

# PENENTUAN KECUKUPAN PANAS ( $F_0$ ) PADA OLAHAN PANGAN MELALUI UJI *SALMONELLA SP*

Ari Yesica Silaturahmi dan Dwina Moentamaria

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

ariyesica1212@gmail.com ; [dwina\_mnt@yahoo.com]

## ABSTRAK

Makanan siap saji sangat praktis dan diminati karena memiliki masa simpan yang lama. Masalah yang sering timbul adalah masa simpan makanan menjadi lebih pendek karena terdapat mikroorganisme yang tidak diinginkan seperti *Salmonella sp*. Sterilisasi dengan proses termal merupakan alternatif untuk teknik pengolahan pangan dengan menggunakan *autoclave*. Tujuan dari penelitian ini untuk menentukan nilai kecukupan panas ( $F_0$ ) pada pengawetan olahan pangan menggunakan metode sterilisasi. Tahapan penelitian adalah i) produk olahan pangan (ayam gulai) dikemas dalam *retort pouch* dengan vakum dan tersegel rapat, ii) sterilisasi menggunakan *autoclave* pada suhu 121°C dan 130°C dengan waktu sterilisasi 0, 3, 6, 9, 12, dan 15 menit, iii) penentuan kecukupan panas ( $F_0$ ). Karakteristik mikrobiologinya melalui uji kemampuan bakteri untuk hidup, didapatkan nilai *Decimal Reduction Time* (D), *Temperature Coefficient of microbial destruction* (Z), efek letalitas (LR), kecukupan panas ( $F_0$ ). Dari hasil penelitian diperoleh total  $F_0$  parsial pada suhu 121°C dan 130°C masing-masing adalah 13 menit dan 34 menit. Kondisi ini telah memenuhi standar BPOM nomor 27 tahun 2021 dimana nilai  $F_0$  sekurang-kurangnya 3 menit. Hal ini menunjukkan nilai sterilisasi komersial yang baik telah dicapai dan kemasan *retort pouch* dapat diaplikasikan pada pengawetan makanan dengan menggunakan teknologi sterilisasi.

**Kata kunci:** sterilisasi, kecukupan panas ( $F_0$ ), *retort pouch*, suhu tinggi

## ABSTRACT

*Ready-to-eat food has a longer shelf life, which makes it both very practical and very popular. A common issue is that the presence of undesirable microorganisms like Salmonella sp. causes food to have a shorter shelf life. An autoclave is not the only method for food processing techniques; thermal sterilization is another option. Finding the value of adequate heat ( $F_0$ ) to preserve processed food by sterilizing it is the goal of this study. The phases of the research are as follows: i) processed food products (chicken curry) packed in vacuum-sealed retort pouches; ii) autoclave sterilization at 121°C and 130°C for 0, 3, 6, 9, 12, and 15 minutes; iii) assessment of heat adequacy ( $F_0$ ). The ability of the bacteria to survive was used to determine microbiological characteristics such as the Decimal Reduction Time (D), Temperature Coefficient of Microbial Destruction (Z), Lethality Effect (LR), and Heat Sufficiency ( $F_0$ ). According to the study's findings, the total partial  $F_0$  was 13 minutes at 121°C and 34 minutes at 130°C, respectively. This condition satisfies BPOM standard number 27, which calls for an  $F_0$  value of at least three minutes in 2021. This demonstrates that good commercial sterilization values have been attained and that food preservation using sterilization technology can be done with retort pouch packaging.*

**Keywords:** sterilization, sufficient heat ( $F_0$ ), *retort pouch*, high temperature

## 1. PENDAHULUAN

*Ready to eat* adalah olahan makanan yang sangat praktis dan banyak diminati saat ini karena memiliki masa simpan yang cukup lama. Kebutuhan untuk makanan siap saji yang dapat dikonsumsi tanpa perlu dimasak atau dipersiapkan lebih lanjut telah meningkat dalam beberapa dekade terakhir. Permintaan ini diperkirakan akan terus meningkat di masa

---

Corresponding author: Dwina Moentamaria

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

E-mail: dwina\_mnt@yahoo.com



mendatang. Trend kebutuhan ini dapat dilihat dari kemudahan penggunaan dalam situasi darurat alam global yang membutuhkan dukungan logistik cepat untuk operasi militer [1]. Selain itu, pendaki gunung, dan jemaah haji selama kegiatan ibadah sangat membutuhkan makanan siap saji [2].

