

Evaluasi Kecukupan Panas Proses Pasteurisasi Saus Tomat di PT XYZ dan Dampaknya terhadap Umur Simpan

[Evaluation of Thermal Adequacy in the Pasteurization Process of Tomato Sauce at PT XYZ and Its Impact on Shelf Life]

Dewangga Mahdiyari¹⁾, Eko Hari Purnomo^{1,2)*}, dan Joko Hermanianto¹⁾

¹⁾ Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Bogor, Indonesia

²⁾ South-East Asia Food & Agricultural Science and Technology (SEAFST) Center, IPB University, Bogor, Indonesia

Received July 22nd 2023 / Revised May 25th 2024 / Accepted June 19th 2024

ABSTRACT

Tomato sauce is typically thermally processed to achieve a sufficient level of microbial destruction, particularly vegetative microorganisms, which could pose risks to public health. This process is crucial when food is stored, distributed, resold, and consumed by end-users. The aim of this study was to evaluate the thermal processing adequacy of tomato sauce, determine the optimal cooking duration for achieving high product quality for PT XYZ, and assess its impact on the product's shelf life. The study was conducted in three stages: measuring the product temperature in the cooker tank, evaluating pasteurization adequacy based on pasteurization value (P85) calculations and organoleptic testing of the tomato sauce, and estimating its shelf life. The cooking process of tomato sauce at PT XYZ showed that the pre-heating stage required 62.4 min to reach 90 °C, holding time at 90 °C was 15.5 min, and cooling the product to 70 °C took 52 min. The pasteurization value (P85) of the tomato sauce at PT XYZ was deemed excessively high. Pasteurization at 90 °C for 1 sec produced tomato sauce with quality attributes (color, taste, aroma, and viscosity) preferred by panelists compared to tomato sauce pasteurized at 90 °C for 15.5 min. Additionally, this duration was sufficient to inactivate vegetative cells of molds and yeasts, *Escherichia coli*, *Salmonella*, and *Listeria monocytogenes*. Based on viscosity as a quality attribute, the shelf life of tomato sauce pasteurized at 90 °C for 1 sec and stored at 30 °C was 367 days, whereas tomato sauce pasteurized at 90 °C for 15.5 min had a shelf life of 137 days.

Keywords: pasteurization value, processed tomatoes, thermal process, tomato sauce

ABSTRAK

Saus tomat diproses secara termal hingga mencapai tingkat yang cukup untuk menghancurkan sel-sel mikroorganisme vegetatif yang dapat berpotensi membahayakan kesehatan masyarakat. Proses ini penting ketika makanan disimpan, didistribusikan, dijual kembali, dan dikonsumsi oleh konsumen. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kecukupan proses termal dari saus tomat, menentukan durasi pemasakan yang optimal untuk mencapai mutu produk yang baik bagi PT XYZ dan untuk mengevaluasi dampaknya terhadap umur simpan produk tersebut. Penelitian dilakukan dalam tiga tahapan, yaitu pengukuran suhu produk pada tangki *cooker*, evaluasi kecukupan proses pasteurisasi berdasarkan perhitungan nilai pasteurisasi (P85) dan uji organoleptik produk saus tomat serta pendugaan umur simpan. Hasil pengukuran proses pemasakan produk saus tomat di PT XYZ yaitu pada tahap *pre-heating* membutuhkan waktu 62,4 menit hingga suhu 90 °C, *holding time* pada suhu 90 °C 15,5 menit, sedangkan proses pendinginan produk hingga suhu 70 °C membutuhkan waktu selama 52 menit. Nilai pasteurisasi saus tomat di PT XYZ dinilai terlalu tinggi. Proses pasteurisasi pada suhu 90 °C selama 1 detik menghasilkan produk saus tomat dengan parameter atribut mutu (warna, rasa, aroma dan kekentalan) yang lebih disukai panelis dibandingkan dengan produk saus tomat dengan pasteurisasi pada suhu 90 °C selama 15,5 menit dan sudah memadai untuk menginaktivasi sel vegetatif kapang dan khamir, *Escherichia coli*, *Salmonella*, dan *Listeria monocytogenes*. Berdasarkan atribut kualitas viskositas, umur simpan pada suhu 30 °C saus tomat dengan pasteurisasi 90 °C selama 1 detik adalah 367 hari dan umur simpan saus tomat dengan pasteurisasi 90 °C selama 15,5 menit adalah 137 hari.

Kata kunci: nilai pasteurisasi, olahan tomat, proses termal, saus tomat

*Penulis Korespondensi: E-mail: h.purnomo@apps.ipb.ac.id

PENDAHULUAN

Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) merupakan salah satu produk hortikultura yang berpotensi dan mempunyai pasar yang cukup menjanjikan. Banyak produk alami mengandung *lycopene*. Buah-buahan dan sayuran berwarna merah seperti tomat, jambu merah muda, aprikot, semangka, dan anggur merah muda merupakan sumber *lycopene* (Khan *et al.*, 2021). Tomat sebagai sumber kaya *lycopene* telah mendapatkan perhatian signifikan dalam beberapa tahun terakhir karena berbagai sifat nutrisi dan fisiologisnya, termasuk efek antioksidan, antiinflamasi, dan antikanker, dibandingkan dengan buah-buahan dan sayuran lainnya (Boulaajine dan Hajjaj, 2024). Tomat juga merupakan sumber vitamin A dan C, di samping mengandung sejumlah mineral yang dibutuhkan tubuh seperti kalium dan natrium (Saloko *et al.*, 2019). Tomat merupakan salah satu jenis buah yang dibutuhkan pada saat ini, baik dalam bentuk segar maupun olahan. Tomat juga digunakan sebagai bumbu masak dan bahan baku industri pangan. Pasta tomat merupakan bahan baku dalam pembuatan saus tomat (Mamuaja dan Helvriana, 2017). Kualitas pasta tomat sangat penting bagi industri pengolahan tomat karena dipengaruhi oleh jenis dan tingkat kematangan bahan baku, cara pengolahan (termasuk desain proses, waktu, suhu, dan tekanan) serta kondisi penyimpanannya (Shatta *et al.*, 2017).

