



TEKNOLOGI PROSES TERMAL HASIL PERIKANAN



Prof. Ir. Siegfried Berhimpon, M.S., M.App.Sc., Ph.D.

Dr. Ir. Henny A. Dien, M.S., M.Sc.

Dr. Roike I. Montolalu, S.Pi., M.Sc.

TEKNOLOGI PROSES TERMAL HASIL PERIKANAN

Salah satu teknologi pengolahan dan pengawetan makanan yang paling pesat perkembangannya yaitu pengolahan dengan aplikasi suhu tinggi (*thermal process*) atau lebih dikenal dengan proses pasteurisasi dan sterilisasi. Apabila didasarkan pada wadahnya, lebih populer dengan proses pengalengan makanan. Buku ini, adalah bagian pertama dari dua buku yang direncanakan, yaitu bagian pertama untuk mahasiswa D3, D4, dan S1, dan mahasiswa pascasarjana yang selama pendidikan S1 tidak pernah mendapatkan materi tersebut, dan bagian kedua adalah untuk mahasiswa pascasarjana. Buku bagian pertama ini membahas prinsip-prinsip dasar proses termal bahan makanan sampai dengan *General method* yaitu metode yang paling sederhana tapi andal untuk menghitung waktu dan temperatur pemanasan pada proses pengalengan makanan, dengan cara yang mudah dimengerti. Prosedur pengalengan makanan, kerusakan makanan kaleng, dan metode mengevaluasi kualitas kaleng juga dibahas dalam buku bagian pertama ini, agar buku bagian kedua nanti hanya membahas optimasi proses dan formula-formula yang dikembangkan oleh Balls, Stumbo, Hicks, dan lainnya. Pada bab terakhir buku ini, ditambahkan juga penuntun praktikumnya. Dengan demikian, buku bagian pertama ini lebih sesuai untuk mahasiswa D3, D4, dan S1, sedangkan buku bagian kedua nanti, lebih sesuai untuk mahasiswa pascasarjana.

Buku ini dapat dipakai sebagai buku ajar ataupun bahan bacaan bagi para mahasiswa perikanan, pertanian, peternakan, yang mengambil jurusan atau program studi pengolahan hasil, dan lebih khusus lagi bagi mahasiswa teknologi pengolahan pangan.



Rajagrafindo Persada
PT RAJAGRAFINDO PERSADA
Jl. Raya Leuwirangung No. 112
Kel. Leuwirangung, Kec. Tapos, Kota Depok 16956
Telp 021-84311162 Fax 021-84311163
Email: rajapers@rajagrafindo.co.id
www.rajagrafindo.co.id

RAJAWALI PERS
DIVISI BUKU PERGURUAN TINGGI
PERIKANAN



9 786024 257224

TEKNOLOGI PROSES TERMAL HASIL PERIKANAN

Prof. Ir. Siegfried Berhimpon, M.S., M.App.Sc., Ph.D.

Dr. Ir. Henny A. Dien, M.S., M.Sc.

Dr. Roike I. Montolalu, S.Pi., M.Sc.



RAJAWALI PERS
Divisi Buku Perguruan Tinggi
PT RajaGrafindo Persada
DEPOK

Perpustakaan Nasional: Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Siegfried Berhimpon, dkk

Teknologi Proses Termal Hasil Perikanan/Siegfried Berhimpon, Henny A. Dien,
dan Roike I. Montolalu

— Ed. 1—Cet. 1.—Depok: Rajawali Pers, 2018.

xviii, 170 hlm. 23 cm

Bibliografi: Ada di Setiap Bab

ISBN 978-602-425-722-4

Hak cipta 2018, pada Penulis

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi buku ini dengan cara apa pun,
termasuk dengan cara penggunaan mesin fotokopi, tanpa izin sah dari penerbit

2018.2146 RAJ

Prof. Ir. Siegfried Berhimpon, M.S., M.App.Sc., Ph.D.

Dr. Ir. Henny A. Dien, M.S., M.Sc.

Dr. Roike I. Montolalu, S.Pi., M.Sc.

