

HEATING TECHNOLOGY:

The Key to Safety, Quality, and Sustainability in Thermal Processing of Food

Purwiyatno Hariyadi, PhD, CFS | Certified Food Scientist
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

- **Professor**, Department of Food Science & Technology, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, IPB University, BOGOR, Indonesia
- **Senior Scientist**, Southeast Asian Food & Agricultural Science & Technology (SEAFAST) Center, IPB University, BOGOR, Indonesia
- **Member**, *the Institute for Thermal Process Specialists* (IFTPS, USA).

 [purwiyatno_hariyadi](https://www.instagram.com/purwiyatno_hariyadi)
 [@phariyadi](https://twitter.com/phariyadi)



HEATECH INDONESIA INDUSTRY SEMINAR
IN PARTNERSHIP WITH FOODREVIEW

Organized by: **FOODREVIEW** | Sponsored by: **HEATECH**

HEATING TECHNOLOGY: THE KEY TO SAFETY, QUALITY, AND SUSTAINABILITY IN THERMAL PROCESSING OF FOOD

Prof. Dr. Ir. Purwiyatno Hariyadi, Msc

Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University & SEAFAST Center, IPB University

Wednesday
5th November 2025

13.00-16.00 WIB
HEATECH INDONESIA HALL B1 & B2
JL. PETA, KEMAHORASAN

KEY TOPIC TO BE DISCUSSED:

- Fundamentals of Heat Processing in Food Industry
- Applications of Advanced Heating Technologies in Food Processing
- Challenges and Future Trends: Optimizing Energy Consumption in Food Processing

Registration:

<https://bit.ly/BetterHeatingTechnology>

Ticket
Rp 500.000/ person
Rp 1.250.000/ 3 person

UNLIMITED SEAT

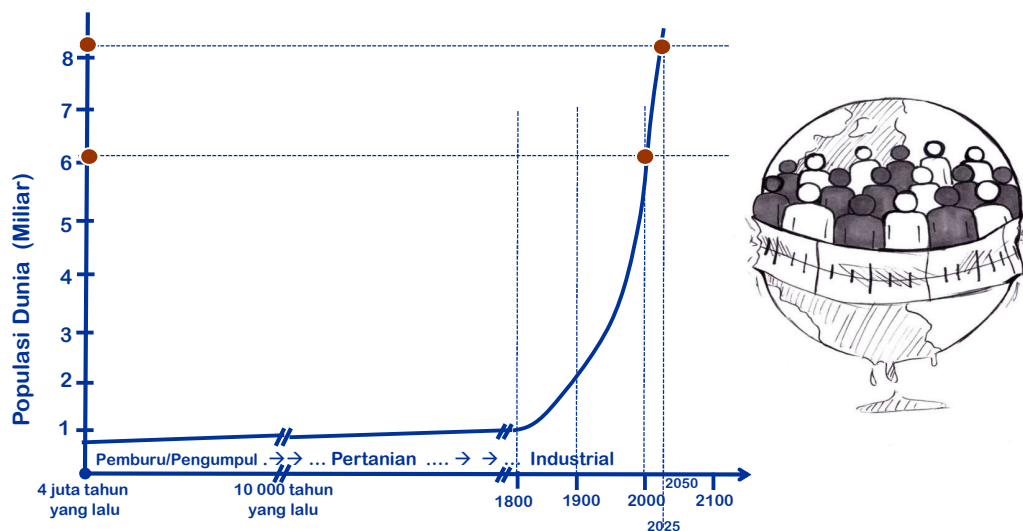
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

1

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Pendahuluan: Perkembangan Populasi Dunia



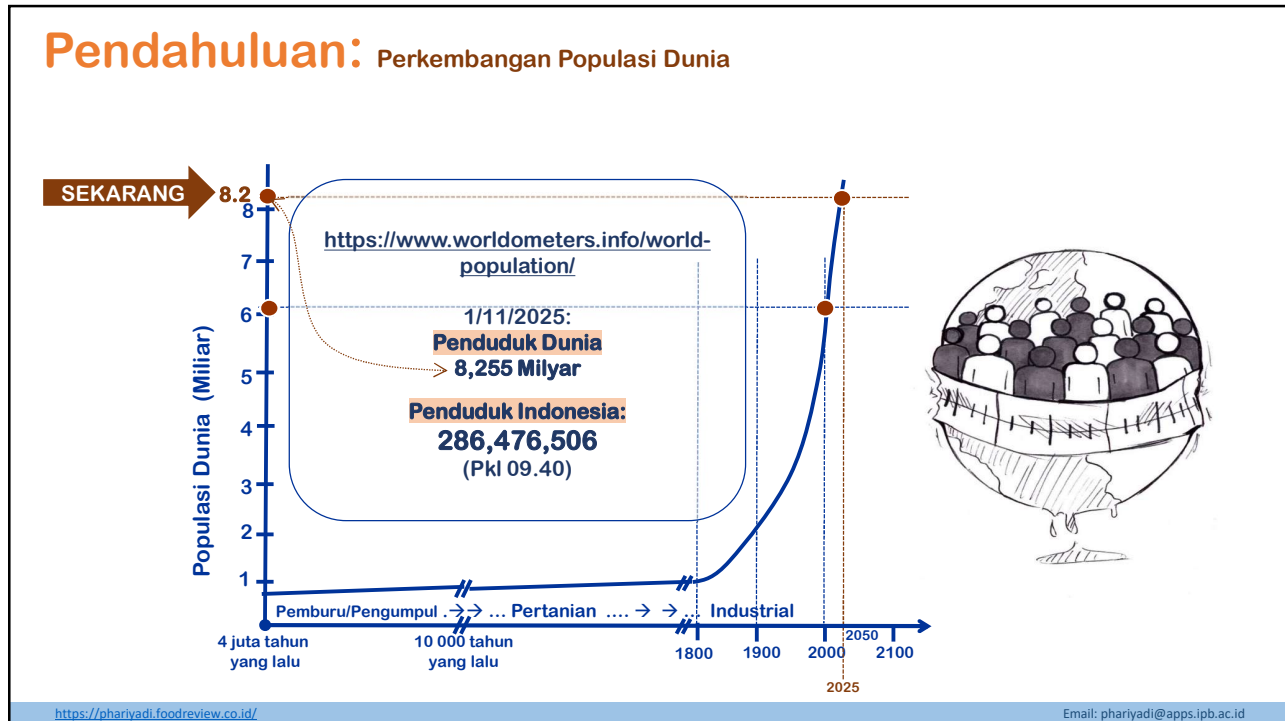
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

2

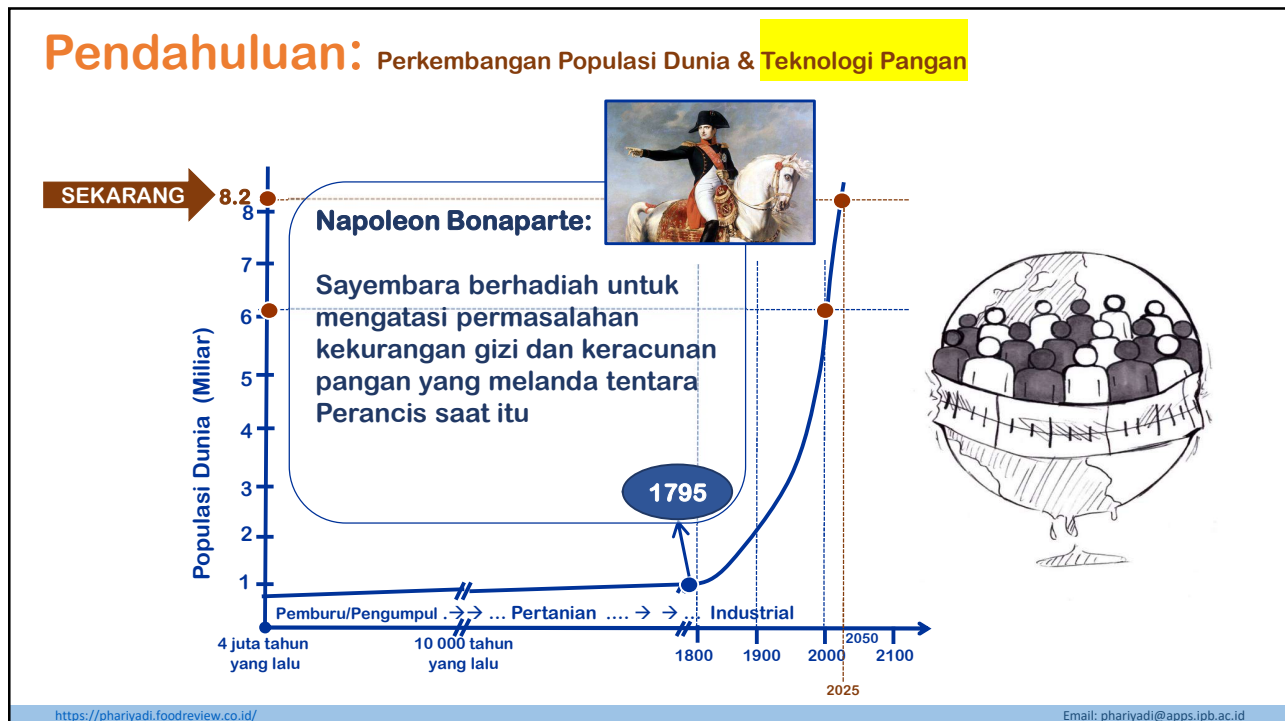
Hariyadi, P. 2025. HEATING TECHNOLOGY: The Key to Safety, Quality, and Sustainability in Thermal Processing of Food. Disampaikan pada "Food Industry Seminar, HEATECH Indonesia. Jakarta, 5 November 2025