Produk saus tomat ataupun pasta tomat yang beredar di pasaran umumnya diproses dengan cara pasteurisasi setelah sebelumnya pangan tersebut diasamkan ataupun ditambahkan pengawet. Kecukupan proses pasteurisasi umumnya ditetapkan dengan menghitung nilai pasteurisasi (PV) pada siklus 5D (Dhakal dan Heldman, 2019). Berbeda dengan proses sterilisasi komersial yang telah ditetapkan standar minimum untuk nilai sterilitas proses pengolahannya, ketentuan mengenai nilai pasteurisasi minimum di Indonesia belum diatur. Semakin tinggi nilai pasteurisasi, proses pengolahan semakin memadai untuk membunuh mikroorganisme target. Nilai pasteurisasi yang kurang atau tidak mencukupi akan berakibat risiko mikroorganisme patogen atau pembusuk yang harusnya tereliminasi menjadi tetap ada di dalam produk. Sementara nilai pasteurisasi yang berlebih dikhawatirkan akan mengubah kualitas sensori. Untuk membedakan kualitas bahan pangan seperti aroma, rasa dan tekstur dapat menggunakan metode pengujian mutu organoleptik secara langsung (Sjarif dan Apriani, 2016).

Suhu pasteurisasi berkisar antara 60–99 °C sementara sterilisasi membutuhkan suhu lebih tinggi dari 100 °C selama beberapa menit. Untuk makanan yang diasamkan, pemrosesan termal berupa perlakuan panas ringan, seperti pasteurisasi uap atau pengisian panas (*hot-fill*) untuk produk pH rendah, umumnya cukup untuk menjamin keamanan pangan

(Dufort *et al.*, 2017). Tingginya suhu pasteurisasi dapat menyebabkan warna saus tomat menjadi agak cokelat (Nurhidayati *et al.*, 2019). Makanan yang diasamkan harus didukung oleh penelitian yang memvalidasi inaktivasi patogen bawaan pangan yang penting, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica*, dan *Listeria monocytogenes* yang dianggap sebagai bakteri target untuk pemrosesan termal dan pengasaman (Dufort *et al.*, 2017). Suhu awal produk saat memasuki peralatan pemrosesan termal merupakan salah satu faktor utama yang berpengaruh pada pertumbuhan mikroba. Semakin tinggi suhu awal produk semakin cepat suhu menjadi efektif dalam menginaktivasi mikroorganisme (Impe *et al.*, 2018).

Pendugaan umur simpan dilakukan dengan mengamati produk selama penyimpanan hingga terjadi perubahan yang tidak dapat diterima lagi oleh konsumen dan mengamati perubahan yang terjadi pada produk selama selang waktu tertentu. Meningkatnya suhu penyimpanan menyebabkan viskositas menurun (Kumar *et al.*, 2015). Perubahan yang terjadi dapat mengindikasikan adanya penurunan mutu produk tersebut. Pendugaan umur simpan produk pangan dapat dilakukan secara perhitungan matematis menggunakan persamaan Arrhenius (Handayani *et al.*, 2018). Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kecukupan proses termal dari saus tomat, menentukan durasi pemasakan yang optimal untuk mencapai mutu produk yang baik bagi PT XYZ dan untuk mengevaluasi dampaknya terhadap umur simpan produk tersebut. Hasil evaluasi kecukupan proses pasteurisasi adalah spesifik untuk jenis produk saus tomat yang diproses pada kondisi yang diterapkan di PT XYZ, termasuk kekentalan saus serta suhu dan waktu proses termal yang dapat diterapkan.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari bahan utama saus tomat yang diperoleh dari mencampurkan air, pasta tomat (total padatan terlarut 38%), gula, garam, cuka dapur (asam asetat 10%) dan bahan tambahan pangan (sodium benzoat) yang melalui proses pemasakan.

Rancangan penelitian

Penelitian dilakukan dalam tiga tahapan, yaitu: (1) Pengukuran suhu produk pada tangki cooker, (2) Evaluasi kecukupan proses pasteurisasi berdasarkan perhitungan nilai pasteurisasi dan uji organoleptik produk saus tomat, dan (3) Pendugaan umur simpan.

Pengukuran suhu produk pada tangki cooker

Penelitian tahap ini bertujuan untuk memberi gambaran keseluruhan perubahan suhu produk dari

awal proses pemanasan sampai dilakukan proses pendinginan pada produk saus tomat dan untuk mendapatkan nilai pasteurisasi melalui perhitungan. Tangki cooker memiliki kapasitas 1000 kg per batch proses. Alat seperti pH meter, refraktometer, aw meter, dan viskometer Bostwick (CSC Scientific Company, Amerika Serikat) digunakan untuk monitor proses dan kualitas produk.

Pengukuran suhu produk dilakukan satu kali pengambilan data dari satu batch selama proses pasteurisasi menggunakan data logger (Tracksense TS PRO logger – Ellab) yang ditempatkan pada 7 titik di dalam tangki pemanas. Data suhu produk diukur tiap 30 detik sepanjang proses pemanasan produk. Data rekaman suhu proses yang didapat, selanjutnya diolah dengan program *spread-sheet* hingga didapatkan nilai pasteurisasi. Skema posisi data logger selama proses pemasakan produk saus tomat pada tangki cooker terlihat pada Gambar 1.

Evaluasi kecukupan proses pasteurisasi dan uji preferensi produk

Data hasil pengukuran suhu produk pada tangki proses digunakan untuk menghitung nilai pasteurisasi. Kecukupan proses pasteurisasi dapat diketahui dengan menghitung nilai pasteurisasi pada suhu proses yang dipilih. Apabila nilai pasteurisasi yang didapatkan lebih besar dari nilai pasteurisasi standar, maka pasteurisasi dikatakan cukup, tetapi apabila nilainya lebih kecil, maka pasteurisasi dikatakan tidak cukup (Hafzialman *et al.*, 2014).