TEKNOLOGI PROSES TERMAL HASIL PERIKANAN

Cetakan ke-1, Desember 2018

Hak penerbitan pada PT RajaGrafindo Persada, Depok

Desain cover octiviena@gmail.com

Dicetak di Rajawali Printing

PT RAJAGRAFINDO PERSADA

Anggota IKAPI

Kantor Pusat:

Jl. Raya Leuwinanggung, No.112, Kel. Leuwinanggung, Kec. Tapos, Kota Depok 16956

Tel/Fax : (021) 84311162 – (021) 84311163

E-mail : rajapers@rajagrafindo.co.id http:// www.rajagrafindo.co.id

Perwakilan:

Jakarta-16956 Jl. Raya Leuwinanggung No. 112, Kel. Leuwinanggung, Kec. Tapos, Depok, Telp. (021) 84311162. **Bandung**-40243, Jl. H. Kurdi Timur No. 8 Komplek Kurdi, Telp. 022-5206202. **Yogyakarta**-Perum. Pondok Soragan Indah Blok A1, Jl. Soragan, Ngestiharjo, Kasihan, Bantul, Telp. 0274-625093.

Surabaya-601 18, Jl. Rungkut Harapan Blok A No. 09, Telp. 031-8700819. **Palembang**-30137, Jl. Macan Kumbang III No. 10/4459 RT 78 Kel. Demang Lebar Daun, Telp. 0711-445062. **Pekanbaru**-28294, Perum De' Diandra Land Blok C 1 No. 1, Jl. Kartama Marpoyan Damai, Telp. 0761-65807. **Medan**-20144, Jl. Eka Rasmi Gg. Eka Rossa No. 3A Blok A Komplek Johor Residence Kec. Medan Johor, Telp. 061-7871546.

Makassar-90221, Jl. Sultan Alauddin Komp. Bumi Permata Hijau Bumi 14 Blok A14 No. 3, Telp. 0411-861618. **Banjarmasin**-701 14, Jl. Bali No. 31 Rt 05, Telp. 0511-3352060. **Bali**, Jl. Imam Bonjol Gg 100/V No. 2, Denpasar Telp. (0361) 8607995. **Bandar Lampung**-35115, Jl. P. Kemerdekaan No. 94 LK I RT 005 Kel. Tanjung Raya Kec. Tanjung Karang Timur, Hp. 082181950029.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa, atas perkenaan-Nya, *Teknologi Proses Termal Hasil Perikanan* dapat selesai ditulis. Buku ini bermula ditulis pada tahun 2011, sebagai bahan ajar yang dipakai dalam kalangan sendiri, untuk mahasiswa S1 Universitas Sam Ratulangi, program studi Teknologi Hasil Perairan, mahasiswa Politeknik Negeri Nusa Utara, dan mahasiswa S2 pada Program Studi Ilmu Pangan maupun Program Studi Ilmu Perairan minat Teknologi Industri Hasil Perikanan, yang mengambil mata kuliah Proses Termal Hasil Perikanan. Buku ini, adalah bagian pertama dari dua buku yang direncanakan, yaitu bagian pertama untuk mahasiswa D3, D4, dan S1, dan buku kedua adalah untuk mahasiswa pascasarjana. Buku bagian pertama ini membahas prinsip-prinsip dasar pengalengan makanan sampai dengan *general method* yaitu metode yang paling sederhana tetapi cukup andal untuk menghitung waktu dan temperatur pemanasan pada proses pengalengan makanan, dengan cara yang mudah dimengerti. Prosedur pengalengan, kerusakan makanan kaleng dan metode mengevaluasi kualitas kaleng juga dibahas dalam buku bagian pertama ini, agar supaya buku kedua nanti, hanya membahas optimasi proses dan formula-formula yang dikembangkan oleh Balls, Stumbo, Hicks, dan lainnya. Pada bab terakhir buku ini, ditambahkan juga penuntun praktikumnya. Dalam buku ini, masih banyak dipakai istilah dalam bahasa Inggris, karena selain kita berada di era globalisasi, juga di pabrik-pabrik pengalengan istilah-istilah tersebut lebih populer.

Sudah tentu buku ini masih banyak kekurangan, namun sudah dapat dijadikan pegangan dalam memberikan pelajaran tentang Teknologi Proses Termal Hasil Perikanan. Karena hasil perikanan merupakan bagian dari makanan pada umumnya, maka buku ini juga dapat berguna bagi mahasiswa pertanian, peternakan, khususnya bidang pengolahan pangan; dan praktisi yang bekerja di industri pengalengan makanan, serta mereka yang ingin mempelajari teknologi pengalengan makanan.