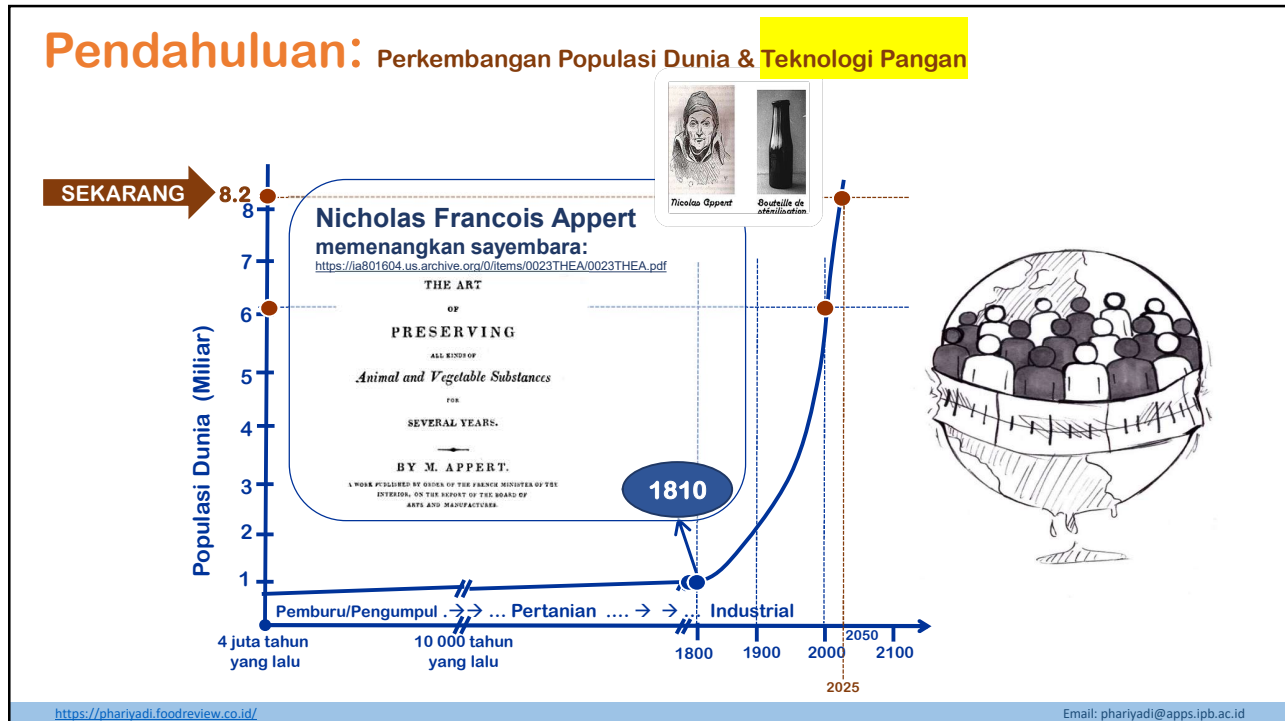


3

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

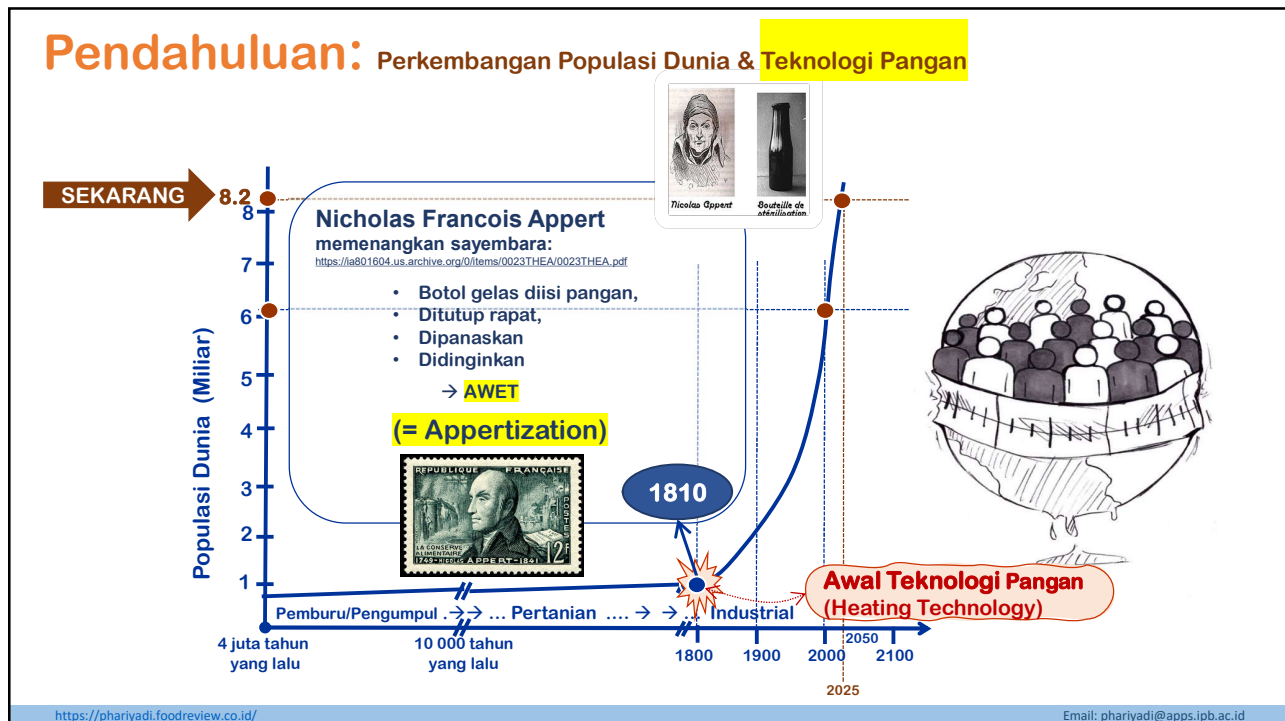


4

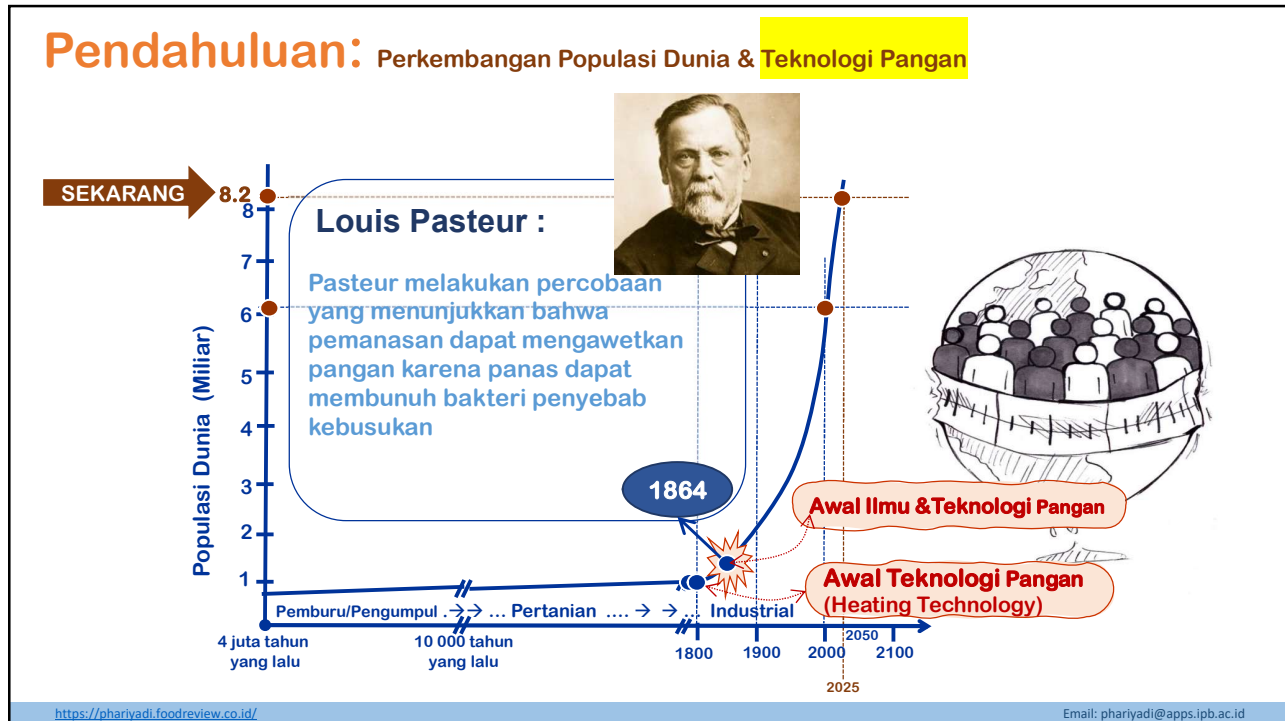


5

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

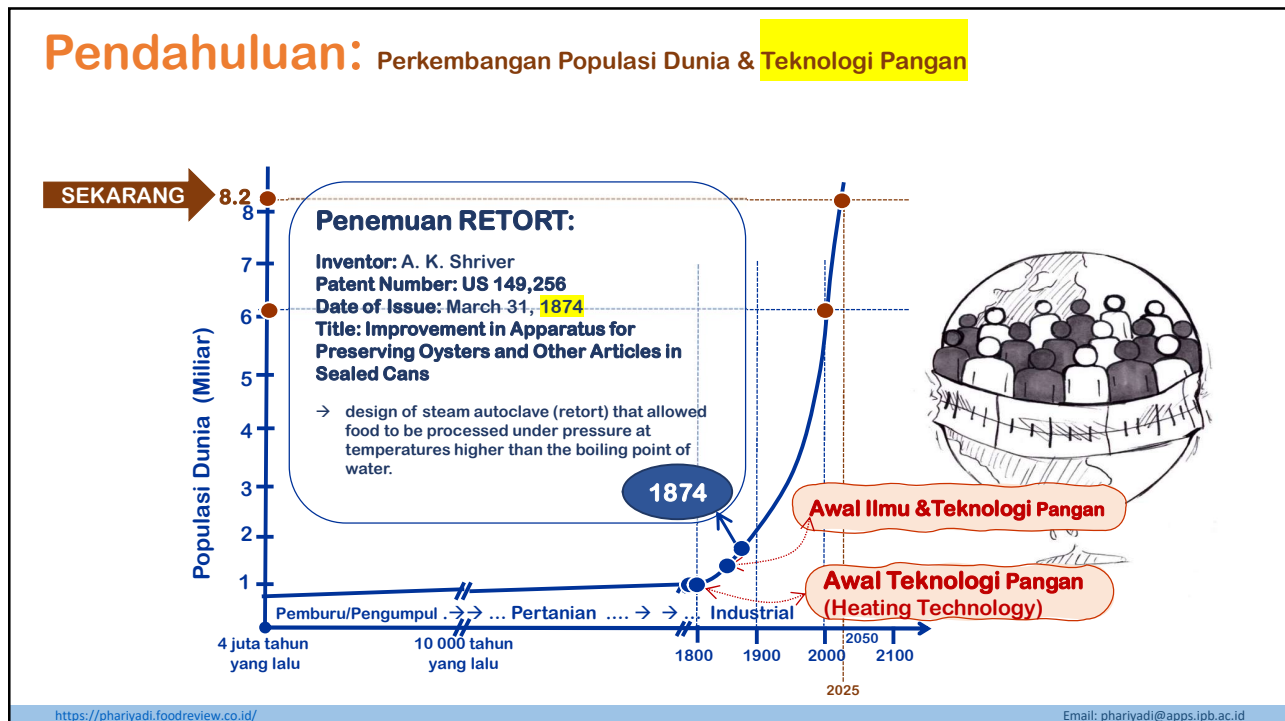


6

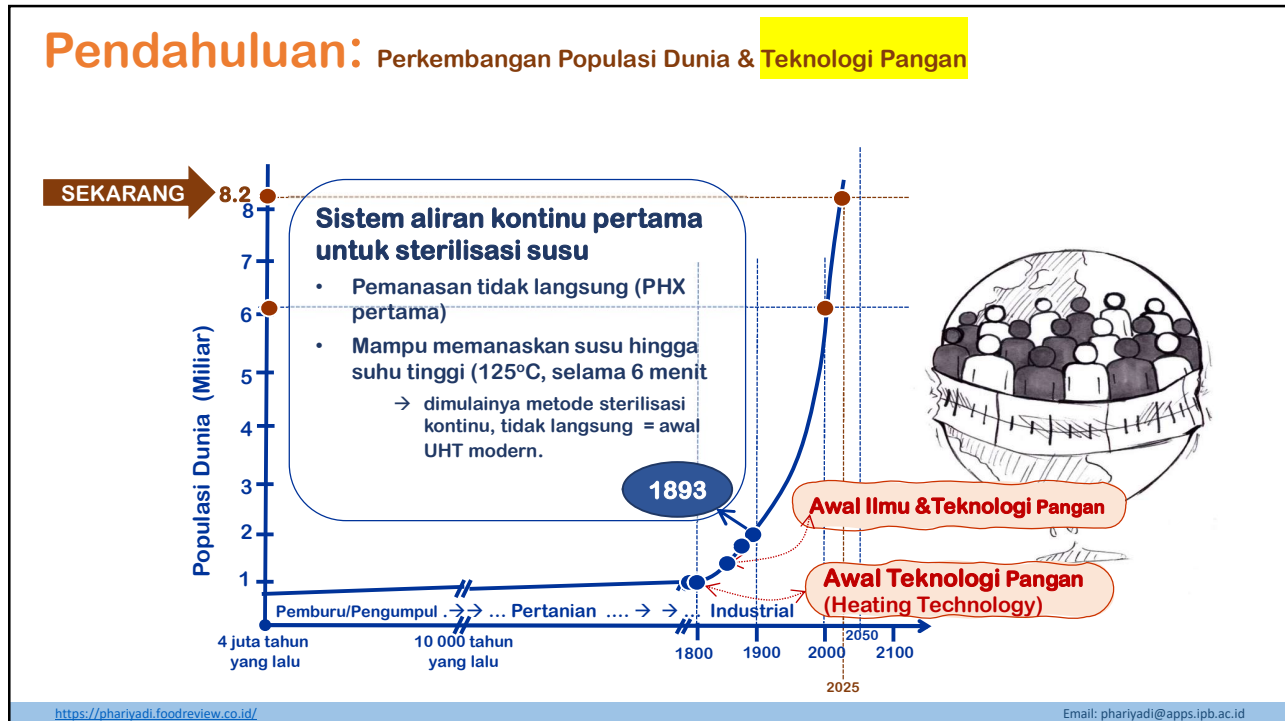


7

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

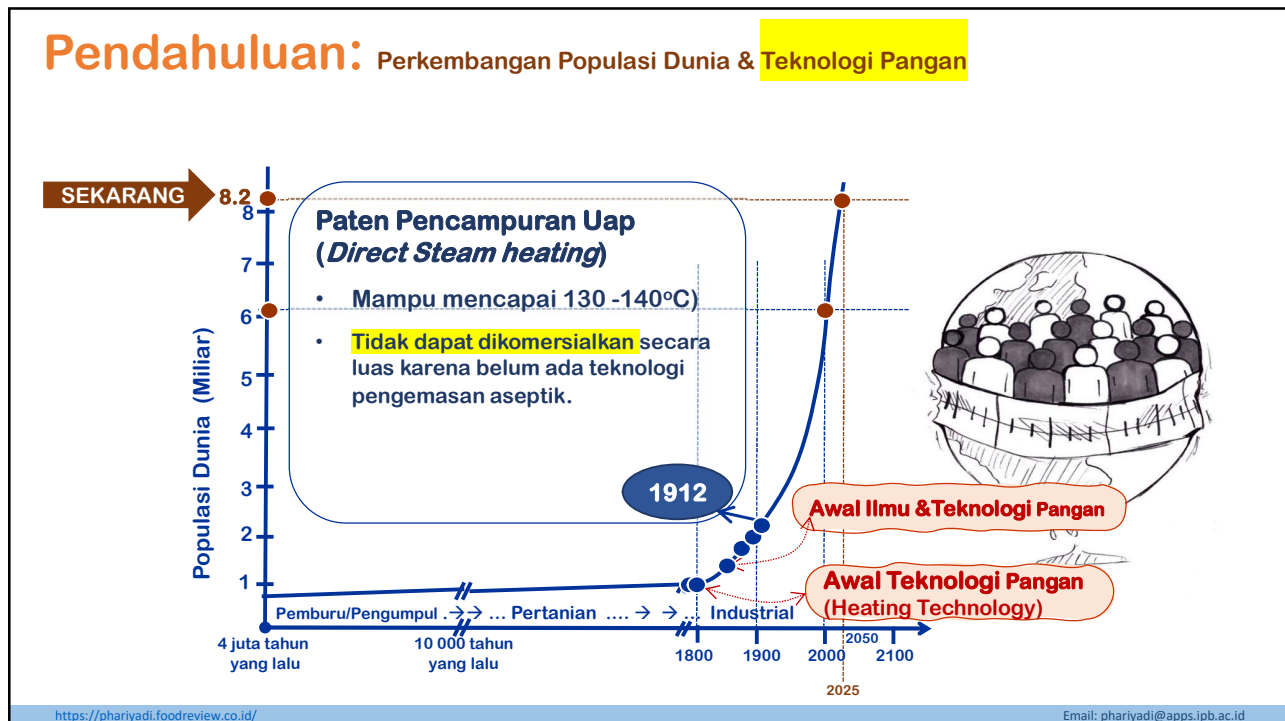


8

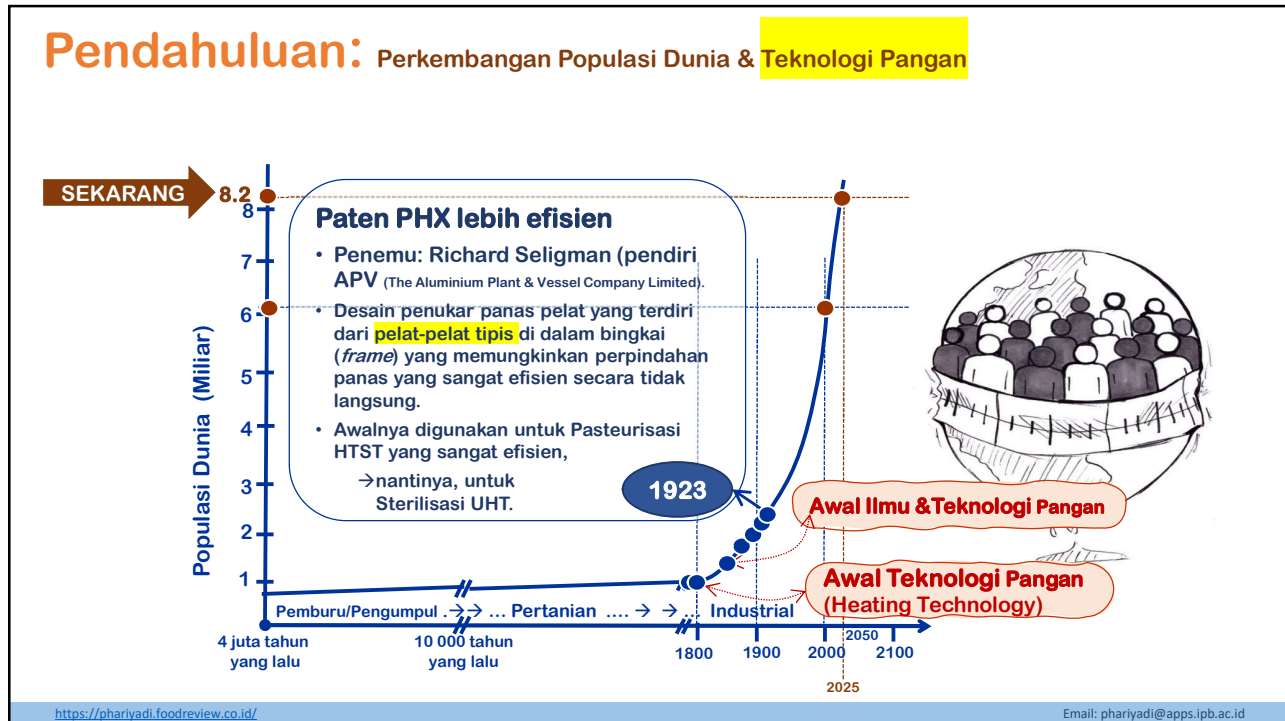


9

phariyadi@apps.ipb.ac.id
https://phariyadi.foodreview.co.id/

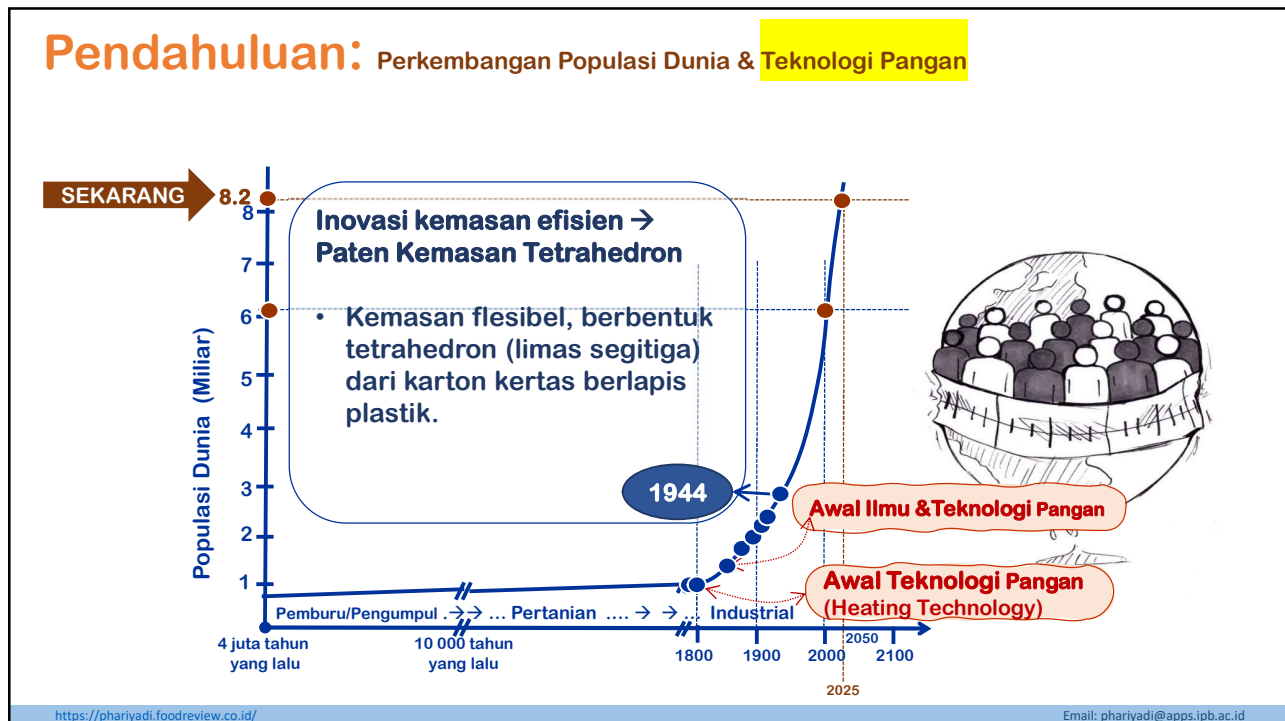


10