Teknologi saat ini semakin canggih sehingga menyebabkan proses pengawetan makanan semakin berkembang. Pengawetan makanan dapat menggunakan berbagai teknologi, seperti pengeringan, pengasapan, pembekuan, penambahan bahan pengawet, radiasi, *microwave*, dan pengawetan dengan suhu atau tekanan tinggi [3]. Teknologi pengawetan pangan yang menggunakan suhu tinggi menjadi pilihan yang menjanjikan karena dapat membunuh bakteri patogen tanpa mengurangi rasa dan nilai gizi makanan. Teknik pengawetan makanan menggunakan proses termal pada *autoclave* atau *retort* adalah pilihan terbaik karena stabilitas produk yang dicapai dengan penyimpanan makanan jangka panjang di suhu kamar [4].

Proses termal menggunakan suhu standar sterilisasi 121°C pada berbagai jenis produk yang berbeda dengan menggunakan *retort pouch*, untuk tahan panas terhadap suhu sterilisasi serta dapat diaplikasikan untuk produk dengan masa simpan yang lama. Kondisi kritis dapat ditinjau dari kemampuan suhu dan tekanan yang dapat mematikan mikroorganisme patogen diantaranya *Salmonella sp* dan *Clostridium botulinum*, dan keduanya mempunyai kondisi optimum 37°C [5]. Mengacu pada kondisi tersebut, maka perlu dipertimbangkan efisiensi suhu dan waktu *retort*, agar spora kedua bakteri patogen tersebut mati. Makanan *ready to eat* ayam gulai perlu dispesifikasikan pada kondisi standar sterilisasi yaitu 121°C selama 30 menit untuk membunuh kedua bakteri tersebut [6]. Ketahanan olahan pangan harus memiliki panas yang cukup sehingga dapat disimpan pada waktu yang lama. Percobaan yang dilakukan, dapat memperoleh nilai D, Z, LR, F<sub>0</sub> [7]. Target F<sub>0</sub> merupakan kecukupan panas yang digunakan untuk menentukan waktu sterilisasi, minimal 3 menit [8]. Sehingga jika diperoleh di bawah suhu dan waktu standar, maka proses termal menjadi efisien, dapat menekan biaya operasional. Jika kondisi operasi yang tepat diperoleh, maka *retort* atau *autoclave* dapat dioperasikan dengan efisien dan konsisten [9]. Tujuan penelitian ini menentukan nilai kecukupan panas (F<sub>0</sub>) pada pengawetan olahan pangan (ayam gulai) menggunakan metode sterilisasi. Alat sterilisasi yang digunakan yaitu *autoclave*. Parameter-parameter pada proses termal pada produk komersial olahan pangan (gulai ayam) dengan kemasan *retort pouch* yaitu nilai *Decimal Reduction Time* (D), *Temperature Coefficient of microbial destruction* (Z), Efek letalitas (LR), dan kecukupan panas (F<sub>0</sub>).

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan yaitu eksperimen, dimana proses pembuatan dan penentuan kecukupan panas dilakukan dalam skala laboratorium yang berlokasi di Laboratorium Bioproses Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang. Produk yang digunakan adalah olahan pangan (ayam gulai) yang dikemas di dalam kemasan dengan pemanasan secara termal cenderung menggunakan uap panas bertekanan dan temperatur tinggi. Kemasan fleksibel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *retort pouch*. Metode percobaan yang dilakukan dengan cara sterilisasi olahan pangan (ayam gulai) menggunakan alat *autoclave*. Kemudian, hasil produk dilakukan uji mikrobiologi untuk penentuan kecukupan

panas. Tahapan percobaan pada penelitian ini meliputi tahap persiapan bahan baku, tahap percobaan dan uji mikrobiologi.

### 2.1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan untuk sampel adalah ayam gulai sebanyak 20 gram, ditambah santan 30 gram dimasukkan di dalam kemasan *retort pouch*. Spesifikasi *retort pouch* terdiri dari empat lapisan yaitu poliester 12  $\mu\text{m}$  (lapisan luar), aluminium foil 9  $\mu\text{m}$  dan 15  $\mu\text{m}$  nilon (lapisan tengah) dan propilena 70  $\mu\text{m}$  (lapisan dalam) [10]. Ukuran *retort pouch* (12 x 16 x 3.5 cm) dengan ketebalan 105 micron. Produk dikemas kemudian di *vacuum sealer* (Getra Dz-300 pd) dan *vacuum sealer* manual (Power pack Dz-280 SE) untuk mengurangi udara yang ada didalam kemasan dan masa simpan produk lebih tahan lama karena tidak terkontaminasi oleh bakteri.