Terima kasih penulis sampaikan kepada Rektor Unsrat dan Ketua LP3 Unsrat yang telah memfasilitasi penulisan buku ini. Terima kasih juga kepada para Guru Besar saya yang telah mengajar proses termal, dan membimbing penulis sewaktu di IPB maupun di UNSW Australia, yaitu: Prof. Dr. F.G. Winarno, Prof. Dr. Deddy Fardiaz, Prof. Dr. R.A. Edward (Alm), dan Prof. Dr. K.A. Buckle. Harapan penulis buku ini bermanfaat.

Manado, 9 Oktober 2018

Penulis Utama

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Sejarah Perkembangan Makanan Kaleng	2
1.2 Keunggulan dan Prospek Industri Pengalengan	6
Daftar Pustaka	8
BAB 2 PRINSIP PENGAWETAN MAKANAN DENGAN PANAS	11
2.1 Fase Pertumbuhan Bakteri	12
2.1.1 Fase Lag atau Adaptasi	12
2.1.2 Fase Pertumbuhan Awal	13
2.1.3 Fase Pertumbuhan Logaritmik	13
2.1.4 Fase Pertumbuhan Lambat	13
2.1.5 Fase Pertumbuhan Tetap (Statis)	13
2.1.6 Fase Menuju Kematian dan Fase Kematian	13
2.2 Prinsip Dasar Pengawetan dengan Panas	14

2.3	Ketahanan Mikroba Terhadap Panas	20
2.4	Faktor-faktor yang Memengaruhi Kekuatan Pemanasan	21
2.4.1	Hubungan antara Temperatur dan Waktu	21
2.4.2	Kosentrasi Awal Mikroba, Baik Sel Vegetatif Maupun Spora	21
2.4.3	Sejarah atau Asal Usul Mikroba	21
2.4.4	Komposisi Substrat	22
2.4.5	Ukuran dan Bentuk Wadah	22
2.4.6	Temperatur Makanan dan Temperatur Retort	23
2.4.7	Isi dan Wadah	23
	Daftar Pustaka	23
BAB 3	PROSEDUR PENGALENGAN MAKANAN	25
3.1	Pemilihan Bahan Baku	26
3.2	Pelelehan	26
3.3	Penyiangan	27
3.4	Pemasakan Pendahuluan	28
3.5	Pembersihan	29
3.6	Pemotongan dan Pengisian	29
3.7	Penghampaan dan Penutupan Kaleng	31
3.8	Pencucian Kaleng	31
3.9	Proses Sterilisasi	31
3.10	Pendinginan	32
3.11	Penyimpanan dan Pemberian Label	33
3.12	Pengepakan	33
	Daftar Pustaka	34
BAB 4	KINETIKA KEMATIAN BAKTERI, NILAI D, DAN Z BAKTERI	35
4.1	Nilai D Bakteri	39
4.2	Nilai Z Bakteri	42

4.3	Hubungan Nilai D dan Z	46
	Daftar Pustaka	53
BAB 5	METODE EVALUASI DATA KETAHANAN PANAS MIKROBA	55
5.1	Metode Stumbo-Murphy-Cochran	56
5.2	Metode Schmidt-Tarver	57
5.3	Metode Spearman-Karber	58
	Daftar Pustaka	60
BAB 6	PENETRASI PANAS DAN METODE MENGHITUNG PENETRASI PANAS	61
6.1	Perambatan Panas pada Makanan Kaleng	62
6.2	Metode Umum	64
6.3	Contoh Soal dan Penyelesaian	69
	Daftar Pustaka	73
BAB 7	MIKROBA PENYEBAB KERUSAKAN MAKANAN KALENG	75
7.1	Tipe Mikroba Penting dalam Kerusakan Makanan Kaleng	76
7.2	Klasifikasi Mikroba Berdasarkan Keasaman	79
	Daftar Pustaka	80
BAB 8	KERUSAKAN MAKANAN KALENG	83
8.1	Kerusakan Mikrobial	84
8.2	Kerusakan Non-Mikrobial	87
8.3	Morfologi Makanan Kaleng yang Rusak	87
	Daftar Pustaka	88
BAB 9	TINPLATE AND DOUBLE SEAM PADA MAKANAN KALENG	91
9.1	<i>Tin Plate</i>	92
9.2	<i>Double Seam</i>	93
9.3	Kualitas <i>Double Seam</i>	98
9.4	Kegagalan Lipatan Rangkap	101
	Daftar Pustaka	116

