa. Analisa pertama dilakukan satu hari setelah produksi yang kemudian diulang setiap minggu selama 5 minggu penyimpanan. Setiap perlakuan diulang tiga kali.

Perhitungan perlakuan panas

Profil suhu selama perlakuan panas dengan interval 5 detik diamati menggunakan *data logger*, sehingga intensitas panas yang diterima tiap perlakuan dapat dihitung. Perhitungan intensitas panas dimulai ketika seluruh bahan dicampurkan, yakni setelah ekstrak teh mendidih dan bahan kering ditambahkan, hingga akhir proses pendinginan. Akumulasi intensitas panas selama proses yang disebut sebagai nilai F dihitung dengan mengacu pada persamaan 1 di bawah ini, sedangkan efek pengurangan mikroba yang dihasilkan (*survival ratio*) mengacu ke persamaan 2 (Corradini *et al.*, 2009).

$$F(t) = \int_0^t 10^{\frac{T(t)-T_{ref}}{z}} \quad (1)$$

$$\log_{10}S(t) = - \frac{F_0(t)}{D(T_{ref})} \quad (2)$$

Di mana t merupakan waktu dan T merupakan temperature yang tercatat selama proses dalam °C. Sedangkan T_{ref} merupakan suhu acuan untuk jenis mikroba tertentu yang didapatkan dari literatur. Nilai $D(T_{ref})$ merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mengurangi populasi mikroba sebanyak 1 log pada suhu acuan. Nilai z merupakan kenaikan suhu (dalam °C) yang dibutuhkan untuk mengurangi nilai D sebanyak 1 log. Baik nilai D dan nilai z mikroba acuan didapatkan dari literatur.

Uji Total Plate Count

Uji dilakukan dengan media Nutrient agar (Merck). Sebanyak 20 gram media dilarutkan dalam 1000 ml aquades dan selanjutnya disterilisasi di dalam autoclave selama 15 menit pada suhu 121°C. Media agar steril kemudian didinginkan hingga suhu $\pm 45^{\circ}\text{C}$ sebelum digunakan. Sampel MTDK diencerkan hingga mencapai angka pengenceran yang sesuai dengan menggunakan NaCl fisiologis 0.85% steril. Sebanyak 1 ml sampel MTDK yang sudah diencerkan kemudian diinokulasikan pada media NA, dan dilanjutkan dengan inkubasi selama 2x24 jam pada suhu 37°C. Pembacaan sampel setelah inkubasi dilakukan mengikuti aturan pembacaan nilai TPC.

Analisa pH

Analisa pH dilakukan menggunakan pH meter (Hanna HI 8424).

Analisa data

Data yang diperoleh kemudian diolah secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan nilai F (*thermal death time*)

Konsep perhitungan intensitas panas berkembang untuk memastikan keamanan pangan secara mikrobiologis dari efek pemanasan yang dilakukan. Efek pengurangan jumlah mikroba akibat pemanasan disebut sebagai *thermal deactivation*, dimana proses yang sama akan memberikan pengurangan yang berbeda-beda tergantung jenis bakterinya. Oleh karena itu, mikroba target atau acuan digunakan sebagai dasar perhitungan kecukupan intensitas panas.

Sebagai acuan perhitungan, penelitian kali ini menggunakan data ketahanan panas dua jenis mikroorganisme yakni *Clostridium botulinum* dan *Coxiella burnetii*. *C. botulinum* merupakan bakteri yang memiliki spora tahan panas dan biasa digunakan sebagai mikroba acuan pada proses sterilisasi komersial di mana level 12 *log reduction* umumnya diinginkan. Proses dengan $F_{121.1} = 3$, atau dapat dideskripsikan dengan proses pada suhu acuan 121.1°C selama 3 menit, diyakini dapat mencapai target sterilisasi komersial tersebut. *C. botulinum* pada media air memiliki nilai $D_{121.1}$ sebesar 3.1 detik, dan nilai z sebesar 8.5°C (Tucker & Featherstone, 2011). Di sisi lain, *C. burnetii* merupakan mikroba patogen penyebab ‘Q-fever’ dan umum digunakan sebagai mikroba acuan pada proses pasteurisasi susu yakni suhu pemanasan sebesar 72°C selama 15 detik yang telah diterima secara luas (Holsinger *et al.*, 1997). Cerf and Condron (2006) menyebutkan bahwa *C. burnetii* pada media susu memiliki nilai $D_{71.7}$ sebesar 2.21 detik dan nilai z sebesar 4.34°C.