Nilai pasteurisasi aktual (P) dapat dihitung menggunakan Persamaan 1, sementara nilai laju inaktivasi mikroorganisme (*lethal rate*) dibandingkan dengan suhu standar proses pasteurisasi dihitung menggunakan Persamaan 2 (Hafzialman *et al.*, 2014).

$$P = \int_0^t LR \cdot dt \dots\dots\dots (1)$$

$$LR = 10^{\frac{T - T_{ref}}{z}} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan: P= nilai pasteurisasi, LR= nilai lethal (*lethal rate*), dt = perubahan waktu pada suhu tertentu, T= suhu target pasteurisasi, Tref= suhu referensi pasteurisasi, z= perubahan suhu yang diperlukan untuk mengubah nilai D untuk mikroba tertentu sebanyak satu faktor sepuluh

Mikroba target pada proses pasteurisasi, nilai D dan z pada suhu referensi dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai pasteurisasi (P) dihitung pada suhu 85 °C (P85) untuk siklus 5D. Kecukupan proses pasteurisasi dilakukan dengan membandingkan nilai pasteurisasi proses dengan nilai P85 mikroba target. Apabila nilai P85 lebih kecil dari nilai 5D₈₅, maka proses pasteurisasi tidak mencukupi untuk membunuh

mikroba target, sedangkan apabila nilai P lebih besar dari 5D₈₅ maka proses pasteurisasi tersebut sudah mencukupi (Hafzialman *et al.*, 2014). Proses termal yang optimal akan memberikan perubahan kualitas (Ling *et al.*, 2014). Pada proses produksi saus tomat di PT XYZ, *sampling* produk dilakukan berdasarkan perhitungan nilai pasteurisasi suhu 85 dan 90 °C. Parameter yang diamati antara lain parameter kimia (pH, kekentalan, dan total padatan terlarut).



Gambar 1. Skema posisi data logger pada tangki pemanas (A) dan penampakan *wireless data logger tracksense TS PRO logger* (Ellab) (B)

Figure 1. Schematic positions of the data logger on the cooker tank (A) and the appearance of *wireless data logger tracksense TS PRO logger* (Ellab) (B)

Salah satu cara untuk mengetahui kualitas produk yang dapat memenuhi harapan konsumen terutama dalam hal cita rasa produk adalah dengan cara melakukan studi komparasi atribut sensori dan uji preferensi (uji organoleptik). Atribut mutu sensori merupakan kumpulan kata untuk mendeskripsikan karakteristik sensori pada suatu produk pangan, di antaranya adalah warna, aroma, rasa, dan tekstur.

Tabel 1. Nilai pasteurisasi mikroba target pada siklus 5D
 Table 1. Target microbial pasteurization values in the 5D cycle

Mikroorganisme Target (Target Microorganism)	Suhu Ref (°C) (Ref Temperature (°C))	D (menit) (min)	z (°C)	Nilai Pasteurisasi Target (Target Pasteurization Value) (P85, menit (min))
<i>E. coli</i> O157:H7	54.0	9.4000	6.64	0.00101
<i>Salmonella</i>	54.0	3.7900	6.57	0.00036
<i>Listeria monocytogenes</i>	54.0	6.7300	7.95	0.00424
Sel vegetatif, Kapang dan Khamir (Vegetative cells, mold, and yeast)	82.2	0.0095	7.00	0.01891

Keterangan: P85, nilai pasteurisasi (P) dihitung pada suhu 85 °C untuk siklus 5D
 Note: Pasteurization value (P) is calculated at 85 °C for the 5D cycle

Dalam uji tersebut, kemampuan alat indera sangat ditekankan untuk memberikan kesan atau tanggapan yang dapat dianalisis atau dibedakan. Kemampuan tersebut meliputi kemampuan mendeteksi, mengenali, membedakan, membandingkan dan kemampuan menyatakan suka atau tidak suka (preferensi) (Tarwendah, 2017). Uji organoleptik ini menggunakan skala skor 1–5 dengan 30 orang panelis.

Pendugaan umur simpan saus tomat

Pendugaan umur simpan dilakukan dengan mempersiapkan produk pangan dengan kemasan akhir lalu disimpan pada minimal tiga suhu penyimpanan yang lebih tinggi dari suhu ruang. Penyimpanan produk saus tomat dilakukan pada inkubator suhu 45, 50, dan 55 °C selama 35 hari dan pengamatan dilakukan setiap 7 hari. Nilai konstanta laju reaksi (k) dari perubahan mutu pada masing-masing suhu ditentukan dengan model persamaan ordo nol atau satu, kemudian ditentukan model persamaan Arrhenius-nya. Berdasarkan model persamaan Arrhenius tersebut, maka nilai k dapat ditentukan pada suhu penyimpanan normal sehingga dapat dihitung umur simpannya (Zamaluddien *et al.*, 2019). Secara umum, rumus umum penurunan mutu mengikuti Persamaan 3 dan 4 (Zamaluddien *et al.*, 2019).

$$t \text{ Orde Nol} = \frac{(A_0 - A)}{k} \dots\dots\dots (3)$$

$$t \text{ Orde Satu} = \frac{(\ln A_0 - \ln A)}{k} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan: A= nilai mutu yang tersisa setelah waktu t, A0= nilai mutu awal, t= waktu penyimpanan (dalam hari, bulan atau tahun), k= konstanta laju reaksi penurunan mutu