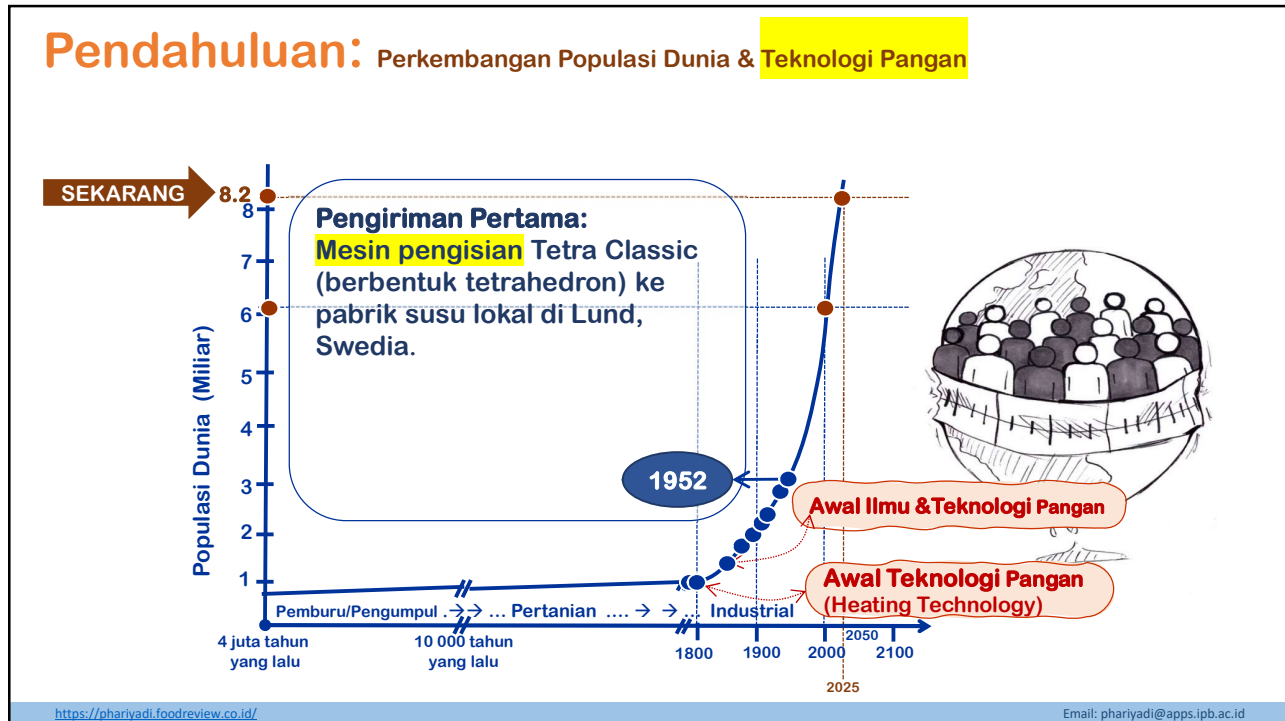


11

phariyadi@apps.ipb.ac.id
https://phariyadi.foodreview.co.id/

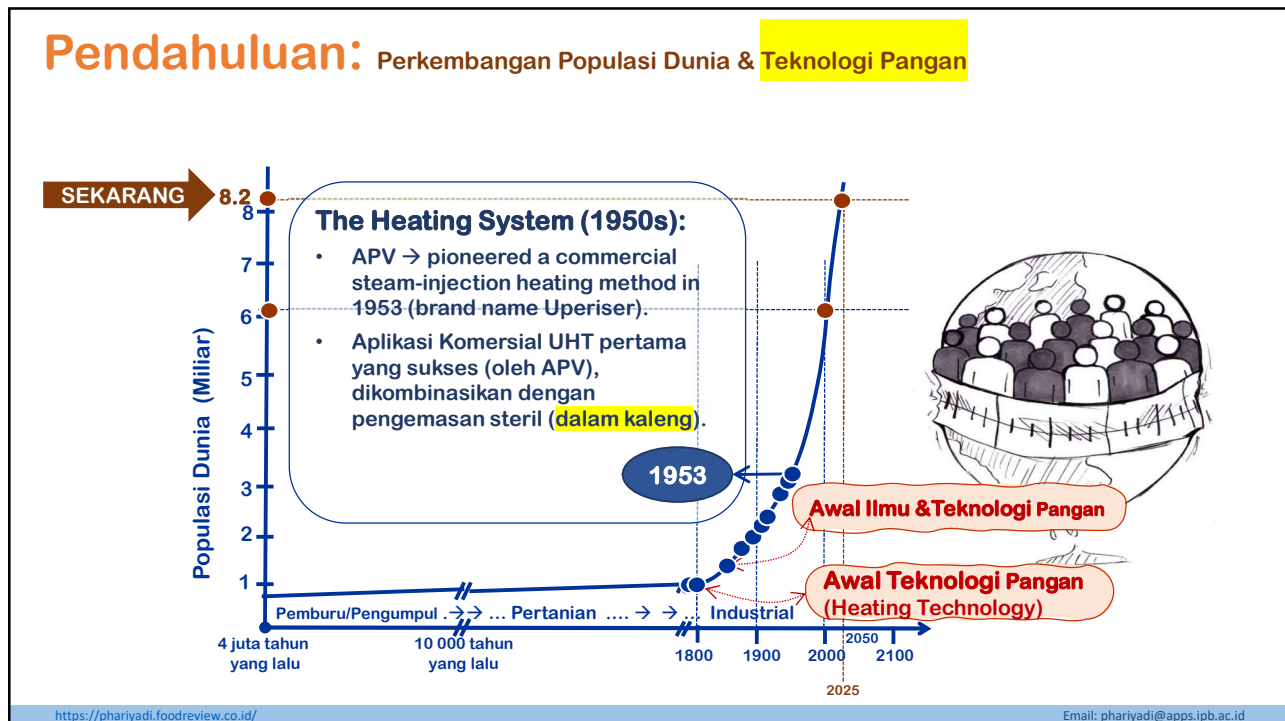


12

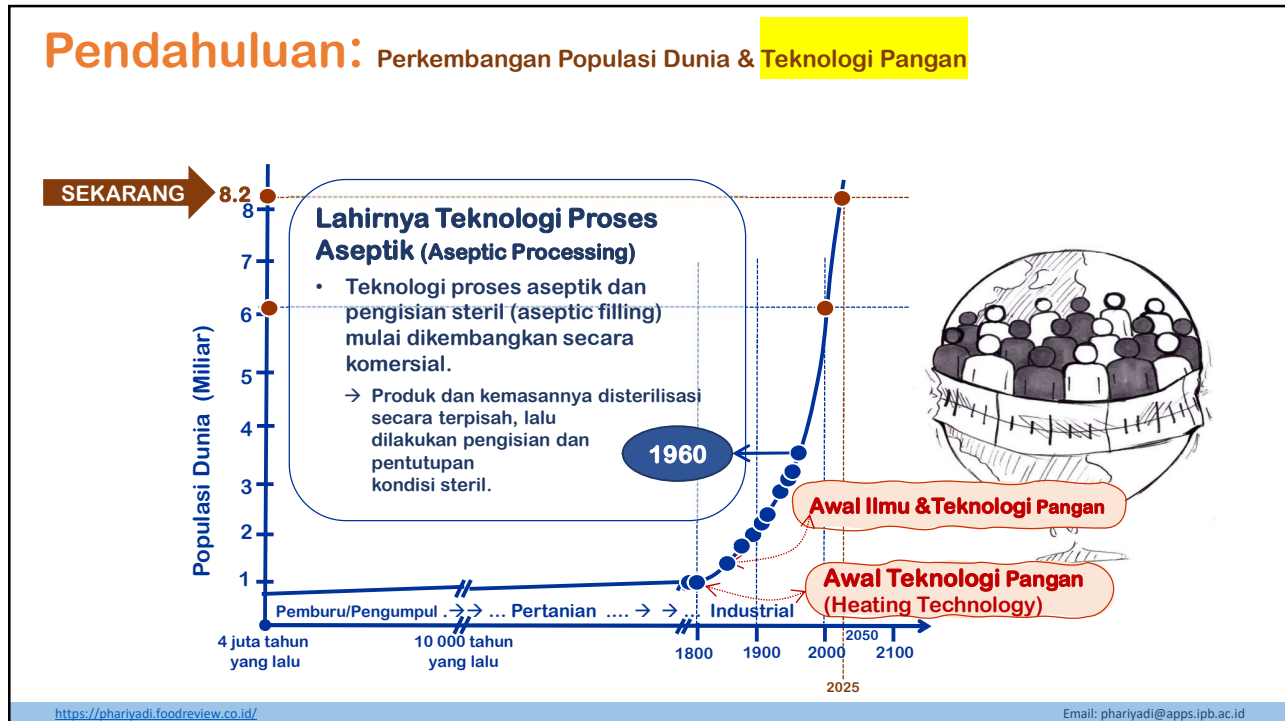


13

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

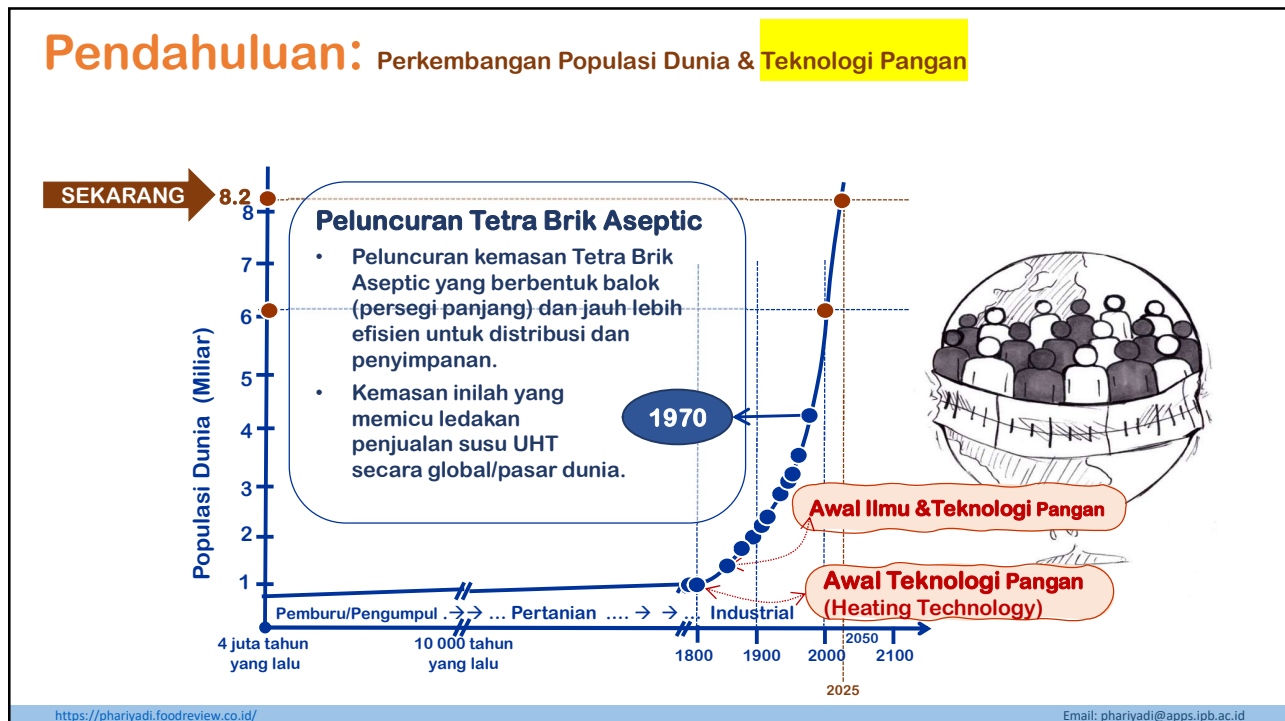


14

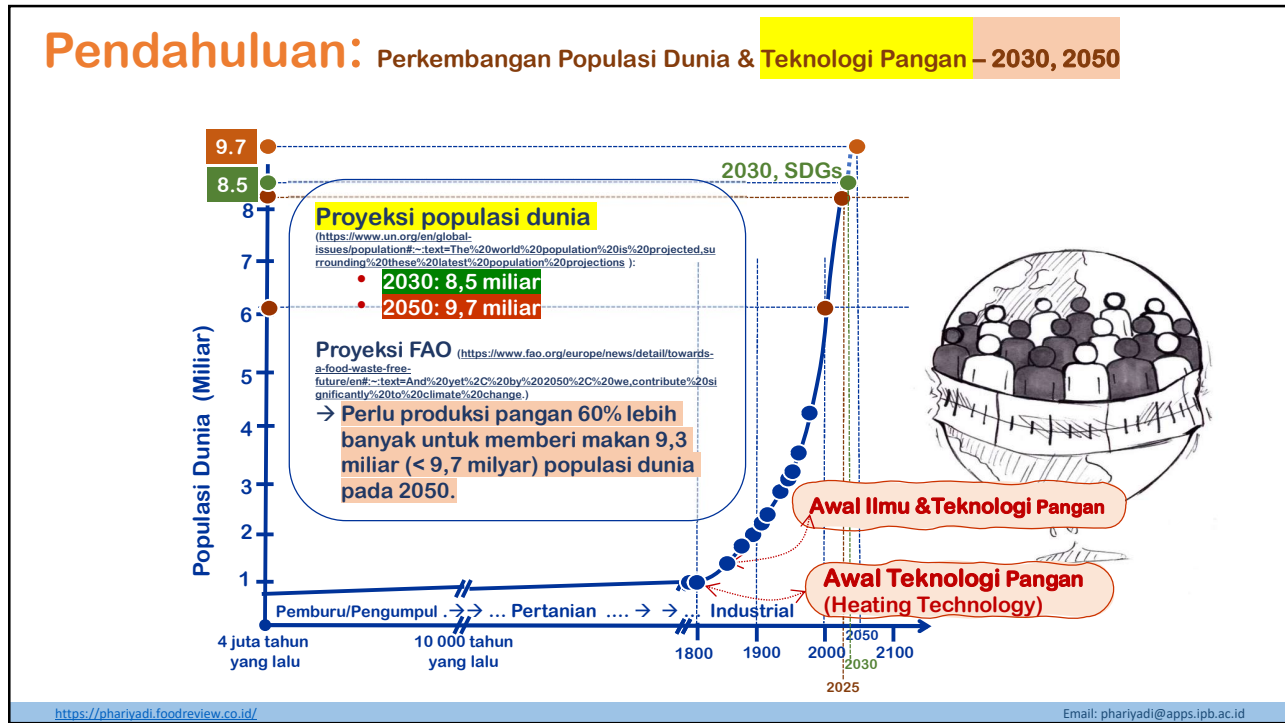


15

phariyadi@apps.ipb.ac.id
https://phariyadi.foodreview.co.id/

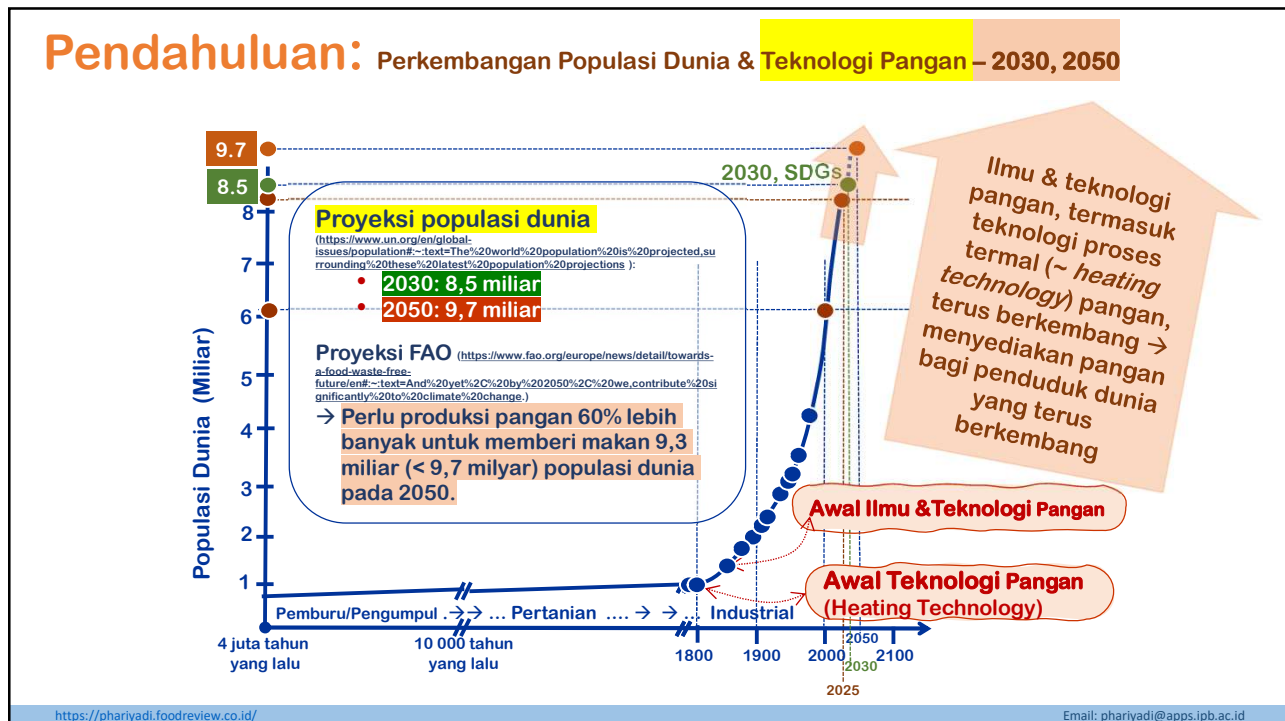


16



17

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>



18



19

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Pendahuluan: Tuntutan Keberlanjutan