BAB 10 PENUNTUN PRAKTIKUM	117
10.1 Pengvakuman dan Pengukuran Vakum Kaleng	118
10.2 Penetrasi Panas pada Proses Sterilisasi	122
10.3 Pengujian Makanan Kaleng Steril (<i>Commercially Sterile Cans</i>)	127
10.4 Diagnosa Kerusakan Makanan Kaleng	132
10.5 Pengujian Kaleng, Anatomi <i>Tinplate</i> , dan Pembentukan Lipatan Rangkap	146
Daftar Pustaka	154
LAMPIRAN-LAMPIRAN	157
BIODATA PENULIS	169

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Beberapa Pengaruh Pemanasan pada Bahan Makanan	15
Tabel 3.1	Waktu <i>Precooking</i> Berdasarkan Jenis Serta Ukuran Tuna	28
Tabel 3.2	Waktu Sterilisasi (Menit) pada 230°, 240°, dan 250°F	32
Tabel 4.1	Data Ketahanan Panas Beberapa Bakteri Tahan Panas	37
Tabel 4.2	Derajat Kerusakan atau Kematian Populasi Bakteri oleh Panas pada Suhu 250°F (121,1°C)	40
Tabel 4.3	Kisaran Nilai D Spora Bakteri yang Biasanya Terdapat dalam Makanan Kaleng	41
Tabel 4.4	Nilai Z Bakteri dan Beberapa Reaktan	43
Tabel 4.5	Ketahanan Panas Spora Bakteri di dalam Makanan Kaleng	44
Tabel 8.1	Resistensi Panas Relatif dari Beberapa Spora Penting, Penyebab Kebusukan dan Keracunan	86
Table 9.1	Beberapa Tipe <i>Lacquer</i> Kaleng Makanan	94
Tabel 10.1	Media dan Inokulasi yang Digunakan dalam Pengujian Makanan Kaleng	131
Table 10.2	Nilai pH dari Beberapa Makanan Kaleng Komersial	139
Tabel 10.3	Pengujian Mikroskopis Makanan Kaleng yang Tidak Rusak	142

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Fase Pertumbuhan Bakteri	12
Gambar 2.1	Bentuk Wadah dan Kecepatan Penetrasi Panas	22
Gambar 3.1	Diagram Proses Pengalengan Makanan	27
Gambar 4.1	Kurva Linier Kematian Bakteri	39
Gambar 4.2	Kurva Kematian Bakteri	40
Gambar 4.3	Kurva <i>Thermal Death Time</i> (TDT) Bakteri	43
Gambar 4.4	Kurva Kematian Bakteri Karena <i>Heat Activation</i>	46
Gambar 4.5	Kurva Kematian Bakteri Karena <i>Mixed Flora</i>	47
Gambar 4.6	Kurva Kematian Bakteri Karena <i>Clumped Cell</i>	47
Gambar 4.7	Kurva Kematian Bakteri, Karena Pengaruh Media	48
Gambar 4.8	<i>Lethality</i> pada Kurva TDT	49
Gambar 6.1	Transfer Panas pada Makanan di dalam Wadah Silinder	62
Gambar 6.2	Arus Gerak Partikel Secara Konveksi dalam Kaleng Makanan Cair	63
Gambar 6.3	<i>The Slowest Heating Point</i> pada Transfer Panas Secara Konduksi dan Konveksi	63
Gambar 6.4	Aktual dan <i>Phantom</i> Kurva TDT	66
Gambar 6.5	Grafik Temperatur (T) dan <i>Lethal Value</i> (L) Terhadap Waktu	67