HASIL DAN PEMBAHASAN

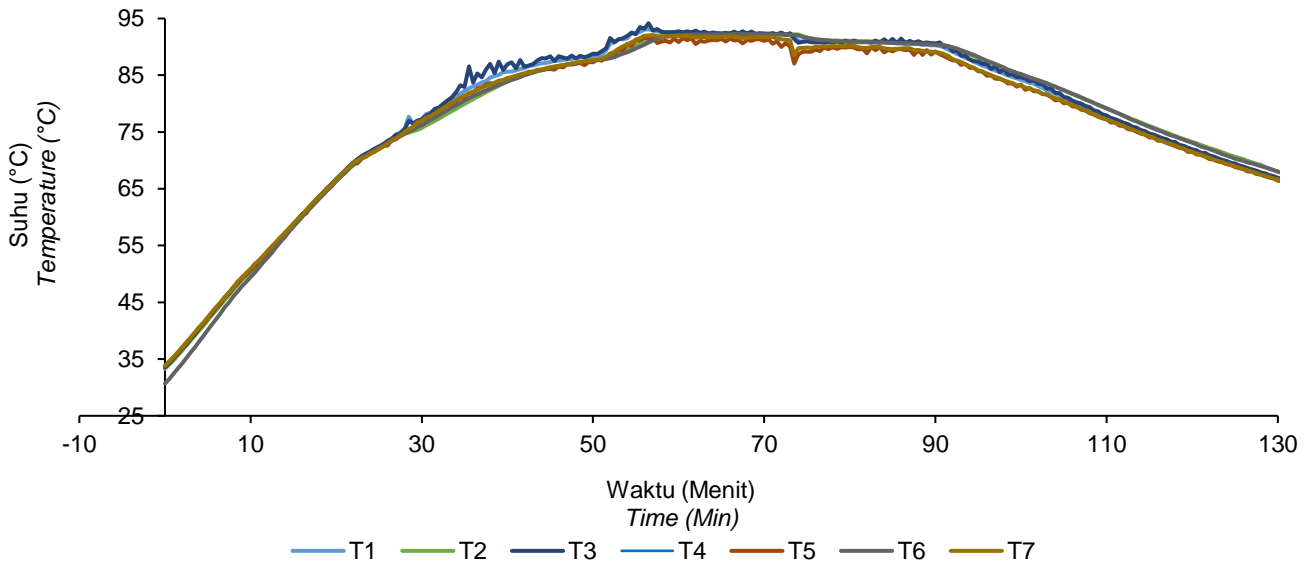
Suhu produk pada tangki cooker

Proses pemasakan produk saus tomat pada PT XYZ terdiri dari tiga tahapan, yaitu proses *pre-heating*, *cooking*, dan *cooling*. Tahapan *pre-heating*

merupakan proses awal terjadinya kenaikan suhu sampai suhu target pemanasannya tercapai (90 °C), sedangkan tahapan *cooking* adalah proses pasteurisasi atau waktu tunggu (*holding time*) pada suhu target (90 °C). Proses *cooling* merupakan tahapan pendinginan produk hingga produk tersebut sudah dapat dikemas (suhu 70 °C). Termometer data logger yang sudah terpasang pada tangki pemanas secara otomatis mengukur suhu selama proses pemasakan (Gambar 2). Data hasil pengukuran waktu proses pemasakan sampai tercapainya suhu target 90 °C dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil pengukuran *come up time*, tahapan proses *pre-heating* termometer data logger T4 memiliki waktu pemanasan yang lebih lama (*slowest heating point*) untuk mencapai suhu 90 °C dibandingkan dengan data logger yang lain. Sumber panas utama pada proses pemasakan saus tomat berada pada dinding tangki pemasakan, dengan adanya agitator/pengaduk akan mendistribusikan panas tersebut ke seluruh produk saus tomat. Kenaikan suhu produk paling lama berada pada pusat geometri tangki pemanas, ini terdeteksi pada data logger T4 karena penetrasi panas memerlukan waktu lebih lama dari dinding menuju bagian tengah tangki pemanas. Dengan demikian, data logger tersebut dijadikan acuan dalam perhitungan nilai pasteurisasi.

Pasteurisasi adalah salah satu tahapan dalam proses produksi saus, umumnya menggunakan suhu di bawah 100 °C. Waktu dan suhu pemanasan menentukan besaran panas yang diterima produk untuk dapat mematikan mikroba berbahaya yang masih terkandung. Nilai pH sangat signifikan berpengaruh terhadap pertumbuhan dari *Clostridium botulinum*. Nilai pH kritis yang perlu diperhatikan adalah <4,6 karena pada pH rendah *Clostridium botulinum* tidak dapat tumbuh (Sinaga *et al.*, 2023). Penentuan suhu dan waktu yang digunakan saat pasteurisasi berbeda bergantung dari jenis produk yang diproses. Berdasarkan Gambar 3, didapatkan data untuk proses pasteurisasi produk saus tomat pada suhu 90 °C (*holding time*) dilakukan selama 15,5 menit, sedangkan proses pendinginan produk hingga suhu 70 °C (*cooling time*) dilakukan selama 52 menit.



Keterangan: T1= data logger 1, T2= data logger 2, T3= data logger 3, T4= data logger 4, T5= data logger 5, T6= data logger 6, T7= data logger 7
 Note: T1= T1= data logger 1, T2= data logger 2, T3= data logger 3, T4= data logger 4, T5= data logger 5, T6= data logger 6, T7= data logger 7

Gambar 2. Grafik perubahan suhu produk selama proses produksi menggunakan data logger
 Figure 2. Product temperature changes chart during the production process using data logger

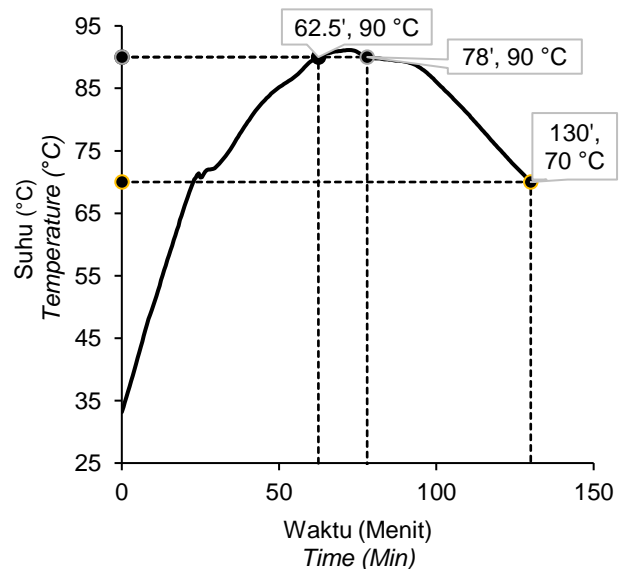
Tabel 2. Hasil pengamatan waktu kenaikan suhu (CUT) pada tahapan pre-heating
 Table 2. The results of come up time (CUT) observations at the pre-heating stage

Kode Alat Data Logger (Data Logger Tool Code)	Come Up Time (CUT) (Menit (Min))
T1	52.0
T2	55.0
T3	52.0
T4	62.5
T5	54.0
T6	55.5
T7	53.5

Kecukupan proses pasteurisasi dan uji organoleptik

Ketahanan panas mikroba merupakan kemampuan suatu mikroba untuk tetap bertahan pada saat mendapat perlakuan panas yang dinyatakan dengan besarnya nilai D dan nilai z. Semakin besar nilai D suatu mikroba, semakin besar pula ketahanan panasnya terhadap perubahan suhu. Produk pangan yang diasamkan (*acidified foods*) yang memiliki pH 4,1 atau lebih rendah perlu dipastikan kondisi proses panasnya untuk dapat mereduksi 5 log bakteri patogen (Breidt *et al.*, 2014). Nilai pasteurisasi untuk suhu pemanasan 90 °C pada jenis mikroba target pada Tabel 3 menunjukkan bahwa proses pemanasan produk saus tomat di PT XYZ jauh lebih besar dari nilai pasteurisasi target, dan telah mencukupi untuk membunuh mikroorganisme target (*E. coli*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, kapang, dan

khamir). Salah satu temuan utama dari tahap ini adalah bahwa proses pasteurisasi yang selama ini dilakukan (15,5 menit pada suhu 90 °C) sangat berlebih.



