

## THERMOBAKTERIOLOGI

**PROF. DR. KRISHNA PURNAWAN CANDRA, M.S.**

JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS MULAWARMAN

KULIAH KE-9: PERTIMBANGAN-PERTIMBANGAN DASAR PROSES TERMAL



### PUSTAKA:

Stumbo CR (1973) Thermobacteriology in Food Processing. Academic Press, New York  
Winarno FG (1994) Sterilisasi Komersial Produk Pangan. Gramedia, Jakarta

## TUJUAN

- Mengetahui dasar-dasar pertimbangan dalam melakukan evaluasi proses termal berkaitan dengan tingkat kematian mikroba dan penurunan kualitas pangan

## PELUANG KETAHANAN HIDUP (PROBABILITY OF SURVIVOR)

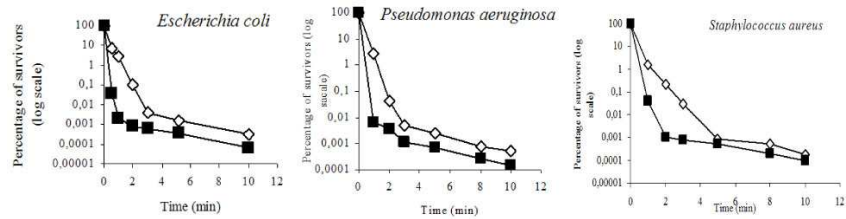
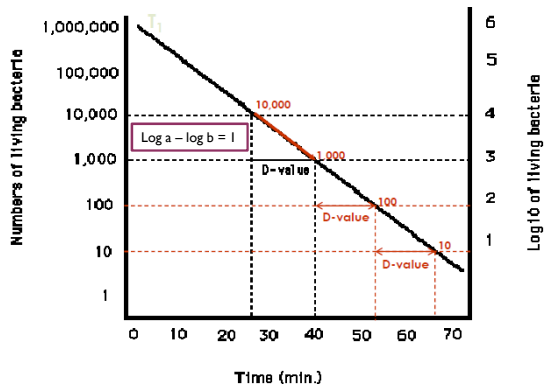


Figure 2. Kinetic of bacterial inactivation by essential clove oil at two temperatures 21 and 37° C. (○) essential clove oil at 0.4 % - 21° C; (■) essential clove oil at 0.4 % - 37° C.

- Dengan pemanasan basah, daya ketahanan hidup mikroba dapat digambarkan seperti grafik di atas (mempunyai tren logaritmik)

## PELUANG KETAHANAN HIDUP (PROBABILITY OF SURVIVOR)



Logaritma kurva ketahanan hidup (survivor) mikroba

- Trend logaritmik data ketahanan hidup mikroba karena pemanasan basah dapat ditransformasikan/digambarkan ke logaritmik/skala logaritmik sehingga membentuk garis lurus
- Rumus umum untuk kurva ketahanan hidup (survivor) mikroba adalah:

$$D = \frac{t_2 - t_1}{\log a - \log b}$$

$$t = D (\log a - \log b)$$

t = waktu pemanasan (menit)

D = waktu (menit) yang diperlukan untuk membunuh 90% sel

a = jumlah awal sel/spora

b = jumlah sel/spora pada setelah waktu t

## PELUANG KETAHANAN HIDUP (PROBABILITY OF SURVIVOR)

- Suatu produk pangan dengan kendala spora *C. botulinum* dikenakan proses sterilisasi selama 2,52 menit pada 250°F. Bila nilai  $D_{250}$  spora tersebut adalah 0,21 dan semua paket kemasan diperlakukan sama, berapa jumlah spora yang diperkirakan bertahan hidup? Diketahui jumlah mikroba awal adalah  $10^{12}$ .

- Jawab

$$t = D (\log a - \log b)$$

$$2,52 = 0,21 (\log 10^{12} - \log b)$$

$$2,52/0,21 = 12 - \log b$$

$$12 = 12 - \log b$$

$$\log b = 12 - 12 = 0$$

$$b = 1$$

Artinya bahwa diperkirakan terdapat 1 kemasan yang mengandung spora untuk setiap  $10^{12}$  kemasan.