Profil pemanasan berdasarkan keempat perlakuan dapat dilihat pada Ilustrasi 1. Setelah ekstrak teh mendidih, profil pemanasan

menunjukkan penurunan suhu hingga sekitar 80°C yang disebabkan oleh penambahan bahan-bahan kering dan pengadukan untuk memastikan kelarutannya. Selain perlakuan pertama yang tanpa pemanasan kembali, proses penurunan suhu ini terjadi selama kurang lebih 5 menit sebelum kembali naik, dan campuran kembali mendidih pada kurang lebih menit ke-10. Titik didih campuran terjadi pada suhu yang bervariasi, dari sekitar 100°C hingga paling tinggi mencapai 105°C. Suhu didih yang melebihi 100°C disebabkan kandungan padatan terlarut pada campuran. Asumsi bahwa tidak ada perubahan suhu selama *holding* di suhu mendidih ternyata tidak ditemukan selama percobaan, suhu campuran selama mendidih berfluktuasi sebesar 4-5°C.

Proses pencampuran manual menyebabkan variasi waktu pemanasan. Hal ini ditambah dengan suhu selama proses *holding* (mendidih) yang juga tidak pada suhu yang konstan menyebabkan profil pemanasan yang dihasilkan juga bervariasi. Seperti dapat dilihat pada Tabel 1, nilai standar deviasi dari data ulangan percobaan hingga mencapai 50% dari nilai rata-rata F-nya. Variasi suhu 4-5°C memberikan pengaruh yang cukup signifikan pada mikroba acuan *C. burnetii* yang memiliki nilai z sebesar 4.34°C karena intensitas panas yang diberikan akan berbeda sebesar 1 *log reduction* (10x lipat) lebih tinggi/rendah. Sedangkan pada mikroba acuan *C. botulinum* (Tabel 2) yang memiliki nilai z lebih tinggi yakni 8.5°C, menghasilkan standar deviasi yang lebih kecil.

Perhitungan nilai $F_{71.7}$ mengacu pada mikroba *C. burnetii* seperti dapat dilihat pada Tabel 1 menunjukkan nilai $F_{71.7}$ yang sangat tinggi, bahkan pada perlakuan panas yang paling rendah yakni perlakuan “tanpa mendidih” yang memiliki nilai F sebesar 7.29

$\pm 3.02 (x 10^7)$ detik. Mengacu pada konsep pasteurisasi susu seperti yang telah disebutkan di atas, nilai ini sangatlah berlebih. Pasteurisasi umumnya menargetkan pengurangan mikroba sebesar 6 *log reduction* (Nychas & Panagou, 2006), sedangkan proses pemanasan terendah pada percobaan setara dengan pengurangan sebesar 3.30×10^7 *log reduction*. Seperti terlihat pada Ilustrasi 1, profil panas perlakuan “tanpa mendidih” menyisakan panas pada proses ekstraksi teh ($\pm 100^\circ\text{C}$) yang menurun perlahan hingga suhu 80°C sebelum akhirnya diisikan dalam kemasan dan *shock cooling*. Proses penurunan suhu perlahan ini terjadi dalam kurun waktu lebih dari 200 detik, yang menunjukkan bahwa campuran terpapar suhu di atas 80°C pada kurun waktu tersebut. Kombinasi waktu dan suhu tersebut memang jauh lebih besar daripada proses acuan pasteurisasi susu yang hanya sebesar 72°C selama 15 detik.