- Kata Kunci **“sustainability”**.
 - ✓ Meningkatkan efisiensi penggunaan energi.
 - Mengurangi *food loss & waste*
 - Mengurangi dampak negatif thd lingkungan
 - Jejak karbon, dll

<https://phariyadi.foodreview.co.id/> Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

20

Pendahuluan: Tuntutan Keberlanjutan

Heating (thermal processing) technology, & Energy efficiency

- **Pemilihan dan Desain Peralatan yang Efisien:**
 - Memilih peralatan dengan efisiensi termal tinggi, seperti oven, boiler, dan penukar panas modern.
 - Merancang sistem rekaveri panas dan integrasi panas untuk meminimalkan kehilangan energi.
- **Optimalisasi Proses Termal:** Menentukan & Menerapkan proses optimal → mencapai tujuan proses dengan tetap meminimalkan (kerusakan mutu) & penggunaan energi.
- **Perawatan Rutin:** Memastikan bahwa peralatan beroperasi pada efisiensi puncak melalui perawatan dan pembersihan rutin

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

21

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Pendahuluan: Tuntutan Keberlanjutan

Heating (thermal processing) technology, & Energy efficiency

Fokus Hari ini !

- I. Fundamentals of Heat Processing in Food Industry
- II. Applications of Advanced Heating Technologies in Food Processing
- III. Challenges and Future Trends: Optimizing Energy Consumption in Food Processing

HEATECH INDONESIA INDUSTRY SEMINAR
HEATING TECHNOLOGY

Organized by FOODREVIEW
Presented by HEATECH INDONESIA

HEATING TECHNOLOGY:
THE KEY TO SAFETY, QUALITY,
AND SUSTAINABILITY IN
THERMAL PROCESSING OF FOOD

Prof. Dr. Ir. Purwiyatno
Hariyadi, Msc.

Departemen Ilmu dan Teknologi
Pangan, Fakultas Teknologi
Pertanian, IPB University &
SEAFST Center, IPB University

Registration

13.00-16.00 WIB
HEATECH INDONESIA
HALL 1 & 2
IPB KEMAYORAN

Wednesday
5th November 2025

KEY TOPIC TO BE DISCUSSED:

- Fundamentals of Heat Processing in Food Industry
- Applications of Advanced Heating Technologies in Food Processing
- Challenges and Future Trends: Optimizing Energy Consumption in Food Processing

Ticket
Rp 500,000/person
Rp 1,250,000/3 person

<https://bit.ly/BetterHeatingTechnology>

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

22

I. Fundamentals of Heat Processing of Food



<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

23

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food



<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

24

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kontrol FATTOM



- **F**ood → Bahan Pangan
- **A**cidity → Keasaman
- **T**emperature → Suhu
- **T**ime → Waktu
- **O**xygen → Oksigen, dan
- **M**oisture → Kelembapan.

Pahami dan kendalikan FAT TOM !

- mencegah pertumbuhan mikroba berbahaya dalam bahan pangan
- mengurangi risiko kontaminasi dan penyakit bawaan pangan.

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

25

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kontrol FATTOM



- **F** → **Food (Bahan Pangan)**
 - Mikroba membutuhkan zat gizi untuk tumbuh
 - Pangan = sumber gizi vital bagi manusia, sekaligus
 - Pangan = sumber gizi vital mikroba.
 - Pangan = berpotensi menjadi media tumbuh mikroba, baik pembusuk maupun pathogen.
 - Perlu CPPB (GHP) —mulai pengadaan, pembelian, penyimpanan, persiapan, pengolahan, hingga penyajian dan konsumsi


<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

26

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kontrol FATTOM (a) Setiap pangan adalah unik (khas) & "perishable", $f=(F)$



- **F** → **Food (Bahan Pangan)**
 - Mikroba membutuhkan zat gizi untuk tumbuh
 - Pangan = sumber gizi vital bagi manusia, sekaligus
 - Pangan = sumber gizi vital mikroba.
 - Pangan = berpotensi menjadi media tumbuh mikroba, baik pembusuk maupun pathogen.
 - Perlu CPPB (GHP) —mulai pengadaan, pembelian, penyimpanan, persiapan, pengolahan, hingga penyajian dan konsumsi

Tanggung jawab semua actor di sepanjang rantai pangan


<https://phariyadi.foodreview.co.id/> Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

27

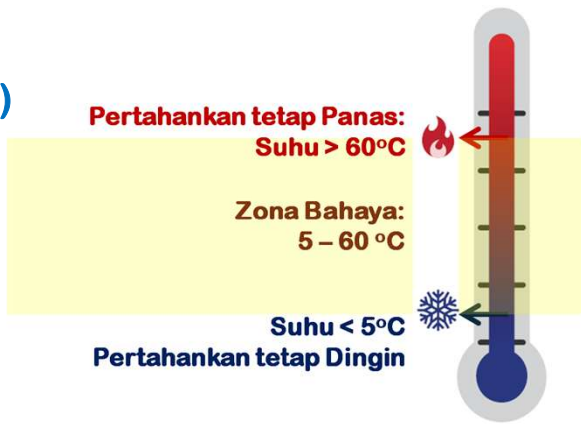
phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kontrol FATTOM (a) Setiap pangan adalah unik (khas) & "perishable", $f=(F)$
(b) Faktor lingkungan, $f=(T,T)$



- **F**
- **A**
- **T** → **Suhu (Temperature)**
- **T** → **Waktu (Time)**
- **O**
- **M**



Pertahankan tetap Panas: Suhu > 60°C

Zona Bahaya: 5 - 60 °C

Suhu < 5°C
Pertahankan tetap Dingin

<https://phariyadi.foodreview.co.id/> Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

28

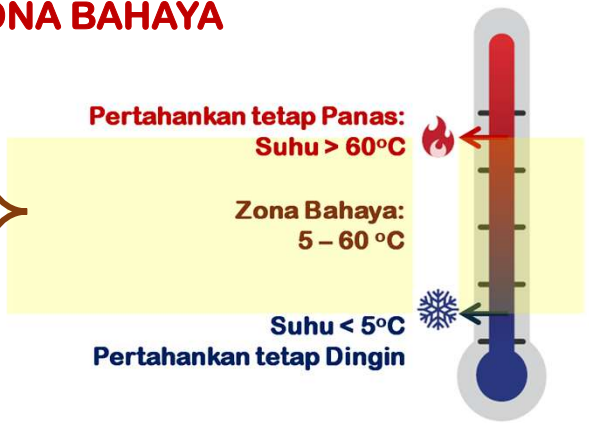
I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kontrol FATTOM (a) Setiap pangan adalah unik (khas) & "perishable", $f=(F)$
(b) Faktor lingkungan, $f=(T,T)$

Budayakan ...
Tidak Menyimpan Pangan pada ZONA BAHAYA

Pastikan:

- Pangan panas tetap pada suhu 60°C atau lebih tinggi, dan
- Pangan dingin tetap pada suhu 5°C atau lebih rendah




<https://phariyadi.foodreview.co.id/> Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

29

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kontrol FATTOM (a) Setiap pangan adalah unik (khas) & "perishable", $f=(F)$
(b) Faktor lingkungan, $f=(T,T), O$



Kemas Pangan dengan Tepat.

- **Mengendalikan Oksigen** → Batasi oksigen untuk sebagian besar mikroba perusak (jamur, bakteri aerob) agar memperpanjang masa simpan.
- **Kelola Risiko Anaerob** → Jika menggunakan kemasan vakum → dinginkan → mencegah pertumbuhan bakteri anaerob berbahaya seperti *Clostridium botulinum*.
- **Lindungi Pangan** → kemasan sebagai penghalang kontaminasi dan menjaga kualitas pangan.

<https://phariyadi.foodreview.co.id/> Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

30

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kontrol FATTOM

(a) Setiap pangan adalah unik (khas) & "perishable", $f=(F)$
 (b) Faktor lingkungan $f=(T,T), O$
 (c) Klasifikasi potensi bahaya $=f(a_w, pH)$

• F

• A

• T

• T

• O

• M

→ **Acidity (Keasaman)**

- Pertumbuhan mikroba sangat dipengaruhi oleh keasaman.
- Keasaman dinyatakan dengan nilai pH

→ **Moisture (kelembapan)**

- Air sangat penting bagi pertumbuhan mikroba
- Kelembapan bahan pangan dinyatakan dengan nilai A_w

<https://phariyadi.foodreview.co.id/> Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

31

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kontrol FATTOM

(a) Setiap pangan adalah unik (khas) & "perishable", $f=(F)$
 (b) Faktor lingkungan $f=(T,T), O$
 (c) Klasifikasi potensi bahaya $=f(a_w, pH)$

• F

• A

• T

• T

• O

• M

→ pH

→ a_w

32

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kontrol FATTOM

- (a) Setiap pangan adalah unik (khas) & "perishable", $f=(F)$
- (b) Faktor lingkungan $f=(T,T), O$
- (c) Klasifikasi potensi bahaya $=f(a_w, pH)$

F
A
T
T
O
M

M

→ pH

→ a_w

The graph plots water activity (a_w) on the y-axis (0 to 1) against pH on the x-axis (0 to 14). Key values are 0.85 on the y-axis and 4.6 on the x-axis. The graph is divided into three main regions:

- Top Left (pH < 4.6, a_w > 0.85):** Pangan Ter(asam)kan (Yellow)
- Top Right (pH > 4.6, a_w > 0.85):** Pangan berasam rendah (Red)
- Bottom Left (pH < 4.6, a_w < 0.85):** Pangan asam & rendah (aktivitas) air (Green)
- Bottom Right (pH > 4.6, a_w < 0.85):** Pangan dengan a_w terkendali (formulasi terkendali = formulation-controlled) (Yellow)

<https://phariyadi.foodreview.co.id/> Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

33

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kontrol FATTOM

- (a) Setiap pangan adalah unik (khas) & "perishable", $f=(F)$
- (b) Faktor lingkungan $f=(T,T), O$
- (c) Klasifikasi potensi bahaya $=f(a_w, pH)$

F
A
T
T
O
M

M

→ pH

→ a_w

The graph plots water activity (a_w) on the y-axis (0 to 1) against pH on the x-axis (0 to 14). Key values are 0.85 on the y-axis and 4.6 on the x-axis. The graph is divided into three main regions:

- Top Left (pH < 4.6, a_w > 0.85):** Potensi Bahaya Sedang (S) (Yellow)
- Top Right (pH > 4.6, a_w > 0.85):** Potensi Bahaya Tinggi (T) (Red)
- Bottom Left (pH < 4.6, a_w < 0.85):** Potensi Bahaya Rendah (R) (Green)
- Bottom Right (pH > 4.6, a_w < 0.85):** Potensi Bahaya Sedang (S) (Yellow)

<https://phariyadi.foodreview.co.id/> Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

34

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kontrol FATTOM

(a) Setiap pangan adalah unik (khas) & "perishable", $f=(F)$
 (b) Faktor lingkungan $f=(T,T), O$
 (c) Klasifikasi potensi bahaya $=f(a_w, pH)$

Potentially Hazardous Food (PHF)
1962/US PHS:

Any perishable food WHICH

- i. consists in whole or in part of milk or milk products, eggs, meat, poultry, fish, shellfish, or
- ii. other ingredients capable of supporting the rapid and progressive growth of infectious or toxigenic microorganisms.

<https://phariyadi.foodreview.co.id/> Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

35

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kontrol FATTOM

(a) Setiap pangan adalah unik (khas) & "perishable", $f=(F)$
 (b) Faktor lingkungan $f=(T,T), O$
 (c) Klasifikasi potensi bahaya $=f(a_w, pH)$

Potentially Hazardous Food (PHF)
FSANZ - A Guide To The Food Safety Standards (3rd Ed NOV 2016)

PHF → generally moist, nutrient-rich foods with a neutral pH:

- raw and cooked meat/poultry or foods containing raw or cooked meat/poultry; for example burgers, curries, kebabs, pâté and meat pies
- foods containing eggs (cooked or raw), beans, nuts or other protein-rich food, for example batter, mousse, quiche and tofu
- ...

<https://phariyadi.foodreview.co.id/> Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

36

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kontrol FATTOM

(a) Setiap pangan adalah unik (khas) & "perishable", $f=(F)$
 (b) Faktor lingkungan $f=(T,T), O$
 (c) Klasifikasi potensi bahaya $=f(a_w, pH)$

Potentially Hazardous Food (PHF)
FSANZ - A Guide To The Food Safety Standards (3rd Ed NOV 2016)

PHF → generally moist, nutrient-rich foods with a neutral pH:

- ...
- dairy products and foods containing dairy products, for example **milk, dairy-based desserts, bakery products filled with fresh cream or with fresh custard** (yoghurt is not included here as it is an acidified product)
- ...

<https://phariyadi.foodreview.co.id/> Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

37

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kontrol FATTOM

(a) Setiap pangan adalah unik (khas) & "perishable", $f=(F)$
 (b) Faktor lingkungan $f=(T,T), O$
 (c) Klasifikasi potensi bahaya $=f(a_w, pH)$

Potentially Hazardous Food (PHF)
FSANZ - A Guide To The Food Safety Standards (3rd Ed NOV 2016)

PHF → generally moist, nutrient-rich foods with a neutral pH:

- ...
- **seafood (excluding live seafood) and foods containing seafood, for example sushi**
- **sprouted seeds, for example of beans and alfalfa**
- ...

<https://phariyadi.foodreview.co.id/> Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

38

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kontrol FATTOM

(a) Setiap pangan adalah unik (khas) & "perishable", $f=(F)$
 (b) Faktor lingkungan $f=(T,T), O$
 (c) Klasifikasi potensi bahaya $=f(a_w, pH)$

Potentially Hazardous Food (PHF)
FSANZ - A Guide To The Food Safety Standards (3rd Ed NOV 2016)

PHF → generally moist, nutrient-rich foods with a neutral pH:

- ...
- prepared fruits and vegetables, for example cut melons, salads and unpasteurised juices
- cooked rice and both fresh and cooked pasta
- foods that contain any of the above foods, for example sandwiches, pizzas and rice rolls.