### 2.2. Tahap Percobaan

Produk olahan pangan yaitu ayam gulai di sterilisasi menggunakan *autoclave* (Hirayama HVE-50) suhu 121°C dan 130°C dengan waktu sterilisasi 3, 6, 9, 12, dan 15 menit. Kemasan *retort pouch* ditata diatas rak *autoclave*. Setelah itu, menyiapkan *autoclave* dengan memastikan stop kontak terhubung dengan sumber listrik, *autoclave* dalam kondisi baik, tombol *power* utama diarahkan ke on, dan air diisi sesuai dengan batas volume. Setelah itu, menyalakan tombol *power* pada *display* dan LID diarahkan ke *unlock*. Kemudian, memasukkan produk ke dalam rak *autoclave* apabila sudah terisi penuh, *autoclave* ditutup dengan rapat serta LID diarahkan ke *lock* lalu mengubah mode *autoclave* menjadi mode 2, lalu suhu dan waktu diatur pada 121°C dengan waktu tertentu kemudian program *autoclave* diubah menjadi P-1 yaitu secara otomatis dan proses sterilisasi dimulai. Selama proses berlangsung dilakukan pencatatan kenaikan suhu tiap interval waktu 1 menit untuk melihat laju reaksi dan keperluan perhitungan *lethal rate*. Kemudian, setelah alarm *autoclave* berbunyi, tombol stop ditekan dan suhu *retort* ditunggu hingga 70°C. Setelah itu, mengarahkan LID ke arah *unlock* dan keranjang *autoclave* dikeluarkan.

### 2.3. Uji Mikrobiologi

Analisa total bakteri menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC), dengan penambahan *Buffered Peptone Water* (BPW) dan menggunakan media *Salmonella Shigella Agar* (SSA) yang sudah disterilisasi, kemudian diinkubasi dengan suhu 37°C selama 48 jam [11]. Setelah itu, jumlah koloni dalam cawan *petridish* dihitung menggunakan *colony counter* untuk menentukan nilai D, Z, LR dan F<sub>0</sub>.

#### a) Penentuan nilai D

Nilai *Decimal Reduction Time* (D) adalah waktu (menit) pemanasan pada suhu tertentu yang menyebabkan pengurangan mikroba sebesar 1 desimal atau 1 siklus (1-log reduksi atau mereduksi sebesar 90% mikroba) [12].

$$D = \frac{t}{(\log \log C_0 - \log \log C)} \quad (1)$$

Keterangan:

- t = waktu pemaparan (menit)
- C<sub>0</sub> = Jumlah awal mikroorganisme
- C = Jumlah akhir mikroorganisme.

**b) Penentuan nilai Z**

Nilai Temperature *Coeffisient of microbial destruction* (Z) adalah perubahan suhu pemanasan yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan nilai D sebesar 1 desimal (1 siklus) [13].

$$Z = \frac{T_1 - T_2}{\log \log \frac{D_1}{D_2}} \tag{2}$$

Keterangan:

T1 = suhu referensi yaitu 121°C

T2 = suhu yang ditentukan (°C)

D1 = waktu yang diperoleh pada suhu referensi 121°C (menit)

D2 = waktu yang diperoleh pada suhu yang ditentukan (menit)

**c) Penentuan nilai LR**

Efek letalitas (LR) adalah laju letal atau kematian mikroba untuk suhu pemanasan terhadap suhu acuan standar 121°C [14].

$$LR = 10^{\left(\frac{T - T_{ref}}{Z}\right)} \tag{3}$$

Keterangan:

T = suhu pemanasan (°C)

T ref = suhu referensi 121°C

Z = nilai dari persamaan 2 (°C)

**d) Penentuan nilai F<sub>0</sub>**

Waktu pemanasan (menit) untuk mencapai tingkat sterilisasi Nilai F<sub>0</sub> menunjukkan waktu proses pada suhu standar. Untuk sterilisasi, suhu standar adalah 121°C. [13], [15].

$$F_0 = \int_0^t LR dt \tag{4}$$

Keterangan:

Δt = interval waktu antara 2 pembacaan suhu

T = suhu produk (°C)

Z = nilai perubahan suhu untuk mereduksi bakteri

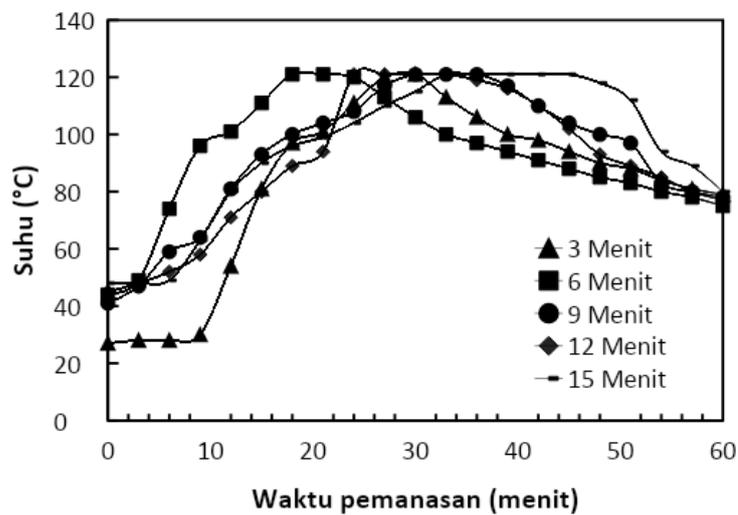
**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Proses sterilisasi menggunakan alat *autoclave* merupakan proses pemanasan untuk membunuh mikroba dan menghasilkan produk olahan pangan yang dapat disimpan dalam jangka panjang pada suhu ruang. Proses sterilisasi pada suhu 121°C dan 130°C dengan variabel waktu pemanasan 0, 3, 6, 9, 12, dan 15 menit.