## UNIT MEMATIKAN (LETHALITY UNIT) (F)

- Digunakan untuk menentukan kapasitas sterilisasi relatif pada proses pemanasan.
- Lethality unit (F) adalah waktu (1 menit) pemanasan pada suhu tertentu. Biasanya digunakan suhu standar 250°F (121,11°C)
- Bila  $F = 3$ , artinya diperlukan waktu 3 menit untuk mengurangi jumlah mikroba ke nilai tertentu (dengan asumsi terjadi pemanasan segera ke suhu dimaksud dan pendinginan segera ke suhu dimaksud).
- Ada tiga macam F
  - $F_c$  (untuk titik tengah)
  - $F_\lambda$  (selain titik tengah)
  - $F_s$  (total)
- Nilai F tergantung pada jenis mikroba. Mikroba mempunyai ketahanan panas pada suhu yang beragam. Hal ini berkaitan dengan nilai z.
- Nilai F dihitung pada disain proses tertentu, misalnya pada  $z=12$ , maka dituliskan sebagai  $F^{z=12}$  atau secara sederhana ditulis  $F^{12}$ .
- Untuk spora, nilai  $z=18$ . Notasi F pada  $z=18$  ini ditulis sebagai  $F_0$  atau  $F_{50}$ .
- Bila digunakan suhu yang digunakan, dituliskan sebagai subscript,  $F_{150}$ ,  $F_{212}$ ,  $F_{250}$  dsb

## PENGHITUNGAN LETHALITY UNIT (F)

- Kondisi yang digunakan adalah populasi mikroba yang mempunyai pengaruh signifikan pada konsumen, dalam hal ini adalah pangan kemasan dengan pH > 4,5 dan *C. botulinum* sebagai parameter.
- Dengan konsep 12D, nilai F adalah
 
$$t = F_s = D_r (\log a - \log b)$$

$$F_s = 0,21 (\log 1 - \log 10^{-12})$$

$$F_s = 0,21 \times 12 = 2,52$$
 Jadi waktu minimal untuk mencapai pengurangan jumlah spora menjadi  $10^{-12}$  adalah 2,52 menit.
- Digunakan konsep 12D. Proses yang diperlukan untuk mengurangi spora *C. botulinum* yang paling resisten menjadi  $10^{-12}$  ( $D_{250} = 0,21$ ).

## PENGHITUNGAN LETHALITY UNIT (F)

- Untuk mikroba mesofilik, pengurangan mikroba yang diperlukan adalah sampai  $10^{-5}$ , dengan nilai  $D_{250}$  adalah 1,00.
- Untuk mikroba termofilik, pengurangan mikroba yang diperlukan adalah sampai 1% ( $10^{-2}$ ), dengan nilai  $D_{250}$  sama dengan 4,00.
- Soal:
  1. Hitung waktu yang diperlukan pada sterilisasi mikroba mesofilik.
  2. Hitung waktu yang diperlukan untuk sterilisasi mikroba termofilik dari suatu kemasan dengan berat 1 kg. Diperkirakan terdapat 1 spora untuk setiap gram bahannya.
- Jawab:
  1.  $F = 1,00 \times (\log 1 - \log 10^{-5}) = 1,00 \times (0 - (-5)) = 1 \times 5 = 5$
  2.  $F = 4,00 (\log 10^3 - \log 10^{-2}) = 4,00 \times (3 - (-2)) = 4,00 \times 5 = 20$

## PENGHITUNGAN UNIT MEMATIKAN EFEKTIF (UNIT OF EFFECTIVE LETHALITY) ( $\bar{F}$ )

Soal:

Dalam suatu evaluasi terhadap sampel kontainer ditemukan hasil yang berbeda. Sampel A diperlakukan dengan  $F_A$  sama dengan 4,00 sedang sampel B mempunyai  $F_B$  sama dengan 2,00. Diketahui sebelum proses kedua produk mempunyai spora dengan jumlah 1.000 untuk setiap jenis produknya. Nilai D kedua produk tersebut sama, yaitu 1,00. Hitung nilai F efektif untuk produk tersebut.

A. Bila F dihitung dengan langsung membuat rata-ratanya, yaitu  $\bar{F} = (4+2)/2 = 3$ . Hal ini keliru karena dapat menghasilkan nilai evaluasi yang salah (jumlah spora terlalu rendah).