Gambar 3. Grafik pengukuran suhu dan waktu pemasakan pada data logger T4
 Figure 3. Temperature and cooking time measurement chart on data logger T4

Berdasarkan data hasil pengamatan suhu dan waktu proses pemanasan, saus tomat menunjukkan bahwa proses pasteurisasi masih dapat dioptimalkan dengan mengurangi durasi waktu pemasakan produk. Nilai pasteurisasi pada proses pemanasan saus suhu 85 °C selama 6 detik dan 90 °C selama 1 detik untuk jenis mikroba yang berbeda disajikan pada Tabel 4. Nilai pasteurisasi untuk sel vegetatif kapang dan khamir, *Salmonella*, *E. coli*, dan *L. monocytogenes* lebih besar daripada nilai pasteurisasi target, yaitu minimal 0,01891 menit. Hal ini menunjukkan bahwa proses pasteurisasi telah mencukupi untuk membunuh mikroorganisme target.

Mutu produk saus tomat dapat ditentukan dari berbagai parameter salah satunya dari pengujian organoleptik. Pengujian organoleptik dilakukan untuk mengetahui tingkat kesukaan panelis pada saus tomat yang mempunyai perbedaan baik dari segi warna, tekstur, rasa, dan aroma. Tekstur merupakan atribut utama dalam pilihan konsumen terhadap produk saus tomat (Tauferova *et al.*, 2014). Data hasil pengujian organoleptik produk saus tomat dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan pengamatan uji preferensi, perubahan mutu produk sebelum dan sesudah perubahan suhu dan waktu pemanasan terindikasi menunjukkan adanya perbedaan. Secara keseluruhan parameter dari atribut mutu (warna,

rasa, aroma, dan kekentalan) mayoritas panelis (40%) lebih menyukai produk dengan suhu pemanasan 90 °C selama 1 detik dibandingkan dengan produk dengan suhu 90 °C selama 15,5 menit (31%) dan produk 85 °C selama 6 detik (29%). Data ini menunjukkan bahwa pemanasan saus tomat yang optimal pada PT XYZ adalah dengan menggunakan suhu 90 °C selama 1 detik. Tabel 5 merupakan hasil analisis mikrobiologi sampel saus tomat setelah proses optimasi suhu 90 °C. Data tersebut menunjukkan bahwa pada proses optimasi pasteurisasi sudah mencukupi untuk membunuh mikroorganisme target dan kandungan mikroba pada saus tomat telah memenuhi persyaratan cemaran mikrobiologi sebagaimana diatur dalam Peraturan Kepala BPOM No. 13 Tahun 2019 tentang Batas Maksimal Cemaran Mikroba Dalam Pangan Olahan. Data hasil analisis karakteristik produk (pH, total padatan terlarut, kekentalan, warna, dan aw), produk saus tomat sebelum dan sesudah menggunakan suhu dan waktu optimal pada Tabel 6, menunjukkan tidak adanya perbedaan nilai yang signifikan. Data ini mengindikasikan bahwa proses optimasi pasteurisasi saus tomat tidak mengubah spesifikasi produk tersebut. Produk dengan kekentalan tinggi akan lebih sulit mendistribusikan panas dibanding dengan produk yang memiliki viskositas rendah.

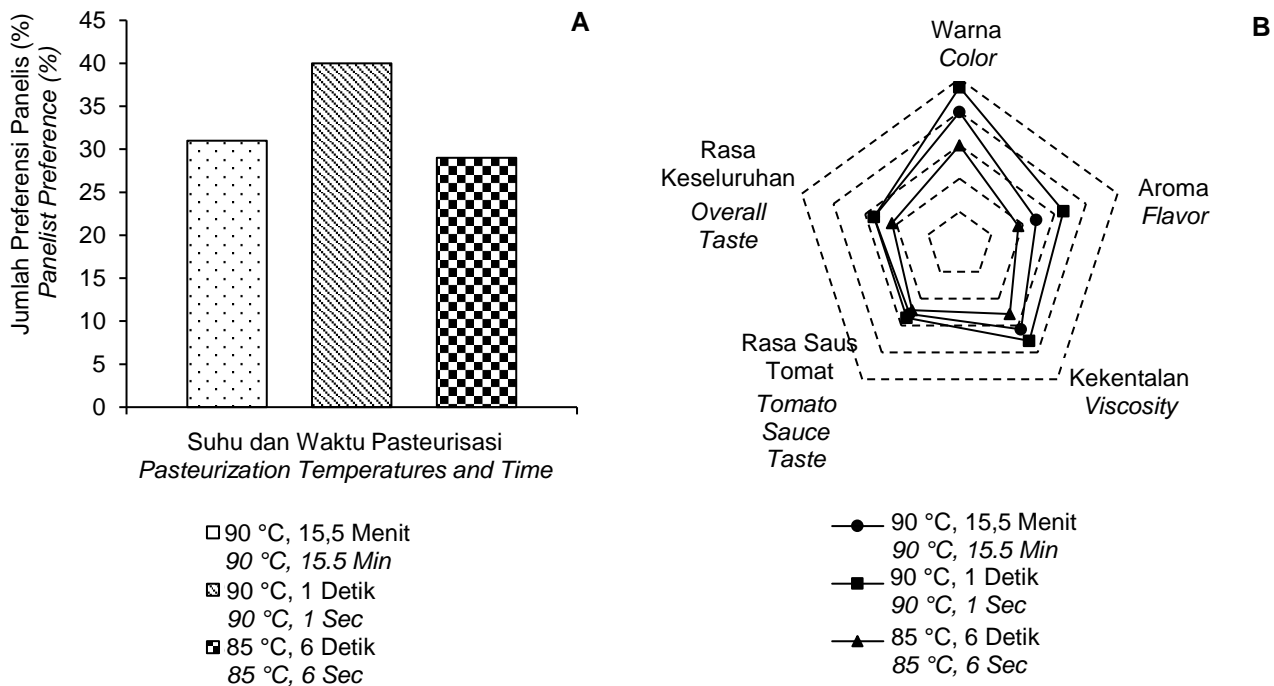
Tabel 3. Perhitungan nilai pasteurisasi pada suhu 90 °C untuk berbagai mikroba target
 Table 3. Calculation of pasteurization values at 90 °C for various target microbes