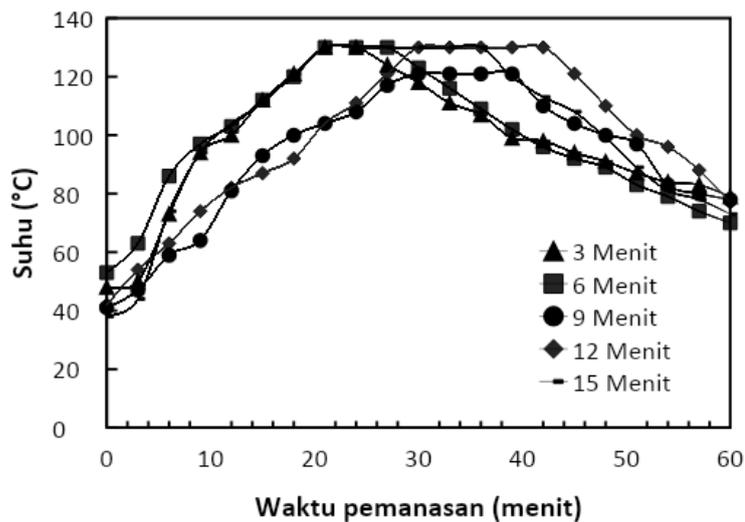
Proses sterilisasi merupakan proses pemanasan dengan suhu tertentu untuk membunuh mikroba dan tidak ada mikroba pada produk. Pada proses sterilisasi, pemanasan terjadi ketika bakteri dihancurkan oleh uap air panas karena denaturasi beberapa protein organisme. Suhu tinggi, pH, atau zat kimia yang tidak sesuai dengan kondisi optimal menyebabkan rusaknya struktur protein pada bakteri karena denaturasi. Proses utama dalam

pengawetan olahan pangan adalah sterilisasi. Indeks keberhasilan sterilisasi adalah menurunkan jumlah bakteri hingga pada tingkat aman dikonsumsi. Penentuan suhu dan waktu sterilisasi pada saat proses pengalengan bertujuan untuk menghasilkan produk pangan yang aman dikonsumsi namun tetap mempunyai khasiat dan nilai gizi yang sama dengan produk segar.

*Autoclave* dapat digunakan untuk sterilisasi pada suhu dan waktu tertentu. Laju perpindahan panas dari *autoclave* ke produk dapat diukur melalui pengujian suhu penetrasi. Ini karena panas secara bertahap berpindah dari suhu *autoclave* ke makanan. Suhu penetrasi diukur di daerah tengah bahan, yang dianggap sebagai area terdingin pada makanan. Jika ada cukup panas di tempat yang lebih dingin, akan ada cukup panas di tempat yang lebih panas [14].



Gambar 1. Proses sterilisasi suhu 121°C



Gambar 2. Proses sterilisasi suhu 130°C

Gambar 1 dan 2 menunjukkan proses sterilisasi antara suhu dengan waktu sterilisasi. Suhu awal didalam *autoclave* sekitar 28-45°C, suhu akan meningkat menuju puncak sterilisasi yang telah ditentukan dan kemudian akan menurun atau terjadi proses pendinginan. Olahan

pangan (ayam gulai) yang disterilkan selama 3 menit pada suhu pada suhu 121°C (Gambar 1) dan 130°C (Gambar 2) menunjukkan penurunan tajam pada menit ke 34 setelah mencapai suhu maksimum. Sedangkan waktu sterilisasi selama 6, 9, 12, 15 menit menunjukkan penurunan suhu secara perlahan-lahan.