Selain dihitung menggunakan *C. burnetti* sebagai acuan pasteurisasi susu, proses pemanasan dalam percobaan juga dihitung menggunakan *C. botulinum* seperti dapat dilihat pada Tabel 2. Perhitungan ini menunjukkan seberapa besar efek pemanasan terhadap pengurangan jumlah spora tahan panas. Hasil perhitungan menunjukkan nilai $F_{121.1}$ terendah pada perlakuan “tanpa mendidih” sebesar 0.13 ± 0.032 detik, sedangkan yang terbesar yakni pada perlakuan “mendidih + *holding* 10 menit” dengan nilai $F_{121.1}$ sebesar 5.81 ± 2.261 detik. Pemanasan ini setara dengan jumlah pengurangan spora tahan panas sebesar 0.04 *log reduction* untuk pemanasan dengan intensitas terendah dan sebesar 1.87 *log reduction* untuk pemanasan dengan intensitas tertinggi. Nilai ini masih belum memenuhi persyaratan sterilisasi komersial sebesar 12 *log reduction*, yang

mengindikasikan kemungkinan kontaminasi mikroba akibat germinasi spora yang masih bertahan.

Parameter mikrobiologis selama penyimpanan

Parameter total mikroba (*total plate count*) dari produk MTDK yang dihasilkan dari setiap perlakuan dihitung dengan menggunakan media Nutrient Agar. Seperti dapat dilihat pada Ilustrasi 2, tidak terdapat koloni mikroba pada produk fresh (minggu-0) dari setiap perlakuan. Hal ini menunjukkan jumlah mikroba pada produk hasil pemanasan berada di bawah limit deteksi metode yang digunakan. Hasil ini sesuai dengan perhitungan nilai F pada Tabel 1 yang menunjukkan bahwa proses dengan intensitas panas terendah saja, yakni “tanpa mendidih”, memberikan efek pengurangan mikroba yang sangat besar (3.30×10^7 *log reduction*). Dengan menggunakan acuan *C. burnetti*, pengurangan mikroba yang besar ini dapat dipahami sebagai pengurangan jumlah mikroba dalam bentuk sel vegetatif. Oleh karena itu, tidak adanya mikroba yang tumbuh pada produk fresh mengkonfirmasi dugaan teoritis perhitungan nilai F bahwa semua sel vegetatif mikroba telah mati akibat proses pemanasan.

Pengamatan selama penyimpanan di suhu dingin menunjukkan bahwa MTDK dengan perlakuan “tanpa mendidih” mengalami peningkatan jumlah mikroba setelah satu minggu penyimpanan. MTDK “tanpa mendidih” memiliki jumlah mikroba sebesar 135 koloni/ml setelah satu minggu penyimpanan, yang kemudian meningkat hingga mencapai 66.000 koloni/ml pada minggu kelima penyimpanan. Di sisi lain, MTDK dengan perlakuan “mendidih” baru mengalami pertumbuhan mikroba pada minggu

kelima penyimpanan yakni sebesar 35 koloni/ml. Pertumbuhan mikroba tidak terdeteksi pada MTDK hasil kedua perlakuan lainnya hingga minggu kelima penyimpanan.

MTDK yang memiliki jumlah mikroba tidak terdeteksi pada kondisi fresh, mengalami pertumbuhan mikroba selama penyimpanan. Kontaminasi lingkungan merupakan salah satu penyebab yang mungkin terjadi, namun pengamatan pada kondisi fisik botol MTDK menunjukkan kondisi vakum yang terjaga. Produk yang diisikan dalam kondisi panas dan kemudian disimpan dingin menyebabkan botol sedikit berubah bentuk akibat tekanan vakum, namun ketika dibuka botol kembali pada bentuknya semula. Berpegang pada kondisi kemasan yang terjaga, maka penyebab pertumbuhan mikroba dapat diduga berasal dari dalam produk MTDK itu sendiri yakni berupa adanya spora tahan panas yang kemudian bergerminasi.