Mikroorganisme Target (Target Microorganism)	Suhu Pasteurisasi (°C) (Pasteurization Temperature (°C))	Holding Time 90°C (Menit (Min))	P85 (Menit (Min))	5D ₈₅ (Menit (Min))
<i>E. coli</i>	90	15.5	87.77	0.00101
<i>Salmonella</i>	90	15.5	89.41	0.00036
<i>Listeria monocytogenes</i>	90	15.5	65.96	0.00424
Sel vegetatif, kapang dan khamir (Vegetative cells, mold, and yeast)	90	15.5	80.28	0.01891

Tabel 4. Perhitungan nilai pasteurisasi pada suhu 85 dan 90 °C untuk mikroba target
 Table 4. Calculation of pasteurization values at 85 and 90 °C for target microbes

Mikroorganisme Target (Target Microorganism)	Suhu Pasteurisasi (°C) (Pasteurization Temperature (°C))	Holding Time 85 °C (Detik (Sec))	P85 (menit (min))
<i>E. coli</i>	85	6	0.100
<i>Salmonella</i>	85	6	0.100
<i>Listeria monocytogenes</i>	85	6	0.100
Sel vegetatif, kapang dan khamir (Vegetative cells, mold, and yeast)	85	6	0.100

Mikroorganisme Target (Target Microorganism)	Suhu Pasteurisasi (°C) (Pasteurization Temperature (°C))	Holding Time 90°C (Detik (Sec))	P85 (menit (min))
<i>E. coli</i>	90	1	0.094
<i>Salmonella</i>	90	1	0.096
<i>Listeria monocytogenes</i>	90	1	0.071
Sel vegetatif, kapang dan khamir (Vegetative cells, mold, and yeast)	90	1	0.086



Gambar 4. Grafik uji preferensi produk saus tomat dengan suhu pasteurisasi 90 °C selama 15,5 menit, 85 °C selama 6 detik, dan 90 °C selama 1 detik menggunakan 30 orang panelis (A), grafik uji penilaian atribut mutu produk saus tomat dengan suhu pasteurisasi 90 °C selama 15,5 menit, 85 °C selama 6 detik, dan 90 °C selama 1 detik menggunakan 30 orang panelis (B)

Figure 4. Preference test chart of tomato sauce products with pasteurization temperatures of 90 °C for 15.5 min, 85 °C for 6 sec, and 90 °C for 1 sec using 30 panelists (A), scoring test chart of quality attribute tomato sauce products with pasteurization temperatures of 90 °C for 15.5 min, 85 °C for 6 sec, and 90 °C for 1 sec using 30 panelists (B)

Tabel 5. Data hasil analisis mikrobiologi saus tomat dengan optimasi proses pasteurisasi suhu 90 °C selama 1 detik

Table 5. Data from the microbiological analysis of tomato sauce by optimizing the pasteurization process at 90 °C for 1 sec

Parameter (Parameter)	Hasil Uji (Test Result)	Standar (Standard)	Referensi (Reference)
<i>E. coli</i>	<3 APM/g	<3 APM/g	SNI ISO 7251:2012
<i>Salmonella</i>	Negatif (Negative)/25 g	Negatif (Negative)/25 g	SNI ISO 6579:2015
<i>Listeria monocytogenes</i>	<10 koloni/g	<10 koloni/g	ISO 11290.2:2017
Kapang dan khamir (Mold and yeast)	<10 koloni/g	Maks 10 ² koloni/g	SNI ISO 21527.1:2012
Angka lempeng total (Total plate count)	<10 koloni/g	Maks 10 ³ koloni/g	SNI ISO 4833.1: 2013

Tabel 6. Data hasil analisis kimia fisika produk saus tomat sebelum dan sesudah menggunakan suhu dan waktu optimal

Table 6. Data from the chemical-physical analysis of tomato sauce products before and after using optimal temperature and time

Parameter (Parameter)	Holding Time 90 °C, 15.5 Menit (Holding Time 90 °C, 15.5 Min)	Holding Time 90 °C, 1 Detik (Holding Time 90 °C, 1 Sec)
pH	3.98	3.95
Total padatan terlarut (Brix) (Total dissolved solids (Brix))	19.00	18.50
Kekentalan (cm/30 detik) (Viscosity (cm/30s))	5.90	5.80
Warna (a*) (Color (a*))	6.47	6.58
aw	0.96	0.96

Masa simpan saus tomat

Metode *accelerated shelf-life testing* (ASLT) atau metode akselerasi adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk menduga umur simpan. Umur simpan atau daya simpan adalah waktu yang diperlukan oleh produk pangan dalam suatu kondisi penyimpanan untuk sampai pada suatu level atau tingkatan degradasi mutu tertentu (Andrestian dan Hatimah, 2015). Pengujian percepatan umur simpan perlu ditentukan suhu penyimpanannya, sebagai contoh apabila menggunakan suhu 30 °C penyimpanan saus tomat dilakukan pengamatan selama 2 bulan (Kirse-Ozolina *et al.*, 2019). Reaksi fisikokimia dalam sampel dapat dipercepat menggunakan tiga suhu penyimpanan sebagai contoh pada suhu 30, 40, dan 50 °C dan pengujiannya dilakukan pada interval waktu tertentu, yaitu suhu 30 °C diuji setiap 10 hari, 40 °C diuji setiap 7 hari, 50 °C diuji setiap 3 hari.

Tabel 7 menunjukkan data hasil perhitungan nilai konstanta penurunan mutu (k) dari atribut kekentalan saus tomat pada masing-masing suhu penyimpanan dengan menggunakan pendekatan reaksi ordo nol dan ordo satu. Ordo reaksi terpilih adalah ordo yang memiliki koefisien determinasi (R) terbesar. Nilai konstanta laju reaksi dari ordo reaksi terpilih

dibuat menjadi persamaan regresi linear untuk persamaan Arrhenius yang menyatakan hubungan antara ln konstanta laju reaksi (ln k) dengan suhu penyimpanan (Kelvin). Pemilihan ordo reaksi pada produk saus tomat ini didasarkan pada ordo reaksi yang memiliki koefisien determinasi (R²) yang lebih besar.