<https://phariyadi.foodreview.co.id/> Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

39

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kontrol FATTOM

(a) Setiap pangan adalah unik (khas) & "perishable", $f=(F)$
 (b) Faktor lingkungan $f=(T,T), O$
 (c) Klasifikasi potensi bahaya $=f(a_w, pH)$

Potentially Hazardous Food (PHF)
FSANZ - A Guide To The Food Safety Standards (3rd Ed NOV 2016)

PHF → Food that has to be kept at certain temperatures

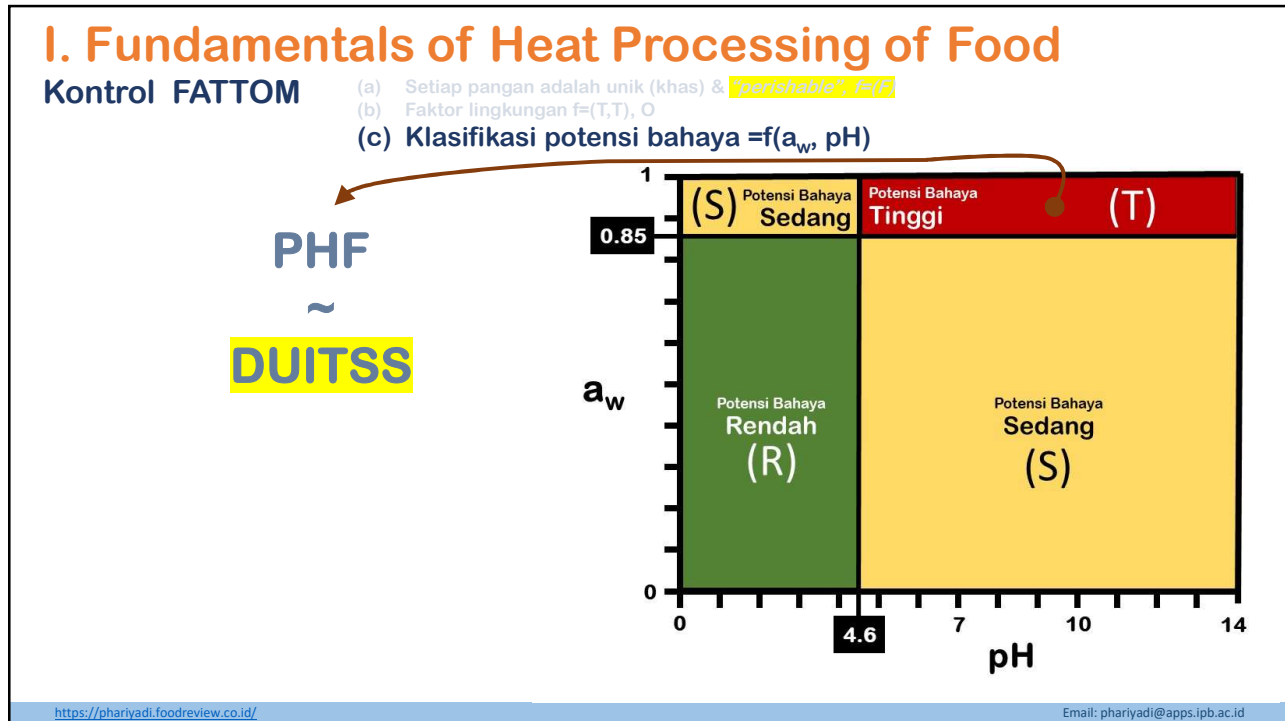
(i) to minimise the growth of any pathogenic microorganisms that may be present in the food, or

(ii) to prevent the formation of toxins in the food.

PHF → referred to as **TCS food** (temperature control for safety food).

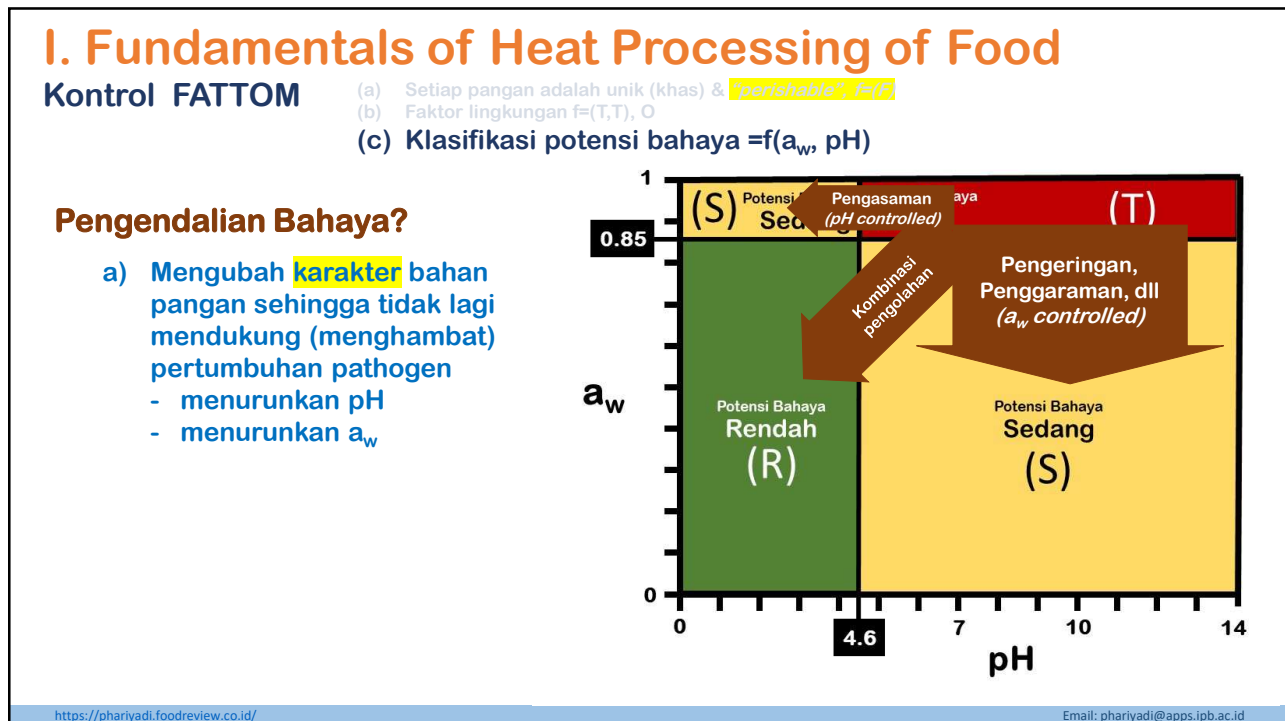
<https://phariyadi.foodreview.co.id/> Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

40



41

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>



42

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kontrol FATTOM

- (a) Setiap pangan adalah unik (khas) & "perishable", $f=(F)$
- (b) Faktor lingkungan $f=(T,T), O$
- (c) Klasifikasi potensi bahaya $=f(a_w, pH)$

Pengendalian Bahaya?

- a) Mengubah karakter bahan pangan sehingga tidak lagi mendukung (menghambat) pertumbuhan pathogen
 - menurunkan pH
 - menurunkan a_w
- b) Memberikan perlakuan untuk membunuh mikroba → mengurangi Tingkat bahaya
 - penambahan pengawet,
 - pemanasan, ← Heating Technology
 - DLL

<https://phariyadi.foodreview.co.id/> Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

43

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

- Kasus A

Potensi Bahaya Sedang

- $pH \leq 4.6$ dan $a_w > 0.85$
- $pH > 4.6$ dan $a_w \leq 0.85$

Proses Termal:
 Pasteurisasi
 atau
 Isi Panas (Hot Filling)

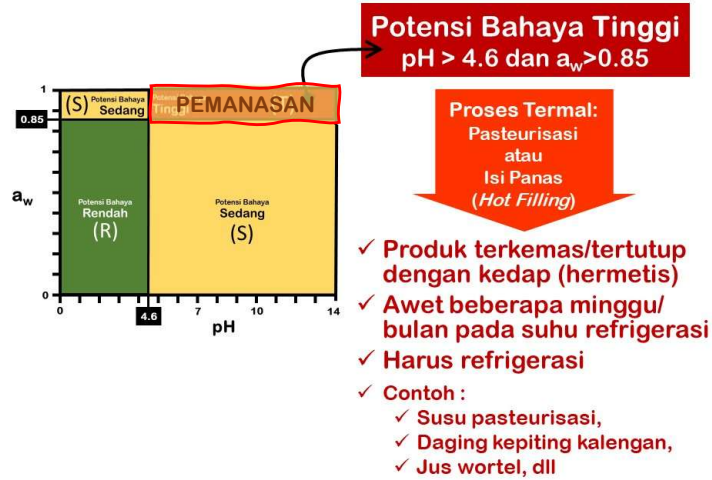
- ✓ Produk terkemas/ tertutup dengan kedap (hermetis)
- ✓ Awet pada suhu refrigerasi
- ✓ Harus refrigerasi
- ✓ Contoh :
 - ✓ Aneka sari buah,
 - ✓ Aneka sos sambal, dll

<https://phariyadi.foodreview.co.id/> Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

44

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

• Kasus B



<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

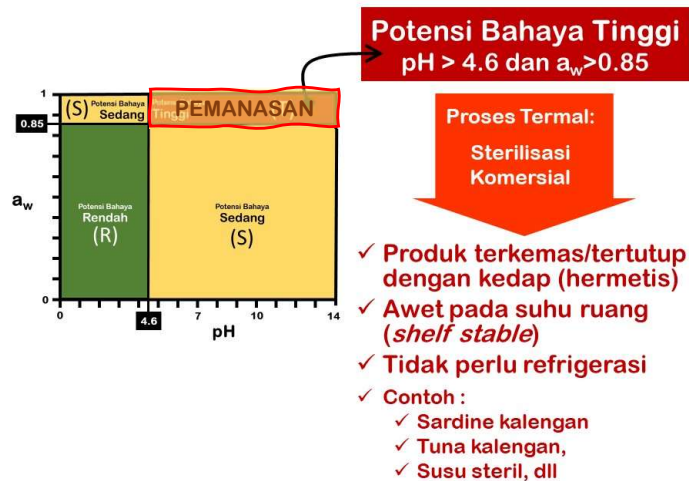
Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

45

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

• Kasus C



<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

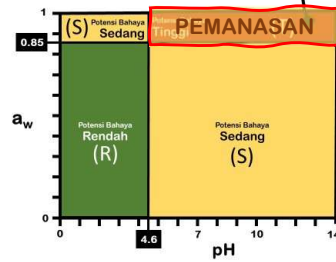
Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

46

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

• Kasus C

SANGAT DIATUR (HIGHLY REGULATED)



Potensi Bahaya Tinggi
 $\text{pH} > 4.6$ dan $a_w > 0.85$

Proses Termal:
Sterilisasi
Komersial

- ✓ Produk terkemas/tertutup dengan kedap (hermetis)
- ✓ Awet pada suhu ruang (*shelf stable*)
- ✓ Tidak perlu refrigerasi
- ✓ Contoh :
 - ✓ Sardine kalengan
 - ✓ Tuna kalengan,
 - ✓ Susu steril, dll

https://phariyadi.foodreview.co.id/

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

47

phariyadi@apps.ipb.ac.id

https://phariyadi.foodreview.co.id/

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

• Kasus C

SANGAT DIATUR (HIGHLY REGULATED)

Misalnya:

INDONESIA: Perka BPOM No 24 (2016) tentang Persyaratan Pangan Steril Komersial, direvisi dan diganti dengan:

- Per BPOM 27, 2021 tentang Persyaratan Pangan Olahan Berasam Rendah Dikemas Hermetis

<https://jdih.pom.go.id/preview/slide/1314/27/2021>

https://phariyadi.foodreview.co.id/

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

48

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

• Kasus C

SANGAT DIATUR (HIGHLY REGULATED)

Misalnya:

USA: 21 CFR 113

For a low-acid product that receives thermal or other sporicidal lethality processing, that processing must be validated to achieve :

- a probability of 10^{-9} that there are spores of *C. botulinum* in a container of the product that are capable of growing, or,
- a 12-log₁₀ reduction of *C. botulinum*, assuming an initial load of ≤ 1000 spores per container.

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

49

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

• Kasus C

SANGAT DIATUR (HIGHLY REGULATED)

Misalnya:

REG INTERNASIONAL: Codex “Code of Hygienic Practice for Low and Acidified Low Acid Canned Foods (CXC 23-1979)

It should be emphasized that the thermal processing of **low-acid canned foods** is a **very critical operation**, involving **public health risks** and **appreciable losses of finished product** if under-sterilization occurs.

PERLU:
Penanggung-jawab Proses Termal Kompeten

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

50

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

• Kasus C

Proses Termal Sterilisasi

Untuk Pangan berasam rendah ($\text{pH} \geq 4,6$ dan $a_w \geq 0,85$)

- Proses termal dengan tujuan untuk “memusnahkan” spora patogen (*Clostridium botulinum*), sehingga produk dapat mencapai tingkat sterilisasi komersial
- Sterilitas komersial: Kondisi bebas dari mikroba yang mampu berkembang biak pada pangan, pada kondisi penyimpanan atau distribusi normal tanpa bantuan pendinginan.
 - Aplikasi suhu tinggi ($\gg 100^\circ\text{C}$) karena harus bersifat sporosidal
 - Suhu acuan ($T_{\text{ref}} = 250^\circ\text{F} = 121.1^\circ\text{C}$).

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

51

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kecukupan Proses Termal Sterilisasi

- **Sterilisasi:** Target proses termal sterilisasi adalah meniadakan bakteri *Clostridium botulinum*, sebanyak 12 siklus log. Proses termal dilakukan pada suhu acuan ($T=250^\circ\text{F}$), dan *C. botulinum* mempunyai nilai $D_0 = 0.21$ menit.
- **Lama (t) pemanasan atau F_0 ?**

$$\log \left(\frac{N_0}{N} \right) = S = 12 \rightarrow \text{Konsep 12 D}$$

- S = target penurunan jumlah mikroba target
- Konsep ini secara universal banyak di aplikasikan secara global.
- Hasil akhir (N), sangat dipengaruhi oleh N_0 .
- N_0 perlu dikendalikan tetap minimum, dengan mengaplikasikan program CPPB

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

52

I. Fundamentals of Heat Processing of Food Kecukupan Proses Termal **Sterilisasi**

- Memastikan keamanan (& mutu) pangan
 - Memenuhi persyaratan peraturan/standar pangan (keamanan & mutu).
 - Menghasilkan pangan yang awet (aman) pada suhu ruang
- Memaksimalkan “yield”
 - Meminimalkan kerusakan gizi dan mutu
 - Meningkatkan produktivitas
 - Mengurangi biaya

Pastikan kecukupan proses termal & OPTIMASI

53

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food Kecukupan Proses Termal **Sterilisasi**

↓
Kriteria yang paling penting :
→ Inaktivasi mikroorganisme target (signifikan bagi kesehatan masyarakat)
→ **LAFs: *C. botulinum***

Pastikan kecukupan proses termal & OPTIMASI

54

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kinetika Inaktivasi mikroba oleh panas

.....> pada T konstan

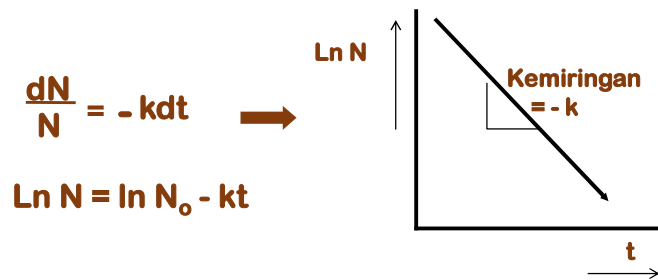
.....> penurunan jumlah mikroba hidup mengikuti reaksi ordo I

$$-\frac{dN}{dt} = kN$$

dimana,

N= jumlah mikroba hidup

k = konstanta laju reaksi (konstanta laju pemusnahan/inaktivasi m.o.)



https://phariyadi.foodreview.co.id/

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

55

phariyadi@apps.ipb.ac.id
https://phariyadi.foodreview.co.id/

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kinetika Inaktivasi mikroba oleh panas

.....> pada T konstan

.....> penurunan jumlah mikroba hidup mengikuti reaksi ordo I

$$\text{Ln } N = \text{Ln } N_0 - kt \quad \longrightarrow \quad \log N = \log N_0 - \frac{k}{2.303}t$$