Pada data gambar 1 dan 2, suhu yang dicapai yaitu pada 121°C dengan waktu sterilisasi 6 menit, suhu tercapai pada menit ke 18 sedangkan suhu 130°C dengan waktu sterilisasi 15 menit, suhu tercapai pada menit ke 21. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu sterilisasi yang ditentukan maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mencapai suhu yang diinginkan. Suhu awal di dalam *autoclave* juga dapat mempengaruhi proses sterilisasi. Jika suhu awal tinggi, sterilisasi dapat dilakukan dengan cepat pada suhu yang ditentukan

### 3.1 Pengaruh suhu dan waktu sterilisasi terhadap nilai D dan Z

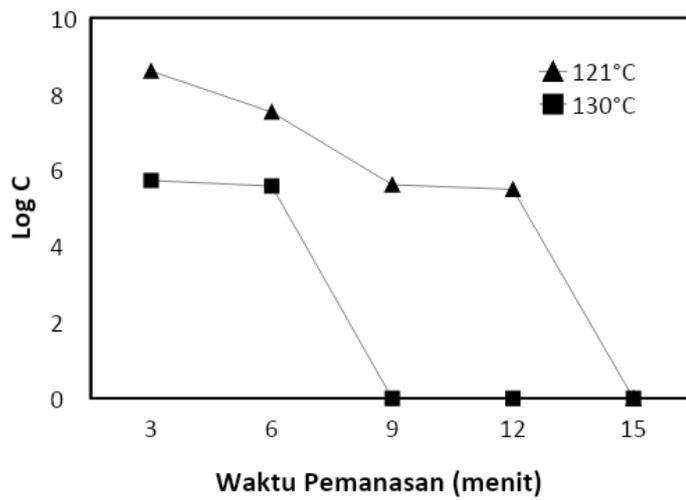
Tabel 1 menunjukkan nilai D yang dapat digunakan untuk menghitung nilai Z. Nilai keduanya merupakan parameter penting yang digunakan untuk mengetahui efektivitas proses sterilisasi panas. Nilai *Decimal Reduction Time* (D) adalah waktu (menit) pemanasan pada suhu tertentu yang menyebabkan pengurangan mikroba sebesar 1 desimal atau 1 siklus (1-log reduksi atau mereduksi sebesar 90% mikroba), nilai *Temperature Coefficient of microbial destruction* (Z) adalah perubahan suhu pemanasan yang dapat menyebabkan terjadinya perubahan nilai D sebesar 1 desimal (1 siklus). Pengaruh suhu dan waktu sterilisasi terhadap nilai D dan Z dapat digunakan untuk menentukan efisiensi sterilisasi.

**Tabel 1.** Penentuan nilai D pada olahan pangan (ayam gulai)

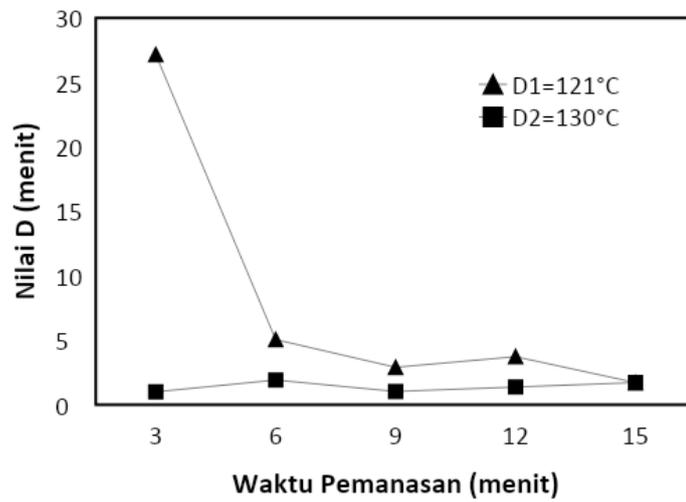
Suhu (°C)	Waktu (menit)	Jumlah awal bakteri (C <sub>0</sub> )	Jumlah akhir bakteri (C)	Log (C <sub>0</sub> )	Log (C)	Nilai-D (menit)
121	3	512 x 10 <sup>6</sup>	397 x 10 <sup>6</sup>	8,7092	8,5987	27,1543
	6	512 x 10 <sup>6</sup>	33,25 x 10 <sup>6</sup>	8,7092	7,5217	5,0527
	9	512 x 10 <sup>6</sup>	0,41 x 10 <sup>6</sup>	8,7092	5,6127	2,9065
	12	512 x 10 <sup>6</sup>	0,31 x 10 <sup>6</sup>	8,7092	5,4913	3,7291
	15	512 x 10 <sup>6</sup>	0	8,7092	0	1,7223
130	3	512 x 10 <sup>6</sup>	0,53 x 10 <sup>6</sup>	8,7092	5,7242	1,0050
	6	512 x 10 <sup>6</sup>	0,38 x 10 <sup>6</sup>	8,7092	5,5797	1,9172
	9	512 x 10 <sup>6</sup>	0	8,7092	0	1,0333
	12	512 x 10 <sup>6</sup>	0	8,7092	0	1,3778
	15	512 x 10 <sup>6</sup>	0	8,7092	0	1,7223