Tabel 8 menunjukkan laju perubahan mutu pada parameter kekentalan mengikuti ordo reaksi satu dengan koefisien determinasi (R²) yang lebih besar. Pengaruh suhu produk terhadap laju reaksi dapat dideskripsikan dengan menggunakan persamaan Arrhenius. Nilai k yang diperoleh dari tiap parameter pada berbagai suhu penyimpanan selanjutnya diplotkan ke dalam kurva Arrhenius dengan sumbu x menyatakan 1/T (Kelvin) dan sumbu y menyatakan ln k. Nilai kritis atribut mutu pada penelitian ini ditentukan berdasarkan hasil uji organoleptik, yaitu penerimaan secara keseluruhan saus tomat apabila rata-rata skor yang diberikan panelis sudah mendekati skor tidak suka. Nilai kritis dapat dilihat pada Tabel 9. Pada Tabel 10, umur simpan pada suhu 30 °C berdasarkan atribut kekentalan pada saus tomat dengan optimasi pasteurisasi adalah 367 hari (12,2 bulan). Hal ini lebih lama dibanding saus tomat tanpa optimasi yaitu 137 hari (4,5 bulan).

Tabel 7. Nilai k dan R² parameter kekentalan saus tomat dengan reaksi ordo 0 dan ordo 1

Table 7. K and R² values for the thickness of tomato sauce with order 0 and order 1 reactions

Atribut Mutu (Quality Attribute)	Kondisi Proses Pasteurisasi (Pasteurization Conditions)	Suhu Penyimpanan (°C) (Storage Temperature (°C))	Ordo 0		Ordo 1	
			k	R ²	k	R ²
Kekentalan (Viscosity)	Suhu 90 °C, 15,5 menit (Temperature 90 °C, 15.5 min)	45	0.0435	0.9455	0.0065	0.9523
		50	0.2677	0.8435	0.0282	0.8850
		55	0.5268	0.8458	0.0426	0.9091
	Suhu 90°C, 1 detik (Temperature 90 °C, 1 sec)	45	0.0300	0.6728	0.0047	0.6909
		50	0.1798	0.6588	0.0209	0.7695
		55	0.4290	0.8406	0.0379	0.9437

Tabel 8. Nilai *intercept* dan *slope* dari hubungan 1/T dan ln K

Table 8. Intercept and slope values of the 1/T and ln K connections

Atribut Mutu (Quality Attribute)	Proses Pasteurisasi (Pasteurization Process)	Suhu (°K) (Temperature (°K))		Ordo 1			
		T	1/T	K	ln K	Intercept	Slope
Kekentalan (Viscosity)	Suhu 90 °C, 15,5 menit (Temperature 90 °C, 15.5 min)	318	0.0031	0.0065	-5.036	56.972	-19664.9
		323	0.0031	0.0282	-3.568		
		328	0.0030	0.0426	-3.156		
	Suhu 90°C, 1 detik (Temperature 90 °C, 1 sec)	318	0.0031	0.0047	-5.360	63.394	-21818.8
		323	0.0031	0.0209	-3.868		
		328	0.0030	0.0379	-3.273		

Tabel 9. Nilai kritis atribut mutu dan umur simpan pada suhu penyimpanan (30 °C) berdasarkan parameter kekentalan

Table 9. Critical value of quality attributes and the shelf life at storage temperature of 30 °C based on viscosity parameter

Proses Pasteurisasi (Pasteurization Process)	Kekentalan (Viscosity) (cm/30 detik)	
	Nilai Awal (Initial Value)	Nilai Kritis (Critical Value)
Suhu 90 °C, 15,5 menit (Temperature 90 °C, 15.5 min)	5.9	6.2
Suhu 90 °C, 1 detik (Temperature 90 °C, 1 sec)	5.8	6.2

Tabel 10. Umur simpan pada suhu penyimpanan (30 °C) berdasarkan parameter kekentalan
 Table 10. Shelf life at storage temperature (30 °C) based on viscosity parameters

Proses Pasteurisasi (<i>Pasteurization Process</i>)	Parameter (<i>Parameter</i>)	k	Umur Simpan (Hari) (<i>Shelf Life (Days)</i>)
Suhu 90 °C, 15,5 menit (<i>Temperature 90 °C, 15.5 min</i>)	Kekentalan (cm/30 detik) (<i>Viscosity (cm/30 s)</i>)	0.0003602	137
Suhu 90 °C, 1 detik (<i>Temperature 90 °C, 1 sec</i>)	Kekentalan (cm/30 detik) (<i>Viscosity (cm/30 s)</i>)	0.0003602	367

KESIMPULAN

Proses pemasakan produk saus tomat pada PT XYZ pada tahap *pre-heating* membutuhkan waktu 62,4 menit hingga suhu 90 °C, *holding time* pada suhu 90 °C 15,5 menit, sedangkan proses pendinginan produk hingga suhu 70 °C (*cooling time*) membutuhkan waktu selama 52 menit. Nilai pasteurisasi (P85) saus tomat di PT XYZ dinilai terlalu tinggi. Optimasi pasteurisasi pada suhu 90 °C selama 1 detik menghasilkan produk saus tomat dengan kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan produk tanpa optimasi dan sudah memadai untuk menginaktivasi sel vegetatif kapang dan khamir, *E. coli*, *Salmonella*, dan *Listeria monocytogenes*, serta telah memenuhi persyaratan cemaran mikrobiologi yang ditetapkan oleh BPOM. Umur simpan saus tomat dengan optimasi pasteurisasi pada suhu 90 °C selama 1 detik lebih panjang dibandingkan dengan saus tomat pada suhu 90 °C selama 15,5 menit. Berdasarkan atribut mutu kekentalan, umur simpan pada suhu 30 °C, saus tomat yang di proses dengan suhu 90 °C selama 1 detik yaitu 367 hari. Umur simpan saus tomat pada suhu 90 °C selama 15,5 menit yaitu 137 hari. Berdasarkan penelitian ini, pasteurisasi dengan suhu 90 °C selama 1 detik sudah optimal dalam proses produksi saus tomat di PT XYZ dan proses pasteurisasi yang dipilih sudah mampu menurunkan seluruh mikroorganisme target dan meningkatkan kualitas produk (atribut kekentalan).