Sesuai perhitungan pada Tabel 2, perlakuan pemanasan yang dilakukan tidak memberikan pengurangan jumlah spora tahan panas yang cukup. Pengamatan pertumbuhan mikroba selama penyimpanan mengkonfirmasi perhitungan teoritis nilai F tersebut. Kenaikan jumlah mikroba pada MTDK “tanpa mendidih” mengindikasikan bahwa pengurangan jumlah spora yang hanya sebesar 0.04 *log reduction* memang jauh dari cukup untuk mencegah kontaminasi mikroba akibat spora tahan panas. Bahan-bahan kering yang ditambahkan pada MTDK, seperti misalnya daun teh kering sebelum diseduh maupun gula dan krimmer bubuk memiliki potensi mengandung spora, yang dalam kondisi yang tepat dapat bergerminasi. Produk turunan susu yang diproses menjadi bubuk diketahui dapat mengandung spora tahan panas (Scott *et al.*, 2007).

Jumlah mikroorganisme merupakan salah satu parameter yang diatur dalam standar produk pangan. Mengacu ke SNI 01-3143-1992 tentang Minuman Teh dalam Kemasan, jumlah mikroba (*total plate count*) maksimum yang diijinkan adalah sebesar 200 koloni/ml. Oleh karenanya, dapat dilihat bahwa proses pemanasan yang berbeda menghasilkan masa simpan yang berbeda pula. Produk MTDK dari perlakuan “tanpa mendidih” hanya memiliki masa simpan selama 1 minggu di lemari pendingin, karena pada minggu kedua jumlah mikrobanya sudah mencapai 2500 koloni/ml. Sedangkan, ketiga perlakuan lainnya menghasilkan produk yang hingga akhir pengamatan (minggu kelima) memiliki jumlah mikroba di bawah 200 koloni/ml. Dari sisi mikrobiologisnya, masa simpan produk dari ketiga perlakuan ini setidaknya mencapai 5 minggu pada lemari pendingin.

Seperti yang telah dijelaskan di atas, kemasan MTDK terjaga selama penyimpanan sehingga kemungkinan kontaminasi selama penyimpanan adalah sangat kecil. Akan tetapi, kontaminasi masih mungkin terjadi selama proses pengisian ke dalam botol, di mana proses ini dilakukan di ruang yang tidak steril. Meskipun telah dilakukan beberapa pencegahan seperti halnya dengan teknik hot filling, botol yang telah disterilkan, kontaminasi dari udara masih mungkin terjadi. Hal ini merupakan titik lemah dari industri kecil. Pada industri besar, proses filling dapat dilakukan melalui sistem pipa tertutup dan dengan sistem pengisian aseptik yang menjaga produk dari kontaminasi ulang. Dalam penelitian ini, potensi kontaminasi selama proses pengisian terjadi pada semua perlakuan dan dianggap sebagai faktor spesifik pada industri skala kecil. Oleh karenanya, pengaruhnya diabaikan dan perbedaan hasil

pengamatan lebih didasarkan ke akibat perbedaan perlakuan panas pada spora tahan panas.

Parameter pH selama penyimpanan

Selain nilai *total plate count*, parameter pH juga dapat menjadi indikasi pertumbuhan mikroorganisme, seperti halnya pada perkembangan bakteri asam laktat yang umum ditemukan pada susu (Fernandes, 2008). Bakteri asam laktat menyebabkan penurunan pH pada fermentasi susu. Akan tetapi, seperti dapat dilihat pada Ilustrasi 3, nilai pH MTDK cenderung meningkat selama penyimpanan. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada bakteri asam laktat yang tumbuh pada produk MTDK, sesuai dengan hasil analisa TPC yang menunjukkan tidak ada mikroba yang tumbuh, kecuali pada perlakuan “tanpa mendidih”.