Oleh para ahli teknologi pangan (termobakteriologi), persamaan tsb dinyatakan sebagai :

$$\log N = \log N_0 - \frac{t}{D}$$

D = *Decimal Reduction Time*

= waktu yg diperlukan u/ mengurangi jml mo dengan faktor 1 desimal

= waktu yg diperlukan u/ mengurangi jml mo sebanyak 1 siklus log

= waktu yg diperlukan u/ mengurangi jml mo sebanyak 90% populasi

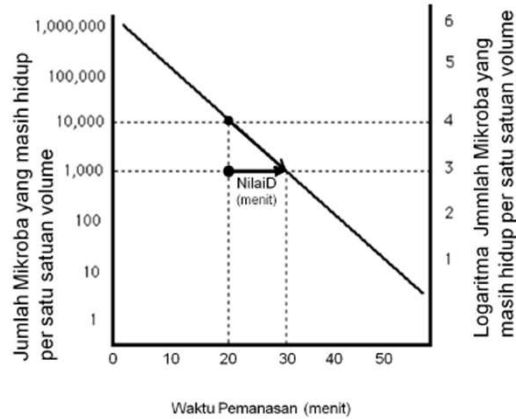
https://phariyadi.foodreview.co.id/

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

56

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kinetika Inaktivasi mikroba oleh panas (reaksi ordo I)



Gambar 5.2.
 Kurva kematian mikroba karena pemanasan pada suhu konstan

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

57

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kinetika Inaktivasi mikroba oleh panas [Nilai D_T]

Comparison of D-Value for Microbial Populations

Bacterial Groups	Approximate Heat Resistance (min)
Low-acid and semiacid foods (pH above 4.5)	D_{121}
Thermophiles	
Flat-sour group (<i>B. stearothermophilus</i>)	4.0–5.0
Gaseous-spoilage group (<i>C. thermosaccharolyticum</i>)	3.0–4.0
Sulfide stinkers (<i>C. nigrificans</i>)	2.0–3.0
Mesophiles	
Putrefactive anaerobes	
<i>C. botulinum</i> (types A and B)	0.10–0.20
<i>C. sporogenes</i> group (including P.A. 3679)	0.10–1.5
Acid foods (pH 4.0–4.5)	
Thermophiles	
<i>B. coagulans</i> (facultatively mesophilic)	0.01–0.07
Mesophiles	D_{100}
<i>B. polymyxa</i> and <i>B. macerans</i>	0.10–0.50
Butyric anaerobes (<i>C. pasteurianum</i>)	0.10–0.50
High-acid foods (pH below 4.0)	D_{65}
Mesophilic non-spore-bearing bacteria	
<i>Lactobacillus</i> spp., <i>Leuconostoc</i> spp., and yeast and molds	0.50–1.00

Source: Stumbo (1965), adapted from Teixeira (1992).

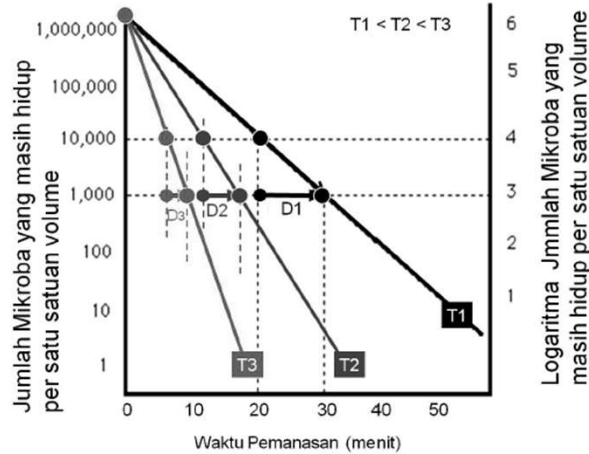
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

58

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kinetika Inaktivasi mikroba oleh panas [Nilai D = f(T)]



Nilai D → $D = f(T)$
 $T_1 < T_2 < T_3 \rightarrow D_1 > D_2 > D_3$
 Artinya, semakin tinggi suhu (T), semakin pendek waktu pemanasan (D) yang diperlukan untuk menurunkan jumlah mikroba 1 siklus logaritma

Gambar 5.4. Pengaruh suhu pemanasan laju inaktivasi mikroba

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

59

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kinetika Inaktivasi mikroba oleh panas [Nilai D = f(T) & Z]

Comparison of Thermal Resistance Parameters for Microbial Populations and Quality Attributes

Component	Substrate	pH	D_{p1} (min)	Z(°C)	Temperature range (°C)
<i>C. botulinum</i>					
Type A & B spores	-	>4.5	0.1-0.2	8.2-9.1	104-132
<i>B. stearothermophilus</i>	-	>4.5	4.0-5.0	7.0-120	110-130
Ascorbic acid	canned peas	-	921	17.8	110-132
Thiamine	Beef puree	-	254	25.4	121-138
Thiamine	Pea puree	-	247	25.2	121-138
Folates	Apple juice	3.4	492	35.2	100-140
Chlorophyll	Peas, blanched	-	13.4	43.5	115-138
Chlorophyll α	Spinach	natural	15.0	25.6	116-126
Nonenzymatic Browning	Apple juice	natural	584	35.3	40-130
Vitamin B ₈	Cauliflower	-	411	50.7	105-138
Vitamin A	Beef liver puree	-	43.5	26.0	102-127
Anthocyanins	Concord grape	3.4	125	55.4	76-121

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

60



I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kinetika Inaktivasi mikroba oleh panas [Nilai D = f(T) & Z]

Perbandingan Z dan Ea untuk **Atribut Mutu** dan **Mikroba** yang Penting dalam Proses Termal

Reaksi	E (kJ/mole)	Z (°C)
Reaksi enimatis	0-33.5	-
Kerusakan Klorofil	21-113	26 - 142
Kerusakan Asam Askorbat	21-167	11.8 - 142
Pencokatan Non-enzimatis	37.7-167	-
Oksidasi Lipid	41.9	-
Inaktivasi spora	251-335	8.7-11.8
Inaktivasi sel Veg	209-628	4.7-14.2
Denaturasi Protein	335-502	5,9-8.9

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

61

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kinetika Inaktivasi mikroba oleh panas [Nilai D = f(T) & Z]

→ Nilai D dan Z beberapa Mikroba Penting dalam Proses Termal

Organisme	Suhu standar (°C)	Nilai D (menit)	Nilai Z (°F)
Bahan pangan berasam rendah (pH > 4,6)			
Termofilik (spora)			
• Golongan flat sour (<i>B. stearothermophilus</i>)	121.1	4.0-5.0	14-22
• Golongan pembusuk/produksi gas (<i>C. thermosacharolyticum</i>)	121.1	3.0-4.0	16-22
• Golongan pembentuk H ₂ S (<i>C. nigrificans</i>)	121.1	2.0-3.0	16-22
Mesofilik			
• <i>C. botulinum</i>	121.1	0.1-0.2	14-18
• <i>C. sporogenes (PA 3679)</i>	121.1	1.50	11
• <i>B. subtilis</i>	121.1	0.40	7

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

62

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Kinetika Inaktivasi mikroba oleh panas [Nilai D = f(T) & Z]

→ Nilai D dan Z beberapa Mikroba Penting dalam Proses Termal

Organisme	Suhu standar (°C)	Nilai D (menit)	Nilai Z (°F)
Bahan pangan berasam rendah (4 < pH < 4,6)			
Termofilik (spora) • <i>B. coagulans</i>	100	0.01-0.07	14-18
Mesofilik • <i>B. polymyxa</i> • <i>B. macerans</i> • <i>C. pasteurianum</i>	100 100 100	0.1-0.5 0.1-0.5 0.1-0.5	12-16 12-16 12-16
Bahan pangan asam tinggi (pH < 4)			
• <i>Lactobacillus sp.</i> , <i>Leuconostoc sp.</i>	65	65	8-10
• <i>Mycobacterium tuberculosis</i>	65.5	65.5	4.4-5.5
• <i>Brucella spp</i>	65.5	65.5	4.4-4.5
• <i>Coxiella burnetti</i>	65.5	65.5	4.4-5.5
• <i>Salmonella spp.</i>	65.5	65.5	4.4-5.5
• <i>Salmonella seftenberg</i>	65.5	65.5	4.4-6.7
• <i>Staphylococcus aureus</i>	65.5	65.5	4.4-6.7

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

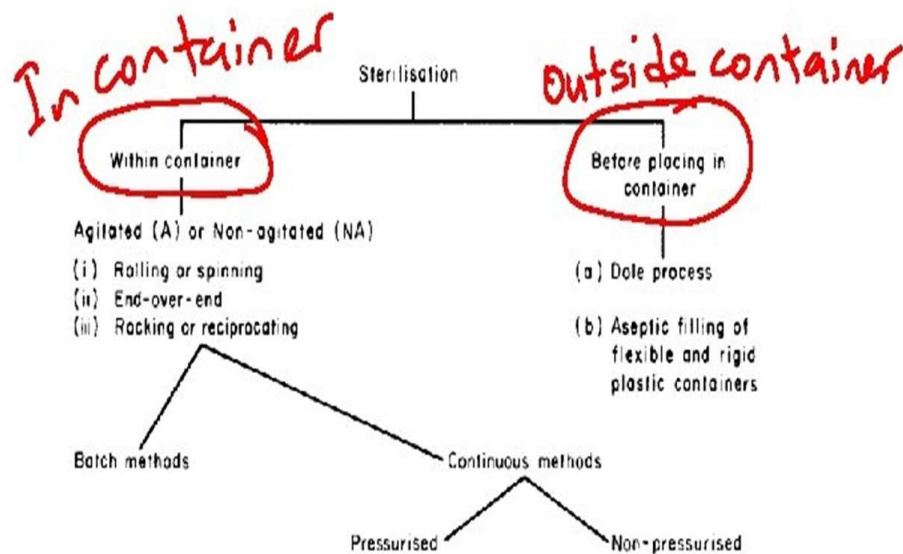
Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

63

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Metoda Sterilisasi

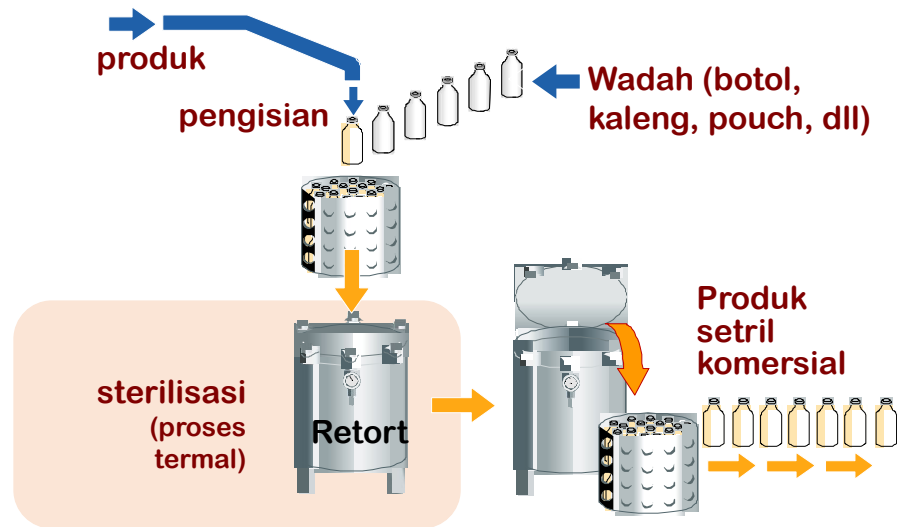


<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

64

I. Fundamentals of Heat Processing of Food Metoda Sterilisasi



<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

65

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food Metoda Sterilisasi → Regulasi (saat ini) di Indonesia



BADAN PENGAWAS OBAT DAN MAKANAN
REPUBLIK INDONESIA

BAB 2 PERSYARATAN

PERATURAN BADAN PENGAWAS OBAT DAN MAKANAN
NOMOR 27 TAHUN 2021
TENTANG
PERSYARATAN PANGAN OLAHAN BERASAM RENDAH DIKEMAS HERMETIS

Pasal 5

(1) **Sterilisasi komersial** yang menggunakan proses panas sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4 harus memberikan kecukupan proses setara dengan nilai F_0 sekurang-kurangnya 3,0 (tiga koma nol) menit dihitung terhadap spora *Clostridium botulinum*.

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

66

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Metoda Sterilisasi → Definisi Nilai F_0

$$F_0 = \frac{t}{60} \cdot 10^{\frac{(T-121,1)}{z}}$$

t = lama (waktu) pemanasan, detik

T = suhu pemanasan, °C

Z = perubahan suhu yang diperlukan untuk menyebabkan perubahan nilai D untuk *Clostridium botulinum* dengan faktor 10 (Nilai D adalah waktu pemanasan pada suhu konstan tertentu (T) yang akan menyebabkan terjadinya penurunan jumlah (populasi) *C. botulinum* sebesar 1 siklus log)

Nilai $F_0 = 1$ menunjukkan bahwa produk menerima pemanasan ekivalen dengan pemanasan pada suhu konstan 121,1°C (= 250°F) selama 1 menit

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

67

phariyadi@apps.ipb.ac.id

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Metoda Sterilisasi → EVALUASI Nilai F_0

- Lethal rate (LR; Laju letal ~ beberapa literature menyebut Lethal value (LV; nilai letal):
 - Laju letal ditentukan oleh suhu
 - Semakin tinggi suhu = mempunyai kemampuan letal tertentu (ability to kill microorganisms):
→ *Each temperature has a certain lethality*

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

68

I. Fundamentals of Heat Processing of Food Metoda Sterilisasi → EVALUASI Nilai F_o

$$LR = 10^{\frac{T(t)-250}{z}}$$

LR terhadap *C. botulinum* ($Z_{C.bot} = 10\text{ C}^\circ = 18\text{ F}^\circ$)

T(°C)	T(°F)	LR
95	203	0,002
100	212	0,007
105	221	0,024
110	230	0,077
111,1	232	0,100
120	248	0,776
121,1	250	1,000
125	257	2,454
131,1	268	10,00

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

69

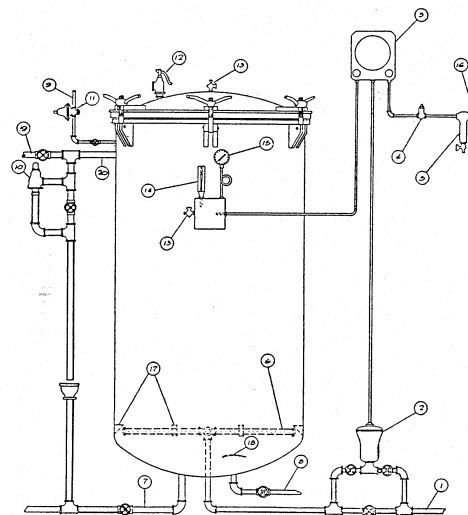
phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food Metoda Sterilisasi → Perhitungan Kecukupan Proses --> "In-container/terminal sterilization"

• Proses pemanasan terstandar (Scheduled Process): Venting and heating procedure

- Come up time
- Operator processing time
- Cooling time, ETC

$$\rightarrow T_R = f(t)$$



<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

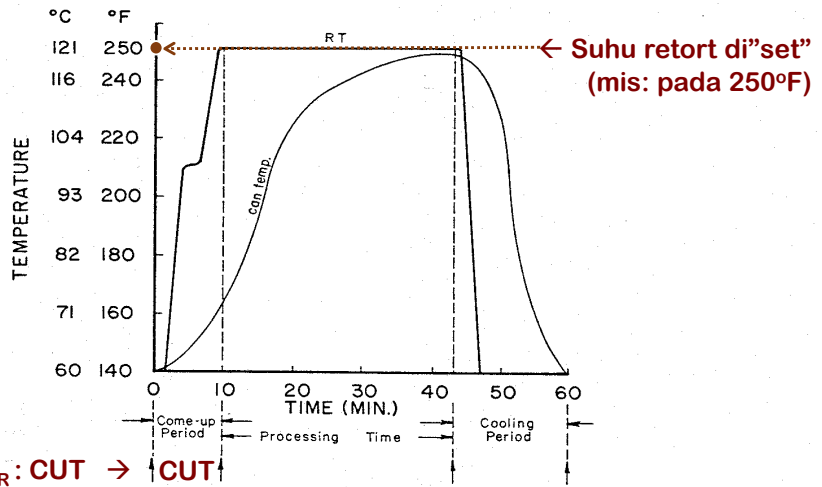
70

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Metoda Sterilisasi → Perhitungan Kecukupan Proses

--> "In-container/terminal sterilization"

→ Tipikal kurva penetrasi panas untuk pangan dalam kemasan dan perubahan suhu retort (T_R) selama proses seterilisasi



<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Teixera, 1992. Thermal Process Calculation. Handbook of Food Eng.