Spora yg ada =  $2 \times 1.000 = 2.000$ , maka,

$$F_s = D_r (\log a - \log b)$$

$$\text{Rerata } F_s = (4+2)/2 = 3 = 1 (\log 2.000 - \log b)$$

**b = 2,00** spora dalam kedua kontainer

B. Lebih tepat bila F dihitung sebagai hal yang terpisah,

$$F_{SA} = D_r (\log a - \log b)$$

$$4 = 1 (\log 1.000 - \log b); b = 1 \text{ (1 spora setiap 10 kontainer)}$$

$$F_{SB} = D_r (\log a - \log b)$$

$$2 = 1 (\log 1.000 - \log b); b = 10 \text{ (10 spora setiap kontainer)}$$

Maka gabungan jumlah spora dari tiap-tiap kontainer adalah  $0 + 10 = 11$ . Dari nilai ini baru kemudian dihitung nilai F-nya, yaitu

$$a = 2.000, b = 11$$

$$\bar{F}_s = D_r (\log a - \log b)$$

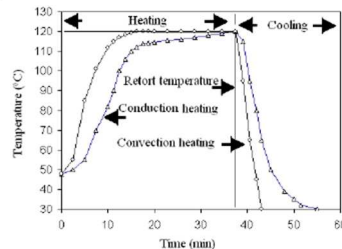
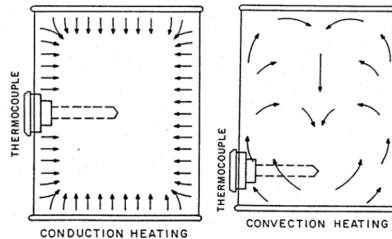
$$\bar{F}_s = 1 (\log 2.000 - \log 11) = 3,301 - 1,041 = 2,260$$

PROF.DR.KRISHNA P. CANDRA, JUR. TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN FAPERTA UNMUL

9

## KARAKTERISTIK PEMANASAN MAKANAN KALENG

- Pemanasan sederhana (diam)
  - Transfer panas dengan konveksi, untuk produk cair
  - Transfer panas dengan konduksi, untuk produk padat
  - Transfer panas dengan konveksi yang dilanjutkan dengan konduksi untuk produk cair yang menjadi padat ketika terkena panas (bisa terjadi patahan kurva (*broken heating curve*) karena pergantian proses pemanasan)
- Pemanasan dengan agitasi
  - Transfer panas terjadi secara konveksi karena agitasi
- Pemanasan dengan aliran turbulen
  - Transfer panas terjadi secara konduksi dan konveksi karena bahan dialirkan dengan pompa ke pemanas (*heat exchanger*)



PROF.DR.KRISHNA P. CANDRA, JUR. TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN FAPERTA UNMUL

10

## PEMILIHAN METODE DALAM EVALUASI PROSES

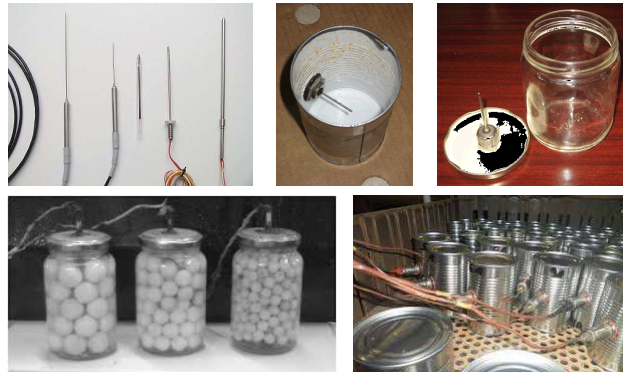
- Metode evaluasi proses pemanasan
  - Metode umum (metode grafis) (*sederhana*)
  - Metode matematis (diusulkan oleh Ball, 1928; dan Ball dan Olson, 1957) (*kompleks dan memerlukan waktu*)
- Metode grafis mudah untuk digunakan pada produk yang diproses dengan pemanasan konveksi
- Metode matematis digunakan untuk produk yang diproses dengan pemanasan konduksi, karena proses ini memerlukan perhitungan yang lebih rumit

PROF.DR.KRISHNA P. CANDRA, JUR. TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN FAPERTA UNMUL

11

## PENGUKURAN PENETRASI PANAS

- Pengukuran panas pada titik tertentu pada bahan pangan dilakukan dengan *termocouple* yang dihubungkan dengan potensiometer