Kenaikan pH bisa disebabkan oleh bakteri pembusuk penghasil alkali/basa pada susu seperti misalnya *Pseudomonas spp.* dari aktivitas protease yang dihasilkannya (McPhee & Griffiths, 2011). Namun, data menunjukkan bahwa kenaikan pH dialami oleh produk dari semua perlakuan, tidak hanya perlakuan “tanpa mendidih” yang mengalami pertumbuhan mikroba selama penyimpanan. Oleh karena itu, besar kemungkinan kenaikan pH ini disebabkan oleh reaksi kimiawi dan bukan oleh aktivitas mikroba. Kompleksitas produk menjadikan identifikasi reaksi kimiawi yang terjadi sulit dilakukan. Meskipun demikian, terlihat dari data bahwa ada korelasi kenaikan pH terhadap perlakuan panas yang dilakukan. Pengamatan pH pada minggu-0 dan minggu-1 menunjukkan bahwa pH terendah dimiliki oleh perlakuan panas terendah yakni “tanpa mendidih” sedangkan pH tertinggi dimiliki oleh perlakuan panas tertinggi yakni “mendidih + *holding* 10 menit”. Pengamatan pada

penyimpanan minggu berikutnya secara umum menunjukkan peningkatan pH meski tidak ada pola khusus apabila dilihat dari segi perlakuan panasnya.

Salah satu reaksi yang mungkin terjadi adalah reaksi pembentukan ammonia yang bersifat basa. Produk MTDK mengandung protein dari bahan-bahan turunan susu yang dicampurkan. Protein ini kemungkinan mengalami degradasi menjadi ammonia akibat proses panas yang dilakukan. Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Yeung *et al.* (2006) yang menunjukkan adanya peningkatan kadar ammonia secara signifikan pada produk rekonstitusi susu formula yang dipanaskan. Seperti halnya susu formula, bahan krimmer baik yang berbentuk bubuk maupun cair yang digunakan pada penelitian ini mengalami proses panas dalam pembuatannya, dan kemudian ditambah lagi proses panas dalam pembuatan MTDK. Hal ini menyebabkan degradasi protein di dalam produk tersebut semakin signifikan, yang akhirnya ditunjukkan dengan naiknya kadar ammonia sebagai salah satu produk hasil degradasi protein. Dugaan adanya ammonia yang terbentuk juga didukung oleh adanya aroma yang sedikit menyengat, yang diasosiasikan dengan bau senyawa ammonia pada uji organoleptik produk secara kualitatif.

Hasil pengamatan pH di atas memberikan indikasi bahwa pemanasan yang terlalu lama akan memberikan dampak negatif terhadap kualitas produk. Di sisi lain, berdasarkan perhitungan *thermal death time*, perlakuan pemanasan suhu mendidih yang dilakukan berada di antara proses pasteurisasi dan sterilisasi, yang artinya potensi germinasi spora tetap masih ada meskipun pada perlakuan pemanasan terlama. Oleh karenanya, penulis menyimpulkan bahwa pemanasan yang

paling optimal adalah pada perlakuan “mendidih”. Pengamatan mikroorganisme menunjukkan bahwa produk MTDK dengan perlakuan tersebut masih memenuhi SNI hingga minggu ke 5 pada penyimpanan dingin. Masa simpan 5 minggu ini dirasa cukup bagi produsen skala kecil untuk memasarkan produknya walaupun untuk area distribusi yang terbatas. Hal ini juga didukung oleh hasil penelitian terdahulu dari Pratama (2015) yang menunjukkan bahwa aroma teh terbaik didapatkan pada produk MTDK dengan perlakuan “mendidih”.

KESIMPULAN

Proses pemanasan dengan suhu air mendidih memberikan efek *thermal death time* jauh di atas proses standar pasteurisasi namun tidak mencapai standar sterilisasi sehingga memungkinkan terjadinya germinasi spora tahan panas. Pemanasan yang lama mengindikasikan terjadinya degradasi protein yang menghasilkan senyawa *off-flavor* dan kenaikan pH. Pemanasan hingga mendidih menghasilkan MTDK yang mutunya dapat bertahan hingga 5 minggu dalam lemari pendingin dengan perlakuan optimal yakni pada perlakuan “mendidih”.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih pada *Passion tea* yang telah menyediakan bahan-bahan penelitian serta pada Bintang Rizki Darmawan dan Prima Dewi Ramadhani atas bantuan teknis selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Cerf, O., & Condon, R. 2006. *Coxiella burnetii and milk pasteurization: an early*

application of the precautionary principle? Epidemiology and Infection, 134(5), 946–951.