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

71

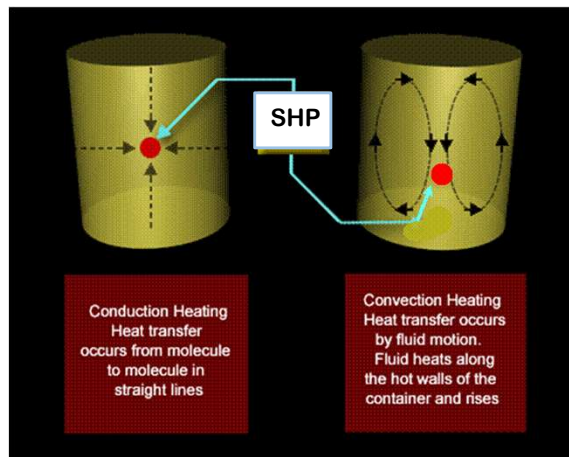
phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Metoda Sterilisasi → Perhitungan Kecukupan Proses

--> "In-container/terminal sterilization"

SHP:
Slowest Heating Point
 =
Coldest Point



<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

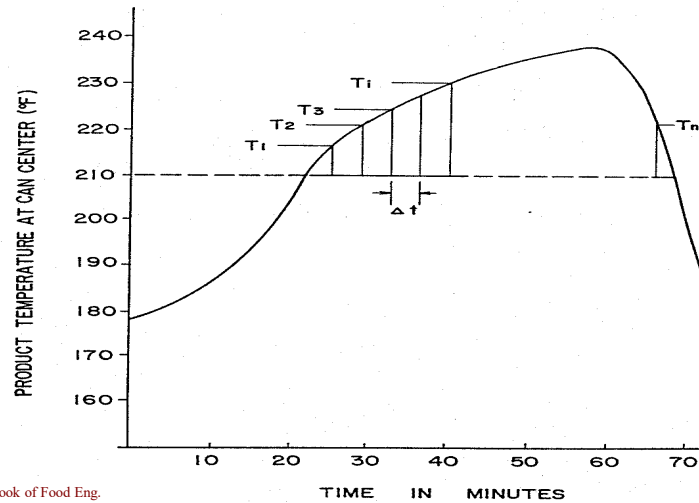
Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

72

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Metoda Sterilisasi → Perhitungan Kecukupan Proses

--> "In-container/terminal sterilization"



Teixera, 1992. Thermal Process Calculation. Handbook of Food Eng.

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

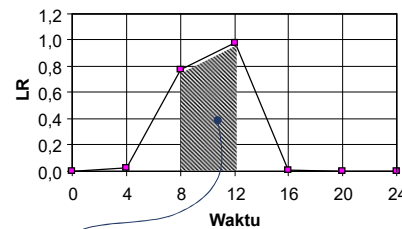
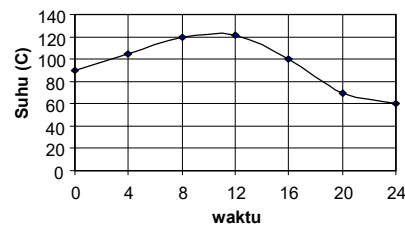
73

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Metoda Sterilisasi → Perhitungan Kecukupan Proses

t, min	T(°C)	LR(z=10°C)
0	90	0,000776247
4	105	0,024547089
8	120	0,776247117
12	121	0,977237221
16	100	0,007762471
20	70	0,000007762
24	60	0,000000776



$$F_0 = D_0 \log \left[\frac{N_0}{N} \right] = \int_0^t (LR) dt$$

F_0 = luas area di bawah kurva hubungan antara LR dan t
 F_0 = jumlah area trapesium

$$\text{Luas trapesium} = \left(\frac{LR_1 + LR_2}{2} \right) \Delta t$$

$$A = \left(\frac{0,776 + 0,977}{2} \right) (12 - 8) = 3,506 = F_0$$

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

74

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

Metoda Sterilisasi → Perhitungan Kecukupan Proses

Contoh :
 Perhitungan Nilai Letalitas (Fo parsial)

$$F_o \text{ parsial} = \frac{1}{2} (LR_n + LR_{n-1}) \Delta t$$

Waktu (min)	Suhu (°C)	Nilai LR (z=10°C)	$(LR_n + LR_{n-1})/2$	Menit	Luas Trapesium (Fo Parsial)
0	90	0.000776			
4	105	0.024547	0.012662	4	0.050647
8	120	0.776247	0.400397	4	1.601588
12	121	0.977237	0.876742	4	3.506969
16	100	0.007762	0.492500	4	1.969999
20	90	0.000008	0.003885	4	0.01554
24	60	0.000001	0.000004	4	0.000017
Fo (menit)					7.144761

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

→ Pastikan kecukupan panas!

Nilai F_o beberapa jenis pangan steril komersial di pasar UK*)

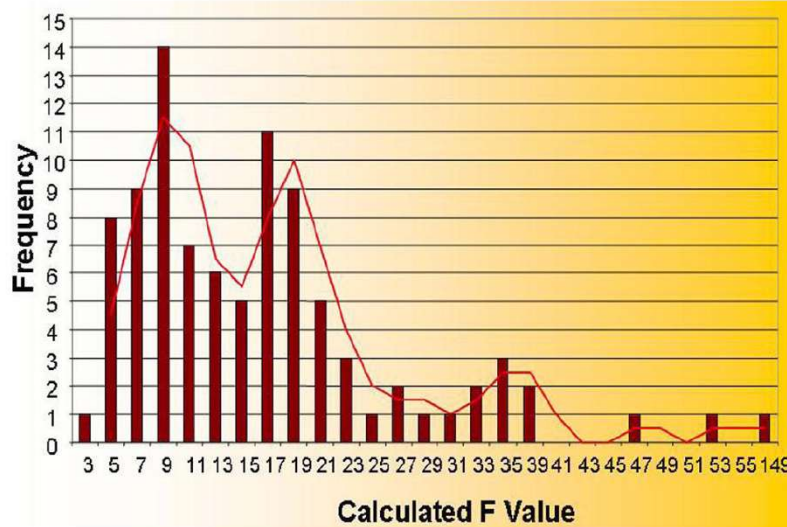
Produk Pangan	Nilai F_o (menit)
Makanan bayi	3-5
Kacang merah dalam saus tomat	4-6
Kacang polong dalam air garam	6-8
Wortel	3-4
Kacang buncis dalam air garam	4-8
Seledri	3-4
Jamur dalam air garam	8-10
Jamur dalam mentega	6-8
Daging dalam kuah "gravy"	12-15
Irisan daging dalam "gravy"	10

*) Holdsworth, D and Simpson, R. 2007

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

→ Pastikan kecukupan panas!

→ Kendalikan nilai Fo: Jangan berlebihan!



Distribusi frekuensi nilai Fo yang dihitung dari proses sterilisasi 92 jenis produk pangan berasam rendah steril di berbagai industri di Indonesia (Hariyadi 2008b)

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

77

phariyadi@apps.ipb.ac.id

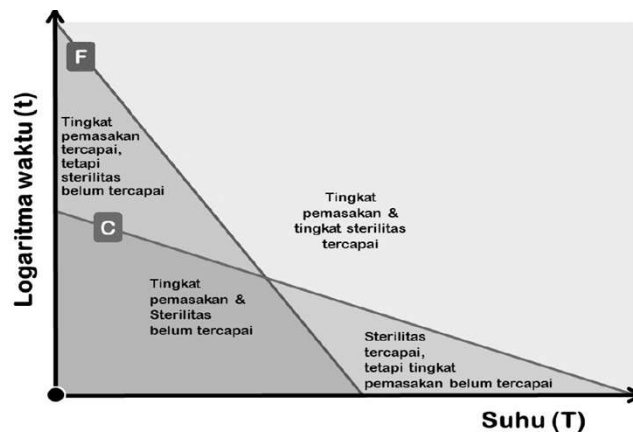
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

→ Pastikan kecukupan panas!

→ Kendalikan nilai Fo: Jangan berlebihan!

→ Minimalkan kemunduran “mutu”!



Gambar 10.2.
Hubungan antara nilai C dan nilai F untuk penentuan kondisi optimum proses termal

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

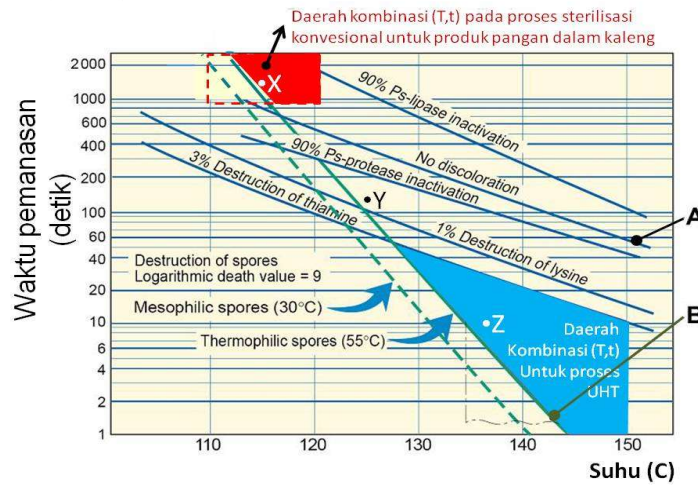
Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

78

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

- Pastikan kecukupan panas!
- Kendalikan nilai Fo: Jangan berlebihan!

→ **Minimalkan kemunduran “mutu”!** → **Optimasi**



<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

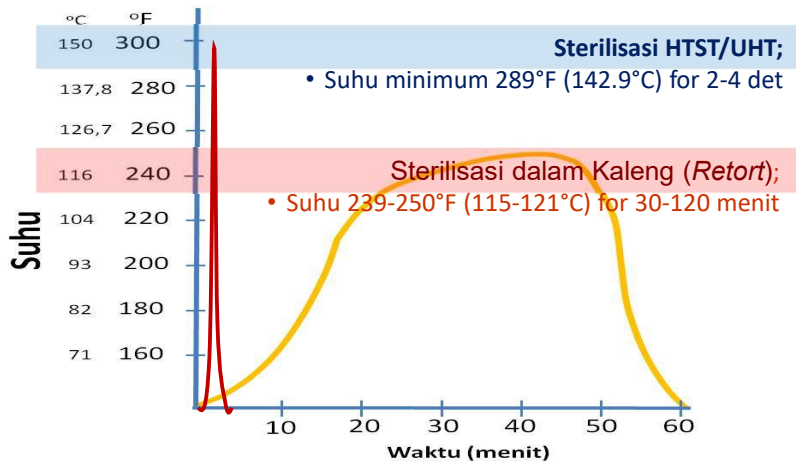
79

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

I. Fundamentals of Heat Processing of Food

- Pastikan kecukupan panas!
- Kendalikan nilai Fo: Jangan berlebihan!

→ **Minimalkan kemunduran “mutu”!** → **Optimasi**



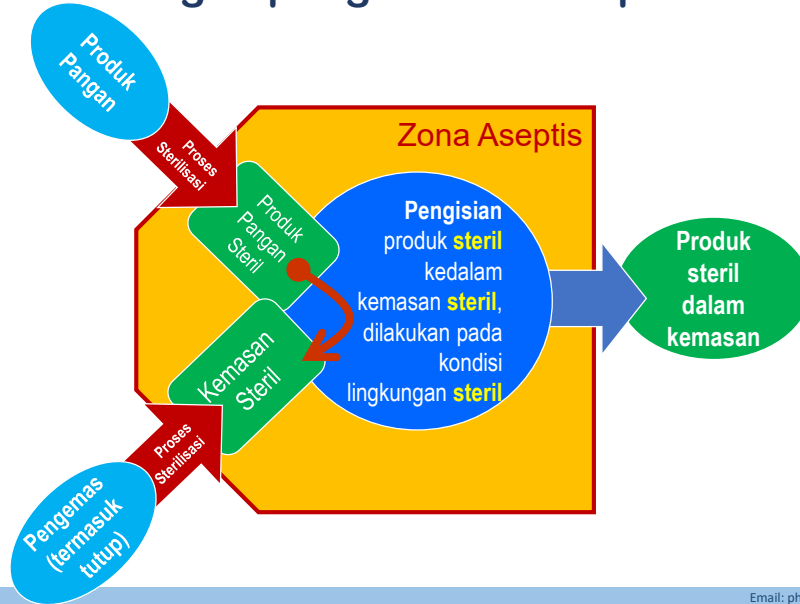
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

80

II. Advanced Heating Technologies

- Kombinasi dengan pengemasan aseptik



<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

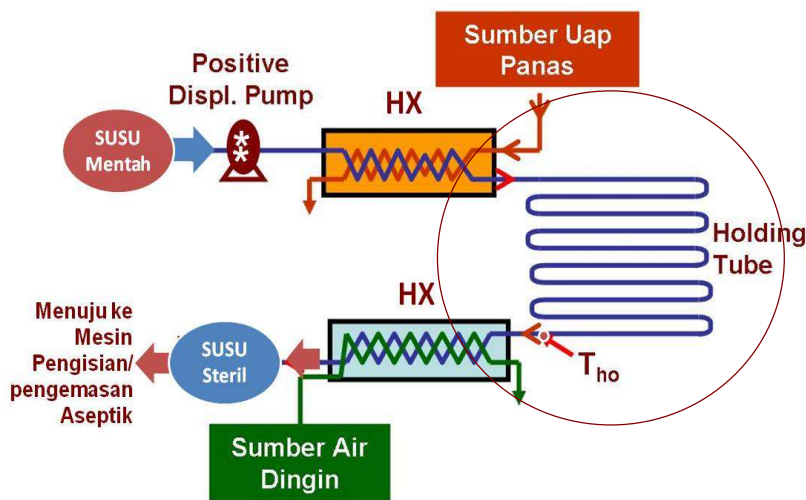
Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

81

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

II. Advanced Heating Technologies

- Kombinasi dengan pengemasan aseptik



<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

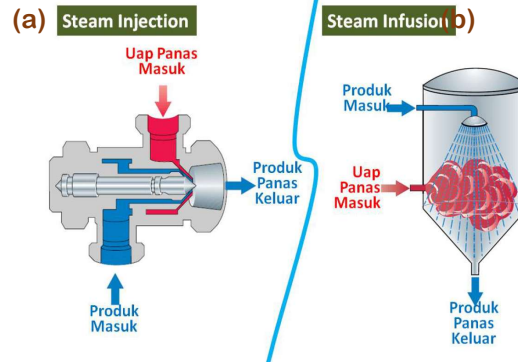
82

II. Advanced Heating Technologies

- Kombinasi dengan pengemasan aseptik

Dua Teknik Pemanasan: (1) DIRECT HEATING

- Produk dipanaskan Direct Heating (DH), menggunakan dry culinary steam
- Vs. Indirect Heating:
 - Laju pemanasan lebih tinggi → 50–60 C per 0.5detik.



Direct heating systems
(a) injection system (steam-into-milk) and
(b) infuser system.(milk-into-steam)

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

83

phariyadi@apps.ipb.ac.id

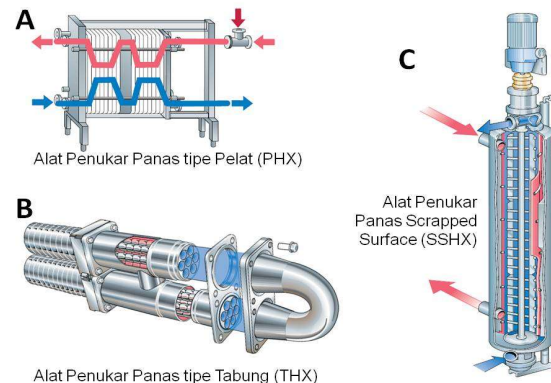
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

II. Advanced Heating Technologies

- Kombinasi dengan pengemasan aseptik

Dua Teknik Pemanasan: (2) INDIRECT HEATING

- Vs. Direct Heating:
 - Penggunaan energi (system) lebih efisien
 - sistem regenerasi lebih baik
 - recovery ~90%
 - (Vs. maks 50%, pada DH).