**Tabel 2.** Penentuan nilai Z pada olahan pangan (ayam gulai)

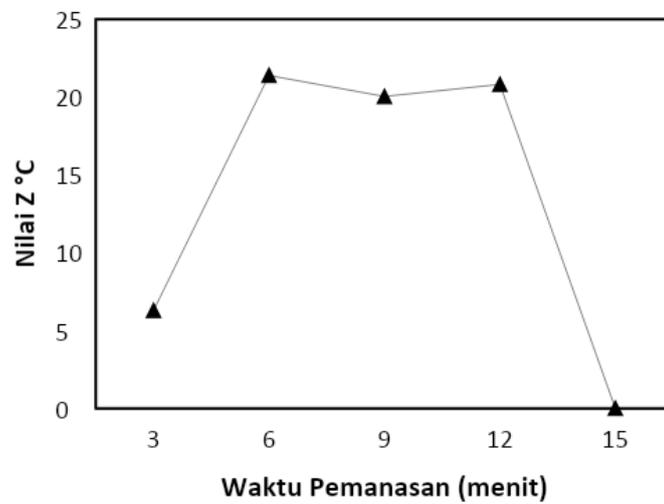
T1 (°C)	T2 (°C)	D1(min)	D2 (min)	Log D1/D2	Nilai Z (°C)
121	130	27,1544	1,0050	-1,4316	6,2864
121	130	5,0527	1,9172	-0,4208	21,3854
121	130	2,9065	1,0333	-0,4491	20,0395
121	130	3,7291	1,3778	-0,4324	20,8136
121	130	1,7223	1,7223	0	0



Gambar 3. Jumlah total bakteri suhu 121 dan 130°C



Gambar 4. Hubungan waktu sterilisasi dengan nilai D



Gambar 5. Hubungan waktu sterilisasi dengan nilai Z

Gambar 3 menunjukkan jumlah total bakteri pada suhu 121°C dan 130°C. Dari data tersebut pada suhu 121°C dengan waktu sterilisasi 3 menit dapat dilihat masih banyak bakteri dan bakteri yang tereduksi sebesar 22%. Sedangkan pada suhu 130°C dengan waktu sterilisasi 3 menit sudah tereduksi sebesar 99%. Dan pada suhu 121°C dan 130°C dengan waktu sterilisasi 6 hingga 15 menit sudah tereduksi bakteri lebih dari 90%. Bakteri yang terdapat pada olahan pangan (ayam gulai) pada suhu 121°C menurun seiring waktu sterilisasi dan tidak terdapat bakteri pada waktu sterilisasi 15 menit. Sedangkan pada suhu 130°C dengan waktu sterilisasi 9 menit, tidak terdeteksi adanya bakteri. Dikarenakan sterilisasi menggunakan suhu atau radiasi tinggi untuk membunuh semua jenis bakteri, dapat disimpulkan bahwa waktu sterilisasi yang lebih lama juga dapat mencegah pertumbuhan bakteri.

Pada gambar 4 adalah hubungan waktu sterilisasi dengan nilai D, dari data menunjukkan bahwa nilai D yang tinggi ditunjukkan pada suhu 121°C waktu sterilisasi 3 menit. Sedangkan nilai D terendah pada suhu 130°C waktu sterilisasi 3 menit karena sudah mereduksi bakteri sebesar 99%. Nilai D sangat dipengaruhi oleh suhu pemanasan. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah total bakteri mempengaruhi nilai D. Semakin banyak jumlah bakteri maka nilai D semakin tinggi. Jika jumlah bakteri sedikit maka nilai D juga akan semakin kecil. Nilai D sangat dipengaruhi oleh suhu, karena suhu tinggi mengurangi waktu (D) yang diperlukan untuk mengurangi bakteri.

Nilai Z dapat mengubah suhu pemanasan sterilisasi selama tiga menit pada suhu 121°C, yang dapat mengubah nilai D sebesar 1 desimal (1 siklus log), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan 5. Semakin kecil nilai Z menunjukkan bahwa nilai D lebih sensitif terhadap perubahan suhu pemanasan. Jumlah bakteri yang direduksi, nilai D dan Z, dan waktu sterilisasi 6 menit diperlukan untuk mendapatkan nilai  $F_0$  yang diinginkan dari data. Hasil terbaik nilai D dan Z yaitu pada waktu pemanasan 6 menit dengan mengambil data pada suhu 121°C dan 130°C.

### **3.2 Pengaruh suhu dan waktu sterilisasi terhadap nilai lethal rate dan $F_0$**

Nilai *lethal rate* (kematian cepat) adalah efek kematian mikroba pada pemanasan dengan suhu tertentu dibandingkan dengan suhu standar. Nilai *lethal rate* didapatkan dengan menggunakan persamaan 3, dan kemudian dapat menghitung nilai  $F_0$ . Persamaan ini dapat digunakan untuk menghitung nilai *lethal rate*. Untuk menghitung kecukupan panas, data akan diplot terhadap waktu untuk menghasilkan grafik yang menunjukkan hubungan antara tingkat kematian dan waktu.