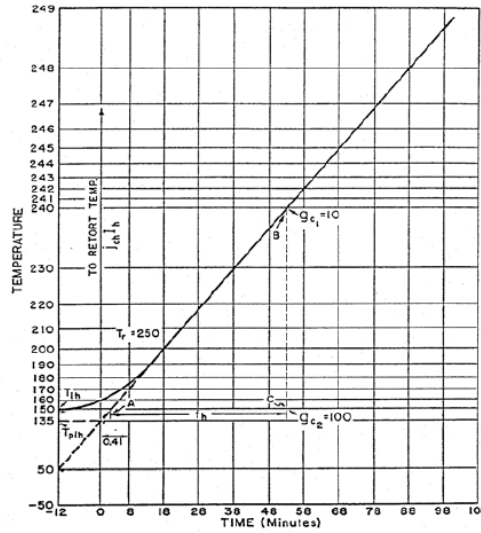


PROF.DR.KRISHNA P. CANDRA, JUR. TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN FAPERTA UNMUL

12

### PLOTING DATA PENETRASI PANAS DAN PARAMETERNYA

- $T_{ih}$  = suhu awal pangan pada  $t_0$  saat pemanasan atau pendinginan
- $T_r$  = suhu retort
- $\ell$  = waktu pemanasan awal (*come-up time*)
- $B$  = waktu proses ( $B=Pt+0,4 \ell$ )
- $P_c$  = waktu proses operator
- Fungsi  $I_h$  = perbedaan antara suhu retort dengan suhu pangan awal ( $T_r - T_{ih}$ )
- $T_{pjh}$  = Pseudo-suhu awal pemanasan. Bila tidak ada lag pada pemanasan, maka  $T_{pjh} = T_{ih}$
- Faktor  $j_{ch}$  = faktor lag pemanasan ( $j_{ch} = \frac{T_r - T_{pjh}}{T_r - T_{ih}}$ )
- Fungsi  $f_h$  = waktu (menit) yang diperlukan untuk penetrasi panas sebesar 1 log siklus
- Fungsi  $g$  = perbedaan antara suhu *retort* ( $T_r$ ) dan suhu maksimum pada tempat pengukuran suhu pangan



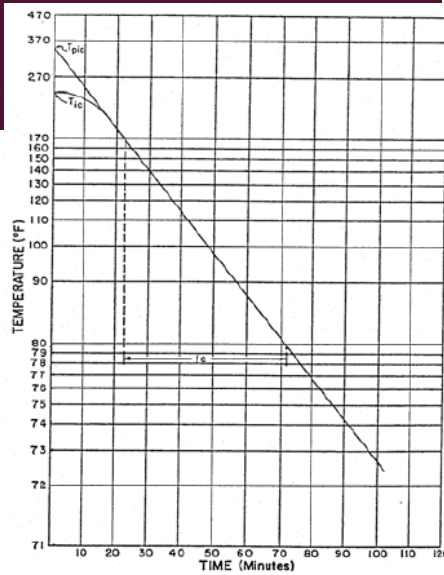
Gambar 19. Plot semilog dari kurva pemanasan

PROF.DR.KRISHNA P. CANDRA, JUR. TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN FAPERTA UNMUL

13

### PLOTING DATA PENETRASI PANAS DAN PARAMETERNYA

- $T_{ic}$  = suhu awal pangan pada titik pengukuran ketika pendinginan dimulai
- $T_w$  = suhu air pendingin
- Fungsi  $I_c$  (Ball's  $m$ ) =  $T_{ic} - T_w$
- $T_{pic}$  = pseudo-suhu awal—pendinginan. Bila tidak ada lag pada pendinginan, maka  $T_{pic} = T_{ic}$
- $j_{cc}$  = faktor lag pendinginan ( $j_{cc} = \frac{T_w - T_{pic}}{T_w - T_{ic}}$ )
- Fungsi  $f_c$  = waktu (menit) yang diperlukan berdasarkan garis lurus kurva pendinginan sebesar 1 log siklus



Gambar 20. Plot semilog dari kurva pendinginan

PROF.DR.KRISHNA P. CANDRA, JUR. TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN FAPERTA UNMUL

14