Corradini, M. G., Normand, M. D., & Peleg, M. 2009. *Direct Calculation of Survival Ratio and Isothermal Time Equivalent in Heat Preservation Processes*. In R. Simpson (Ed.), *Engineering Aspects of Thermal Food Processing*. Boca Raton: CRC Press.

Deeth, H. C., & Datta, N. 2011. *Ultra-High Temperature Treatment (UHT): Heating Systems*. In J. W. Fuquay, P. F. Fox, & P. L. H. McSweeney (Eds.), *Encyclopedia of Dairy Sciences*. (2nd ed., pp. 2:699–707). Oxford: Elsevier Ltd.

Fernandes, R. (Ed.). 2008. *Microbiology Handbook Dairy Products*. Surrey: Leatherhead Publishing.

Holsinger, V. H., Rajkowski, K. T., & Stabel, J. R. 1997. *Milk pasteurisation and safety: a brief history and update*. *Revue Scientifique et Technique (International Office of Epizootics)*, 16(2), 441–451.

McPhee, J. D., & Griffiths, M. W. 2011. *Pseudomonas spp.* In J. W. Fuquay, P. F. Fox, & P. L. H. McSweeney (Eds.), *Encyclopedia of Dairy Sciences*. (2nd ed., pp. 4:379–383). Oxford: Elsevier Ltd.

Nychas, G.-J. E., & Panagou, E. 2006. *Microbiological spoilage of foods and beverages*. In David Kilcast & P. Subramaniam (Eds.), *Food and Beverage Stability and Shelf Life*. (pp. 3–28). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

Pratama, Y. 2015. Sifat fisik dan karakteristik organoleptik minuman milk-tea dalam kemasan dengan perlakuan panas di atas suhu pasteurisasi: studi untuk industri pangan skala kecil. In Y. Pranoto, R. E.

Masithoh, & A. D. Nugrahini (Eds.), *The 1st National Student Seminar on Agricultural Technology 2015 The Synergy of Agricultural Technology, Needs and Environmental Sustainability*. Yogyakarta.

Scott, S. A., Brooks, J. D., Rakonjac, J., Walker, K. M. R., & Flint, S. H. 2007. *The formation of thermophilic spores during the manufacture of whole milk powder*. International Journal of Dairy

Technology, 60(2), 109–117.

Tucker, G., & Featherstone, S. 2011. *Essentials of Thermal Processing*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.