Nilai letalitas masing-masing proses sterilisasi dihitung dengan suhu sterilisasi. Nilai letalitas ini dihitung berdasarkan bagaimana letalitas mikroba berdampak pada pemanasan dengan suhu tertentu dibandingkan dengan suhu standar. Nilai letalitas masing-masing proses sterilisasi ditunjukkan pada gambar 6.

Berdasarkan grafik pada gambar 6, cara menghitung nilai  $F_0$  untuk setiap proses sterilisasi ditunjukkan pada tabel 4. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu dan semakin lama waktu sterilisasi maka nilai  $F_0$  juga semakin tinggi. Data hasil terbaik yaitu pada nilai  $F_0$  yang dihasilkan pada penelitian olahan pangan (ayam gulai) ini pada suhu 121°C dan 130°C selama waktu pemanasan 6 menit dikarenakan bakteri sudah tereduksi 90% atau 1 siklus dan sudah memenuhi syarat Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) nomor 27 tahun 2021 menyarankan nilai  $F_0 \geq 3$  menit dihitung terhadap spora *Clostridium*

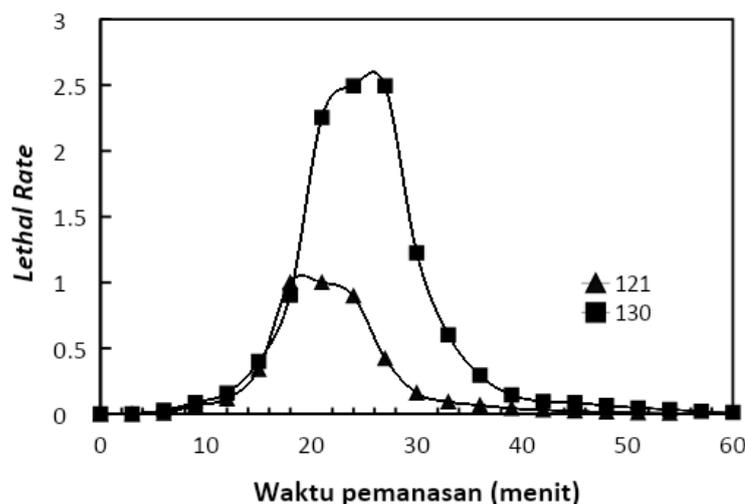
*Botulinum* [8]. Didapatkan nilai  $F_0$  yang dihasilkan pada penelitian ini pada suhu 121°C dan 130°C masing-masing sebesar 13 menit dan 34 menit, dan ditunjukkan pada gambar 5. Nilai sterilitas kurang dari 3 menit menunjukkan bahwa suhu dan waktu sterilisasi tidak cukup untuk membunuh bakteri, sedangkan nilai sterilitas lebih besar dari 3 menit sudah mencukupi untuk membunuh bakteri dan nilai kecukupan panas. Pemanfaatan hasil nilai  $F_0$  pada olahan pangan dengan melihat suhu dan waktu sterilisasi sehingga dapat diaplikasikan untuk pengawetan makanan, yang disimpan pada suhu kamar pada waktu tertentu.

**Tabel 3.** Penentuan nilai *lethal rate* pada olahan pangan (ayam gulai)

Waktu (menit)	T (°C)	T ref (°C)	Lethal rate
3	130	121	27,0185
6	130	121	2,6354
9	130	121	2,8126
12	130	121	2,7065
15	130	121	0

**Tabel 4.** Penentuan nilai  $F_0$  pada olahan pangan (ayam gulai)

Suhu (°C)	Waktu pemanasan (menit)	$F_0$ (menit)	Reduksi bakteri (%)
121	3	5,0518	22,4609
	6	12,9276	93,5058
	9	15,9943	99,9199
	12	19,0300	99,9394
	15	0	100
130	3	125,9292	99,8964
	6	33,9639	99,9255
	9	44,6145	100
	12	50,7402	100
	15	0	100



**Gambar 6.** Grafik hubungan waktu dengan *lethal rate* suhu 121 dan 130°C

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Waktu dan suhu sterilisasi mempengaruhi pada proses pengawetan makanan menggunakan proses termal. Nilai sterilisasi diperoleh pada kondisi 121°C dan 130°C dengan waktu sterilisasi 6 menit, dapat menginaktifkan seluruh bakteri *Salmonella sp.* Nilai sterilisasi telah memenuhi kecukupan panas atau  $F_0$  (menit) sesuai Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) nomor 27 tahun 2021 yaitu  $F_0 \geq 3$  menit.  $F_0$  pada 121°C dan 130°C masing-masing adalah 13 menit dan 34 menit. Dari penelitian ini menemukan bahwa kondisi 121°C dan 130°C dengan waktu sterilisasi 6 menit merupakan kondisi yang sudah efisien untuk proses sterilisasi untuk membunuh bakteri sehingga olahan pangan dapat disimpan dalam jangka waktu yang lama.