<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

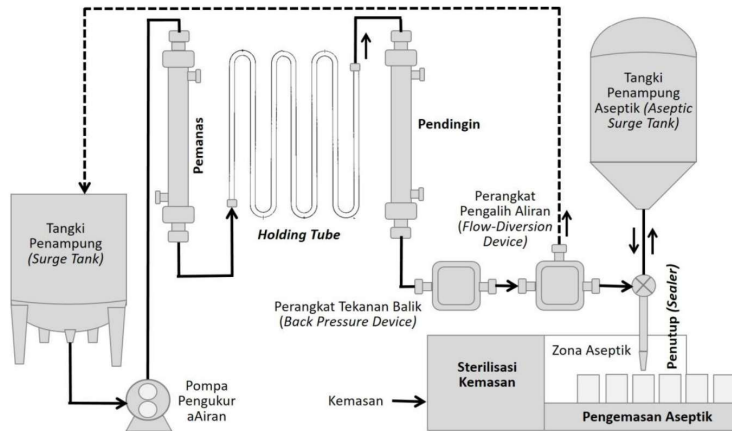
Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

84

II. Advanced Heating Technologies

- **Kombinasi dengan pengemasan aseptik**

(Ref: **Per BPOM 19, 2019** tentang Pedoman Cara produksi yang Baik untuk Pangan Steril Komersial yang Diolah dan Dikemas Secara Aseptik)



Gambar 1. Prinsip Pengolahan dan Pengemasan Aseptik

https://standarpangan.pom.go.id/dokumen/pe-raturan/2019/PBPOM_Nomor_19_Tahun_2019_tentang_Pedoman_Aseptik.pdf

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

85

phariyadi@apps.ipb.ac.id

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

III. Challenges and Future Trends

Efisiensi Energi?

→ Praktik Terbaik dan Strategi dalam Proses Retort

- Tahapan kunci untuk memastikan keamanan pangan.
- Kontributor terbesar terhadap konsumsi energi dan biaya produksi.

→ Strategi efisiensi energi menjadi bagian integral dari upaya keberlanjutan dan daya saing industri pangan

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

86

III. Challenges and Future Trends

Efisiensi Energi?

→ Praktik Terbaik dan Strategi dalam Proses Retort

Prinsip Umum Efisiensi Energi

1. Kurangi kebutuhan energi (*Reduce*)
2. Pulihkan energi buangan (*Recover*)
3. Integrasikan antarproses (*Integrate*)
4. Optimalkan utilitas dan kontrol (*Optimize*)

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

87

phariyadi@apps.ipb.ac.id

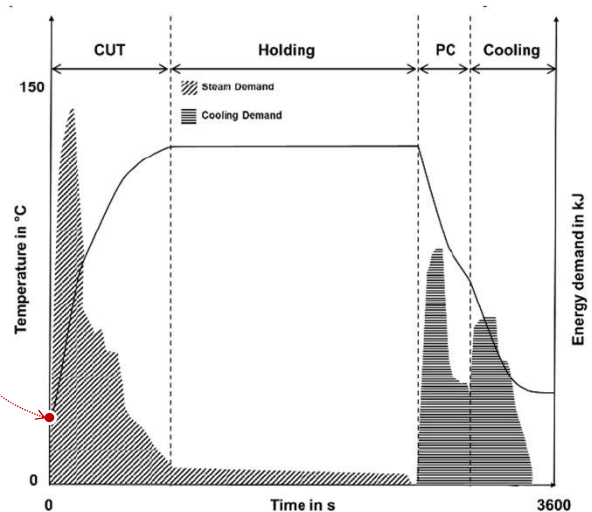
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

III. Challenges and Future Trends

1. Retort Batch

a) Pertahankan suhu produk tetap tinggi (*initial product temp*)

- Tutup pintu retort antar-siklus*): cegah kehilangan panas pada shell dan tray.
- Mengurangi waktu *Venting & Come-Up* → mengurangi kebutuhan uap.
- Setiap kenaikan 1 °C suhu awal produk → hemat uap ≈ 0,78 % (Peesel et al. 2016)



Peesel R.-H., Philipp M., Schumm G., Hesselbach J., Walmsley T. G., 2016. Energy efficiency measures for batch retort sterilization in the food processing industry, Chemical Engineering Transactions, 52, 163-168 <https://doi.org/10.3303/CET1652028>

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

88

III. Challenges and Future Trends

1. Retort Batch

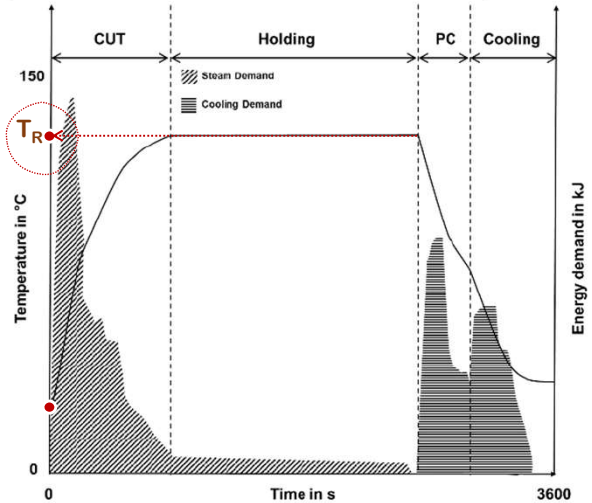
b) Optimasi waktu dan suhu retort.

✓ Pursito et al. (2020):

Untuk mencapai $F_0 = 10$ menit

- ΔT_R dari 115 °C → 130 °C (dengan t lebih singkat)
 - menurunkan konsumsi uap ~ 72,9 %,
- ΔTR dari 115 °C → 121 °C (dengan waktu lebih singkat)
 - menurunkan konsumsi uap ~ 58,1 %.

- Prinsip ini menegaskan bahwa kombinasi suhu tinggi-waktu singkat (HTST) bukan hanya efektif secara mikrobiologis, tetapi juga efisien secara energi.



<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

89

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

III. Challenges and Future Trends

1. Retort Batch

b) Optimasi waktu dan suhu retort.

✓ Pursito et al. (2020):

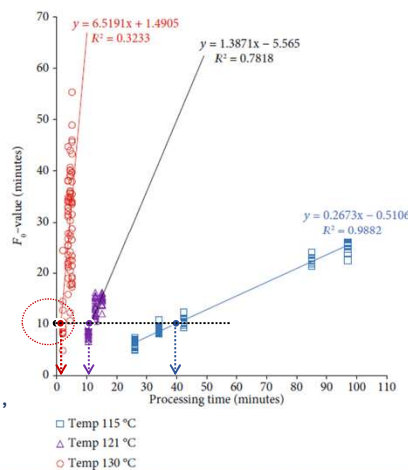


Figure 4: Effect the operator processing time on F_0 -value from different retort temperatures (115,121, and 130°C).

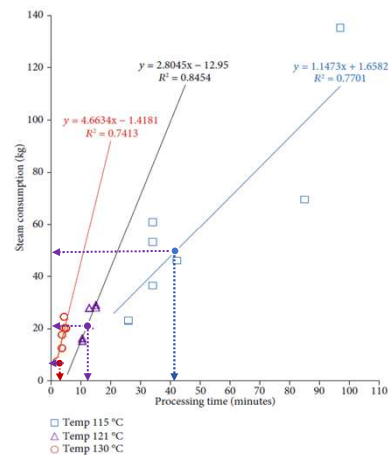


Figure 5: Effect the operator processing time on the steam consumption from different retort temperatures (115,121, and 130°C).

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

90

III. Challenges and Future Trends

1. Retort Batch

c) **Heat Recovery** → **Pemanfaatan Kembali Kondensat**, Uap terkondensasi selama CUT & holding menyimpan energi laten besar.

- Pisahkan kondensat panas sebelum bercampur dengan air pendingin; tampung di *condensate collector tank* + pompa.
- **Gunakan kembali untuk:**
 - Air umpan boiler (*feed water pre-heating*),
 - Pemanas awal proses lain,
 - Sumber steam sekunder (*flash steam recovery*),
 - Air panas untuk CIP atau pencucian lain.
- **Dampak:** menurunkan konsumsi energi baru, kimia boiler, dan make-up water
- Peesel et al. (2016) = heat recovery menyelamatkan 42 % energy uap.

d) **Kontrol dan Automasi.**

- Gunakan kontrol otomatis PID/PLC untuk menghindari *overshoot*, menstabilkan suhu, dan meminimalkan kehilangan panas selama *come-up* dan *holding*.

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

91

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

III. Challenges and Future Trends

2. Retort Kontinyu

a) **Eliminasi siklus transien.**

- Retort kontinyu beroperasi dengan media panas bersirkulasi konstan, tanpa kehilangan energi antar-siklus.
- Efisiensi termal mencapai 85–95 % (Fellows, 2017; Barbosa-Cánovas, 2022).

b) **Pemanfaatan panas lintas zona.**

- Panas dari tahap pendinginan dapat digunakan untuk pre-heating tahap awal.

c) **Kontrol beban adaptif.**

- Automasi dengan *load-adaptive control* memastikan konsumsi uap dan air pendingin proporsional terhadap *throughput* aktual.

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

92

III. Challenges and Future Trends

3. Faktor Pendukung

- a) **Desain kemasan:**
Retort pouch dengan rasio luas permukaan terhadap volume yang besar mempercepat transfer panas dan mengurangi waktu proses hingga 30 % (Al-Baali & Farid, 2006).
- b) **Manajemen utilitas:**
Isolasi termal, pemeriksaan *steam trap*, dan penerapan VFD (Variable Frequency Drive) meningkatkan efisiensi pompa serta kipas.
- c) **Optimasi boiler dan distribusi uap:**
Jaga rasio udara-bahan bakar dan hindari operasi di beban parsial rendah.

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

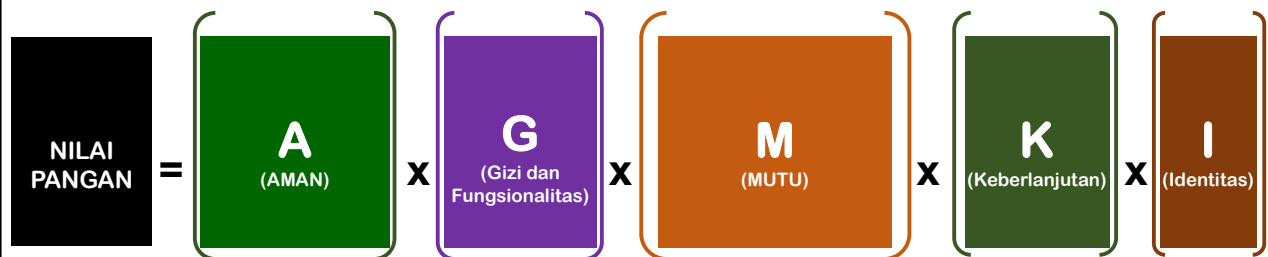
Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

93

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Pangan

= Mempunyai banyak fungsi = nilai = f (A, G, M, K & I)



<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

94

Pangan

= Mempunyai banyak fungsi = nilai = f (A, G, M, K & I)

- M = Mutu?
- G = Gizi (~ Kesehatan)
- K = Keberlanjutan
- I = Identitas
- A = KeAMANan Pangan

UU 18, 2012 (Bab I, Psi 1, Ayat 5): Keamanan Pangan adalah kondisi & upaya yang diperlukan untuk mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia, dan benda lain yang dapat:

- (i) mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan manusia serta
- (ii) tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat

→ sehingga aman untuk dikonsumsi.

NILAI PANGAN

=

A
(AMAN)

×

Non-Gizi (senyawa bioaktif, Fungsional)

Zat gizi perlu dikonsumsi lebih (nutrients to encourage) = prot, serat, vit & min

Zat gizi perlu dibatasi (nutrients to limit) = Gula, garam, lemak

×

Kenampakan (ukuran, bentuk, kseragaman, warna, dll)

Tekstur (konsistensi, viskositas)

Sensori (cita rasa, flavor, dll)

Harga
Waktu

Kerumitan
persiapan

×

Keberlanjutan

(faktor Lingkungan, sosial ekonomi masyarakat, tenaga kerja, dll.)

Jejak karbon (jarak tempuh, limbah pangan & kemasan, dll)

×

Warisan Budaya Tradisi & Ritual Kearifan Lokal Simbolisme:

<https://phariyadi.foodreview.co.id/> Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

95

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Pangan

= Mempunyai banyak fungsi = nilai = f (A, G, M, K & I)

- M = Mutu?
- G = Gizi (~ Kesehatan)
- K = Keberlanjutan
- I = Identitas
- A = KeAMANan Pangan

UU 18, 2012 (Bab I, Psi 1, Ayat 5): Keamanan Pangan adalah kondisi & upaya yang diperlukan untuk mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia, dan benda lain yang dapat:

- (i) mengganggu, merugikan, dan membahayakan kesehatan manusia serta
- (ii) tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat

→ sehingga aman untuk dikonsumsi.

NILAI PANGAN

=

AMAN Psikologis (Prasyarat-1)

... tidak bertentangan dengan agama, keyakinan, dan budaya masyarakat

AMAN Fisiologis (Prasyarat-2)

... mencegah pangan dari kemungkinan cemaran biologis, kimia, dan benda lain

×

Non-Gizi (senyawa bioaktif, Fungsional)

Zat gizi perlu dikonsumsi lebih (nutrients to encourage) = prot, serat, vit & min

Zat gizi perlu dibatasi (nutrients to limit) = Gula, garam, lemak

×

Kenampakan (ukuran, bentuk, kseragaman, warna, dll)

Tekstur (konsistensi, viskositas)

Sensori (cita rasa, flavor, dll)

Harga
Waktu

Kerumitan
persiapan

×

Keberlanjutan

(faktor Lingkungan, sosial ekonomi masyarakat, tenaga kerja, dll.)

Jejak karbon (jarak tempuh, limbah pangan & kemasan, dll)

×

Warisan Budaya Tradisi & Ritual Kearifan Lokal Simbolisme:

<https://phariyadi.foodreview.co.id/> Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

96

Pangan

= Mempunyai banyak fungsi = nilai = f (A, G, M, K & I)

Industri Pangan berbasis Proses Termal:
bertanggungjawab untuk mempertahankan, atau bahkan meningkatkan nilai pangan



97

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

KESIMPULAN (i)

- Teknologi pemanasan (thermal processing) tetap menjadi tulang punggung keamanan, stabilitas, dan keberlanjutan dalam industri pengolahan pangan modern.
 - Menjamin keamanan mikrobiologis dan umur simpan produk tanpa mengorbankan mutu gizi.
- Pemahaman mengenai kinetika dan validasi proses (Fo, D, Z) memungkinkan penerapan proses yang presisi dan sesuai regulasi.
- Integrasi sistem aseptik dan HTST meningkatkan mutu produk sekaligus efisiensi energi.

“Safe food is not a coincidence — it is the outcome of science, control, and technology applied with responsibility.”

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

98

KESIMPULAN (ii) : Menuju Masa Depan yang Berkelanjutan

- Sistem pemanasan yang hemat energi merupakan kunci bagi industri pangan yang berdaya saing dan berkelanjutan.
 - Terapkan prinsip suhu tinggi–waktu singkat (HTST) dan otomatisasi untuk meminimalkan over-processing dan kehilangan uap.
 - Jaga Suhu Produk Tetap Panas
 - Tutup Pintu Retort, segera setelah proses pengosongan selesai
 - Gunakan Kembali Kondensat
 - Transfer Energi Air Pre-Cooling
- Dekade mendatang menuntut integrasi antara keamanan, mutu, dan keberlanjutan dalam setiap proses pemanasan.

“Better heat — better food — better future.”

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

99

phariyadi@apps.ipb.ac.id
<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

.... Diskusi ?

TERIMA KASIH

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>



 [purwiatno_hariyadi](https://www.instagram.com/purwiatno_hariyadi)

 [@phariyadi](https://twitter.com/phariyadi)

<https://phariyadi.foodreview.co.id/>

Email: phariyadi@apps.ipb.ac.id

100