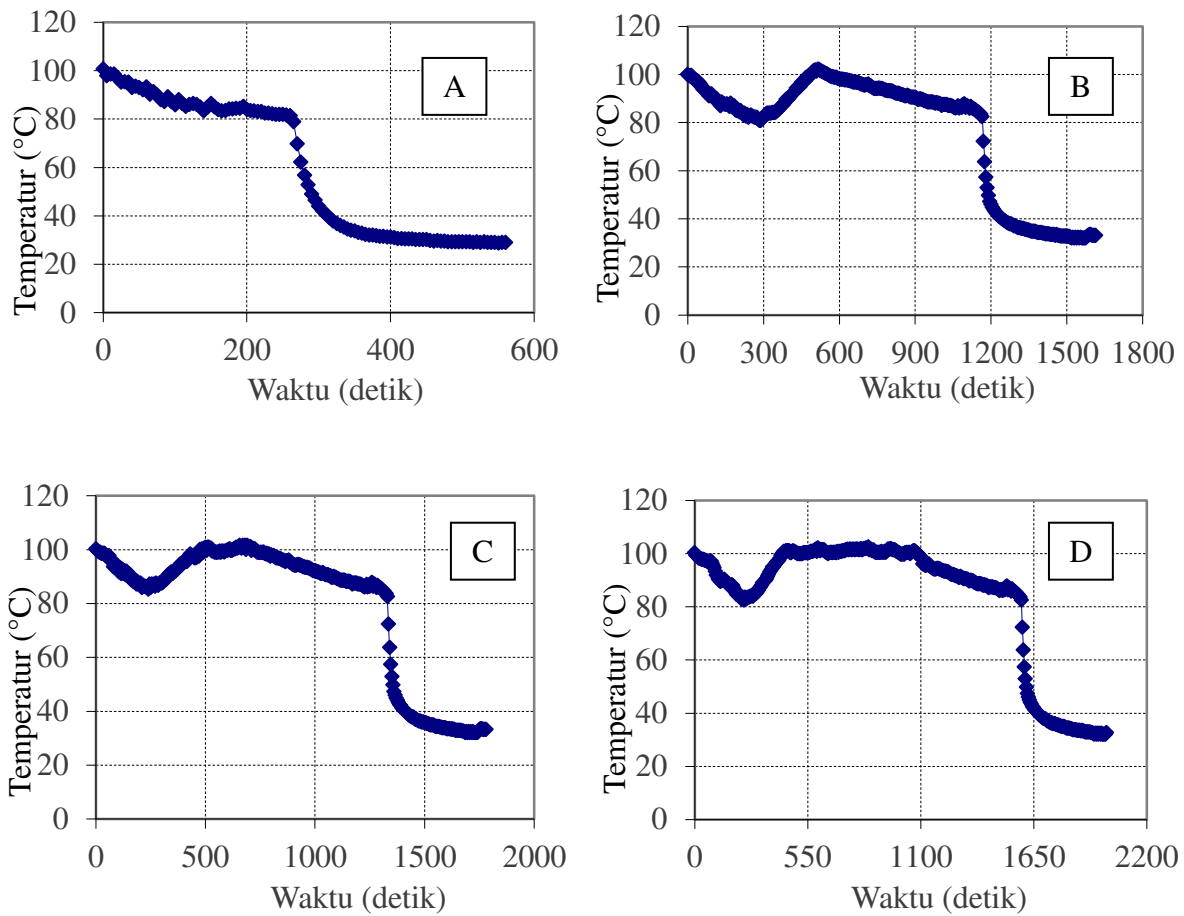
Yeung, C.-Y., Lee, H.-C., Lin, S.-P., Yang, Y.-C., Huang, F.-Y., & Chuang, C.-K. 2006. *Negative effect of heat sterilization on the free amino acid concentrations in infant formula*. European Journal of Clinical Nutrition, 60(1), 136–141.

Tabel 1. Perhitungan intensitas panas dengan acuan *C. burnetti* (suhu acuan 71.7°C, D_{71.7}: 2.21 detik, z: 4.34°C)

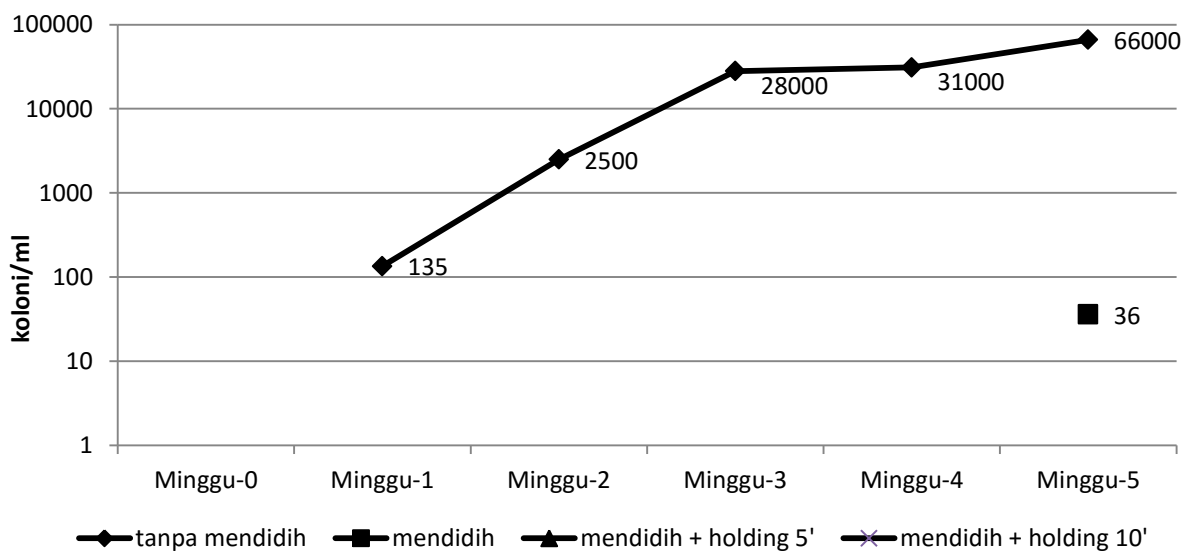
Perlakuan	F _{71.7} rata-rata (detik)	Log reduction
Tanpa mendidih	7.29 ± 3.02 (x 10 ⁷)	3.30 x 10 ⁷
Mendidih	5.80 ± 2.29 (x 10 ⁸)	2.62 x 10 ⁸
Mendidih + <i>holding</i> 5'	2.15 ± 1.14 (x 10 ⁹)	9.71 x 10 ⁸
Mendidih + <i>holding</i> 10'	2.07 ± 1.94 (x 10 ¹⁰)	9.36 x 10 ⁹