Saran untuk penelitian selanjutnya, perlu dilakukan proses sterilisasi sesuai dengan waktu standar sterilisasi yaitu 15 menit untuk memastikan olahan pangan tersebut lebih aman dari bakteri sehingga dapat disimpan dalam jangka panjang.

#### REFERENSI

- [1] A. Giraldo Gil, O. A. Ochoa González, L. F. Cardona Sepúlveda, dan P. N. Alvarado Torres, "Venting stage experimental study of food sterilization process in a vertical retort using temperature distribution tests and energy balances," *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 22, 2020.
- [2] E. Azhari, M. Subroto Aliredjo, dan A. Heri Purnomo, "Sterilization of Ready to Serve Product for Special Needs of Hajj and Umrah: Skipjack Tuna in A Retort Pouch Package," *E3S Web of Conferences*, vol. 374, 2023.
- [3] Z. Guo, X. Ge, dan L. Yang, "Ultrasound-assisted thawing of frozen white yak meat: Effects on thawing rate, meat quality, nutrients, and microstructure," *Elsevier*, vol. 70, no. 1, 2021.
- [4] A. Jedouňková, Z. Lazárková, dan L. Hampelová, "Critical view on sterilisation effect on processed cheese properties designed for feeding support in crisis and emergency situations," *LWT-Food Science and Technology*, vol. 171, 2022.
- [5] B. Torrents-Masoliver, D. Sandjong, dan A. Jofre, "Hazard control through processing and preservation technologies for enhancing the food safety management of infant food chains," *Global Pediatrics*, vol. 2, 2022.
- [6] C. Kumueang, P. Tangwatcharin, dan S. Sorapukdee, "Effect of sterility value on qualities of Chinese braised culled steer beef in retort pouch," *International Journal of Agricultural Technology*, vol. 16, no. 6, hal 1415-1424, 2020.
- [7] U. Roobab, M. Shabbir, dan A. Khan, "High-pressure treatments for better quality clean-label juices and beverages: Overview and advances," *LWT-Food Science and Technology*, vol. 149, Sep 2021.
- [8] [BPOM] Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia, "Peraturan BPOM No 27 Tahun 2021 tentang Persyaratan Pangan Olahan Berasam Rendah Dikemas Hermetis," 2021.
- [9] S. Zhu, B. Li, dan G. Chen, "Improving prediction of temperature profiles of packaged food during retort processing," *Journal of Food Engineering*, vol. 313, Jan 2022.
- [10] M. A. Shah, S. J. D. Bosco, S. A. Mir, dan K. V. Sunooj, "Evaluation of shelf life of retort pouch packaged Rogan josh, a traditional meat curry of Kashmir, India," *Food Packaging*

- and Shelf Life*, vol. 12, hal 76-82, Jun 2017.
- [11] K. Manurung, M. Tafsir, P. Patriani, dan M. Simbolon, "Comparative Test on the Level Contamination of Escherichia coli and Salmonella sp. on Broiler Meat at Slaughterhouses and Traditional Markets in Medan," *Jurnal Peternakan Integratif*, vol. 11, no. 1, hal 502-508, 2023.
- [12] M. Kurniadi, A. Kusumaningrum, A. Nurhikmat, A. Susanto Balai, P. Teknologi, dan B. Alam, "Proses Termal Dan Pendugaan Umur Simpan Nasi Goreng Dalam Kemasan Retort Pouch (Thermal Process of Fried Rice in Retort Pouch Packaging and its Shelf Life Prediction)," *Jurnal Riset Teknologi Industri*, vol. 13, no. 1, hal 9-21, 2018.
- [13] G. Puthanangadi Dasan, M. Bojyanaik, dan D. Gundubilli, "Heat penetration characteristics and quality of ready-to-eat shrimp in masala (*Litopenaeus vannamei*) in flexible retortable pouches," *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 45, no. 5, Mei 2021.
- [14] M. Maherawati, A. Nurhikmat, A. Santoso, T. Rahayuni, dan L. Hartanti, "Pengaruh Proses Termal terhadap Karakteristik Fisikokimia Pacri Nanas Kaleng," *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, vol. 11, no. 1, hal 34-39, Mar 2022.
- [15] A. S. Praharasti, A. Kusumaningrum, dan Nurhikmat, "Estimation of Sterilization Value using General Method and Ball Formula for Beef Rendang in Retort Pouch," *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, vol. 10, no. 5, hal 2118-2125, 2020.