Gambar 6.6	Metode Grafik Menghitung <i>Lethality</i>	68
Gambar 6.7	Metode Grafik Menghitung Nilai F_0 dari Kurva <i>Lethal Rate</i>	69
Gambar 9.1	Lapisan dan Struktur <i>Tinplate</i>	92
Gambar 9.2	Posisi (<i>Cross-Section</i>) dari Kaleng pada <i>Closer</i> Selama <i>Double Seaming (First Operating Roller)</i>	92
Gambar 9.3	<i>End Curl</i> Membentuk <i>Cover Hook</i> dan Area Dimana <i>Sealing Compound</i> Diberikan	97
Gambar 9.4	<i>Cross-Section</i> dari <i>Seam</i> Setelah Selesai <i>First-Operation</i>	97
Gambar 9.5	<i>Cross-Section</i> dari <i>Seam</i> Setelah Selesai <i>Second Operation</i>	98
Gambar 9.6	<i>Cross-Section</i> dari <i>Double Seam</i> , untuk Menunjukkan Beberapa Atribut yang Menentukan Kualitas <i>Seam</i>	99
Gambar 9.7	Beberapa Bagian Penting dari <i>Double Seam</i>	99
Gambar 9.8	Ukuran-ukuran yang Diperlukan untuk Mengevaluasi Lipatan Rangkap (<i>Double Seam</i>)	101
Gambar 9.9	<i>Droop</i>	102
Gambar 9.10	<i>Vee</i> atau <i>Lip</i>	103
Gambar 9.11	<i>Sharp Seam</i> dan <i>Cut-Over</i>	103
Gambar 9.12	<i>Jump Seam</i> atau <i>Jump Over</i>	104
Gambar 9.13	<i>Dead Head</i> atau <i>Spinner</i>	105
Gambar 9.14	<i>False Seam</i> dan <i>Knocked Down Flange</i>	106
Gambar 9.15	<i>Can Body Buckling</i>	107
Gambar 9.16	<i>Cocked Body</i>	107
Gambar 9.17	<i>Cut Seam at Juncture</i>	108
Gambar 9.18	<i>Excessive Countersink Depth Sortens Overlap</i>	109
Gambar 9.19	<i>Mushroomed Flange</i>	109
Gambar 9.20	<i>Long Body Hook</i>	110
Gambar 9.21	<i>Short Body Hook</i>	111
Gambar 9.22	<i>Long Cover Hook</i>	111
Gambar 9.23	<i>Short Cover Hook</i>	112

Gambar 9.24 <i>Insufficient Overlap</i>	112
Gambar 9.25 <i>Excessively Tight First Operation Seam</i>	113
Gambar 9.26 <i>Loose First Operation Seam</i>	113
Gambar 9.27 <i>Excessively Tight Second Operation Seam</i>	114
Gambar 9.28 <i>Loose Second Operation Seam</i>	115
Gambar 10.1 Posisi <i>Thermocouple</i> dalam Kaleng	124
Gambar 10.2 Cara Merobek Kaleng untuk Pemeriksaan <i>Double Seam</i>	155

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kurva Kematian Bakteri, Menggunakan Kertas Semi-Logaritma	158
Lampiran 2. Menentukan t_{50} Menggunakan <i>Arithmetic Probability Paper</i>	159
Lampiran 3. Tabel <i>Lethal Rate</i> ($T_{ref} = 121.1^{\circ}\text{C}$ and $z = 10^{\circ}\text{C}$) (Holdsworth and Simpson, 2007)	160
Lampiran 4. Kurva Temperatur Makanan (T) dan Nilai L Terhadap Waktu (t) pada Soal No. 1a (Butir 6.3)	162
Lampiran 5. Tabel Waktu (t), Temperatur (T), dan Nilai L, dari Soal No. 1a (Butir 6.3)	163
Lampiran 6. Tabel Untuk Menghitung $\sum\Delta tL$, Soal No. 1a (Butir 6.3)	163
Lampiran 7. Kurva TDT Bakteri x pada Soal No. 1b (Butir 6.3)	164
Lampiran 8. Tabel Waktu (t), Temperatur (T), dan Nilai D dari Bakteri x pada Soal No. 1b (butir 6.3)	165
Lampiran 9. Kurva Temperatur Makanan (T) dan Nilai L_v Terhadap Waktu (t) pada Soal No. 1b (Butir 6.3)	166
Lampiran 10. Tabel Untuk Menghitung $\sum\Delta tL_r$, Soal No. 1b (Butir 6.3)	167

BAB

1

PENDAHULUAN

Bab I, menjelaskan tentang sejarah pengalengan makanan, keunggulan, peranan, dan prospek Teknologi Proses Termal dalam pengembangan industri makanan khususnya hasil perikanan.