DAFTAR PUSTAKA

- Andrestian, M. D., & Hatimah, H. (2015). Daya simpan susu kacang hijau (*Phaseolus radiatus* L.) dengan persentase penambahan sari jahe merah (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*). *Indonesian Journal of Human Nutrition*, 2(1), 38–47.
<https://doi.org/10.21776/ub.ijhn.2015.002.01.4>
- Boulaajine, S., & Hajjaj, H. (2024). Lycopene extracted from tomato - A review. *Food Science and Technology*, 12(1), 1–14.
<https://doi.org/10.13189/fst.2024.120101>
- Breidt, F., Kay, K., Osborne, J., Ingham, B., & Arritt, F. (2014). Thermal processing of acidified foods with pH 4.1 to 4.6. *Food Protection Trends*, 34(3), 132–138.
- Dhakar, S., & Heldman, D. R. (2019). Application of thermal kinetics models in liquids foods and beverages with references to ascorbic acid, anthocyanin and furan-a review. *Journal of Food Science Technology Nepal*, 11(2019), 1–13.
<https://doi.org/10.3126/jfstn.v11i0.29645>
- Dufort, E. L., Etzel, M. R., & Ingham, B. H. (2017). Thermal processing parameters to ensure a 5-log reduction of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica*, and *Listeria monocytogenes* in acidified tomato-based foods. *Food Protection Trends*, 37(6), 409–418.
- Hafzialman, H., Kusnandar, F., & Purnomo, E. H. (2014). Evaluasi kecukupan panas proses pasteurisasi nata de coco dalam kemasan plastik polietilen. *Jurnal Mutu Pangan : Indonesian Journal of Food Quality*, 1(1), 33–39.
- Handayani, C. B., Tari, A. I. N., & Afriyanti, A. (2019). Umur simpan saos tomat pada berbagai konsentrasi bahan pengental. *Agrisaintifika: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 2(2), 113–122.
<https://doi.org/10.32585/ags.v2i2.261>
- Impe, J. V., Smet, C., Tiwari, B., Greiner, R., Ojha, S., Stulić, V., Vukušić, T., & Jambrak, A. R. (2018). State of the art of nonthermal and thermal processing for inactivation of micro-organisms. *Journal of Applied Microbiology*, 125(1), 16–35.
<https://doi.org/10.1111/jam.13751>
- Khan, U. M., Sevindik, M., Zarrabi, A., Nami, M., Ozdemir, B., Kaplan, D. N., Selamoglu, Z., Hasan, M., Kumar, M., Alshehri, M. M., & Sharifi-Rad, J. (2021). Lycopene: Food sources, biological activities, and human health benefits. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2021(1), 2713511.
<https://doi.org/10.1155/2021/2713511>
- Kumar, T., Chandra, S., Singh, S., Chauhan, N., & Singh, J. (2015). Effect of different hydrocolloids on the quality of ketchup during storage. *South Asian Journal of Food Technology Environment*, 1(2), 152–159.
<https://doi.org/10.46370/sajfte.2015.v01i02.09>
- Ling, B., Tang, J., Kong, F., Mitcham, E. J., & Wang, S. (2014). Kinetics of food quality changes during thermal processing. *Food and Bioprocess*

- Technology*, 8, 343–358.
<https://doi.org/10.1007/s11947-014-1398-3>
- Mamuaja, C. F., & Helvriana, L. (2017). Karakteristik pasta tomat dengan penambahan asam sitrat selama penyimpanan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 5(1), 17–23.
- Nurhidayati, N., Yulia, R., & Sari, P. M. (2019). Pengaruh pH dan suhu pasteurisasi terhadap kadar air dan kadar vitamin C saos tomat (*Lycopersicum esculentum Mill*). *Serambi Journal of Agricultural Technology*, 1(1), 25–33.
<https://doi.org/10.32672/sjat.v1i1.1098>
- Kirse-Ozolina, A., Raits, E., & Ciprovica, I. (2019). Designing of thermal treatment for tomato sauce. *Engineering for Rural Development* (pp. 1140–1146).
<https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N119>
- Saloko, S., Handito, D., Rahayu, N., Rahman, S., & Dwiani, A. (2019). Pengolahan tomat menjadi saos tomat. *Jurnal Pendidikan dan Pengabdian Masyarakat*, 2(2), 204–208.
<https://doi.org/10.29303/jppm.v2i2.1104>
- Shatta, A. A. B., Youssef, K. M., Sanabani, A. S. A., & Samahy, S. K. E. (2017). Impact of processing steps on physicochemical and rheological properties of tomato paste (cold-break). *MOJ Food Processing & Technology*, 5(2), 263–271.
<https://doi.org/10.15406/mojfpt.2017.05.00122>
- Sinaga, I. O. Y., Astrini, D., & Indradi, R. B. (2023). Article review: Effect of pH on bacterial growth as traditional medicines quality specification in Indonesia. *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, 6(1), 287–291.
<https://doi.org/10.36490/journal-jps.com.v6i1.65>
- Sjarif, S. R., & Apriani, S. W. (2016). Pengaruh bahan pengental pada saos tomat. *Jurnal Penelitian Teknologi Industri*, 8(2), 141–150.
<https://doi.org/10.33749/jpti.v8i2.2220>
- Tarwendah, I. P. (2017). Studi komparasi atribut sensoris dan kesadaran merek produk pangan. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 5(2), 66–73.
- Tauferova, A., Tremlova, B., Bednar, J., Golian, J., Zidek, R., & Vietoris, V. (2015). Determination of ketchup sensory texture acceptability and examination of determining factors as a basis for product optimization. *International Journal of Food Properties*, 18(3), 660–669.
<https://doi.org/10.1080/10942912.2013.853186>
- Zamaluddien, A., Kusnandar, F., & Purnomo, E. H. (2020). Kecukupan pasteurisasi sistem kontinyu krim kental manis dan pengaruhnya terhadap stabilitas selama penyimpanan. *Jurnal Mutu Pangan : Indonesian Journal of Food Quality*, 6(2), 108–117.
<https://doi.org/10.29244/jmpi.2019.6.108>