Tabel 2. Perhitungan intensitas panas dengan acuan *C. botulinum* (suhu acuan 121.1°C, D_{121.1}: 2.21 detik, z: 8.5°C)

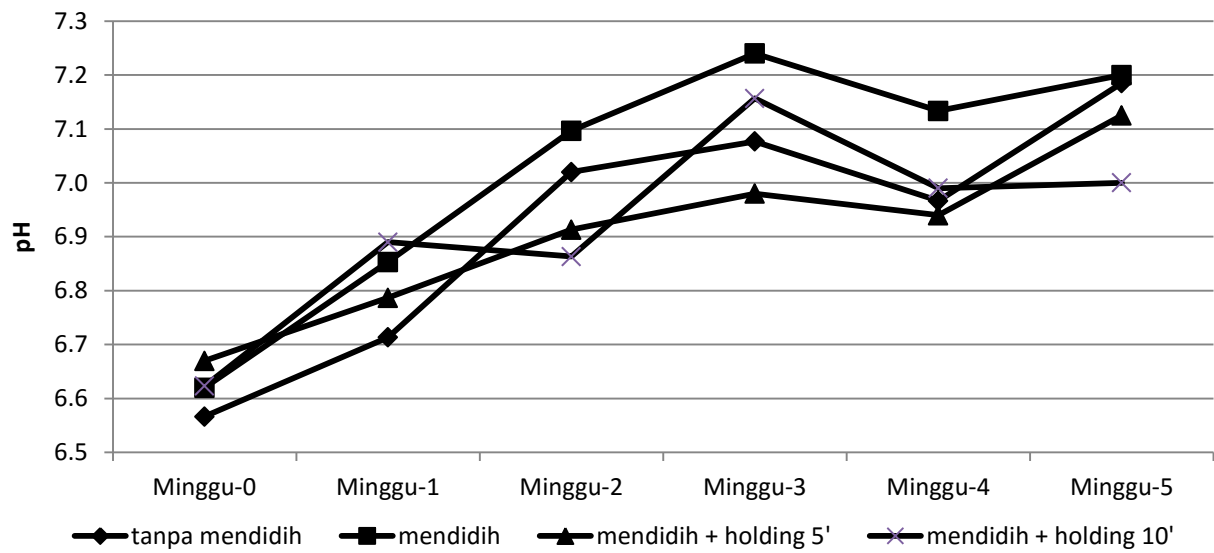
Perlakuan	F _{121.1} rata-rata (detik)	Log reduction
Tanpa mendidih	0.13 ± 0.032	0.04
Mendidih	0.81 ± 0.226	0.26
Mendidih + <i>holding</i> 5'	1.96 ± 0.448	0.63
Mendidih + <i>holding</i> 10'	5.81 ± 2.261	1.87



Gambar 1. Profil pemanasan MTDK (A) tanpa mendidih; (B) mendidih; (C) mendidih + holding 5'; dan (D) mendidih + holding 10'



Gambar 2. Parameter Mikrobiologis MTDK selama penyimpanan



Gambar 3. Perubahan pH produk MTDK selama penyimpanan dingin