1.1. Sejarah Perkembangan Makanan Kaleng

Salah satu teknologi pengolahan dan pengawetan makanan yang paling pesat perkembangannya adalah pengolahan dengan aplikasi suhu tinggi (*thermal process*) atau lebih dikenal dengan proses pasteurisasi dan sterilisasi. Apabila didasarkan pada wadahnya, lebih populer dengan proses pengalengan makanan. Pengertian pengalengan makanan, bukan saja untuk makanan yang diproses dalam wadah kaleng (metal), tetapi juga termasuk makanan yang diproses dalam wadah gelas, kertas, kertas aluminium, bermacam-macam plastik, termasuk *retortable pouch* dan lain-lain. Ada tiga kelompok perkembangan dalam ilmu dan teknologi proses termal, yaitu perkembangan **praktis** yang diprakarsai oleh Nicholas Appert, tahun 1804; perkembangan **ilmu**, terutama bakteriologi oleh Louis Pasteur tahun 1810; dan perkembangan **teknologi** oleh Underwood and Prescott, tahun 1817.

Perkembangan pengalengan makanan dimulai di Eropa sejak revolusi industri dan berkembang cepat sekali, dimulai dari aplikasi di rumah sampai dengan perkembangan ilmu dan teknologinya. Secara singkat sejarah perkembangan pengalengan adalah sebagai berikut: pada tahun 1795, Nicholas Appert seorang *confectioner* tinggal di Paris telah melakukan serangkaian percobaan-percobaan mengawetkan susu *by trial & error*, di mana pada akhirnya di tahun 1804 dia membuat pabrik pembotolan susu di Paris. Pada waktu itu Napoleon sedang aktif mengembangkan pertanian dan industri dan Appert berhasil mengawetkan susu, buah-buahan, sayuran dan daging melalui proses pemanasan. Atas perintah Raja Napoleon I, pada tahun 1806 produk hasil percobaan Appert ini diujicobakan pada tentara Prancis. Sekitar 18 item pangan dalam gelas tertutup awet sampai 4 bulan dan aman untuk dikonsumsi. Karena keberhasilan itu, pada tahun 1809, Appert mendapat hadiah dari Pemerintah Prancis. Secara praktis dia menemukan cara mengawetkan susu dan kaldu, yaitu rangkaian proses: pemanasan wadah yang pada waktu itu *glass jar*, pengisian, penutupan dan pemanasan lagi. Pada waktu itu, dia tidak dapat menjawab atau mengerti mengapa makanan tersebut menjadi awet. Pada tahun 1810, Nicholas Appert mulai mengomersialkan makanan pada kaleng dan botol gelas.

Pada 1811, Appert mencetak sekitar 200 publikasi dari sekitar 50 makanan dan diterjemahkan dalam bahasa Inggris, yang isinya sederhana

yaitu: Bagaimana menutup botol, bagaimana memanaskan botol dalam air mendidih, bagaimana mengisi susu kemudian memanaskan lagi, bagaimana mengangkat dan mendinginkan. Dalam skala rumah tangga dan industri mikro-kecil, cara tersebut digunakan terus hingga kini.

Beberapa ilmuwan mencoba menjelaskan mengapa makanan yang dipanaskan dapat menjadi awet. Fenomena yang kini dapat diketahui dengan mudah ternyata pada saat itu menjadi perdebatan ilmuwan tingkat dunia. Pada 1810, Joseph Louis Gay-Lussac mengeluarkan teori oksigen. Waktu itu dia menemukan bahwa tidak ada oksigen dalam gas yang terdapat dalam wadah yang digunakan Appert, dengan kata lain bahwa terjadi kerusakan makanan adalah karena oksigen. Dengan pemanasan, oksigen akan terlepas keluar bersama uap air sehingga makanan jadi awet. Hingga disimpulkan bahwa: bahan hewani/nabati melalui kontak dengan oksigen akan rusak/busuk atau terjadi fermentasi. Tetapi dengan mencelupkan dalam air mendidih kemudian dimasukkan ke dalam wadah yang tertutup rapat, makanan akan awet. Teori ini masih dibantah oleh Louis Pasteur dimana pada 1860, dia menyatakan hubungan antara daya awet makanan dengan mikroba. Tetapi belakangan Gay-Lussac juga benar, karena ada *ferment* (enzim) yang menyebabkan makanan rusak, walaupun teori oksigen juga tidak salah. Keberhasilan Louis Pasteur membawa kepada penemuan baru yang berkembang menjadi suatu teknik pengawetan yang disebut pasteurisasi. Teknik tersebut melibatkan suhu yang lebih rendah daripada suhu sterilisasi sehingga makanan yang diawetkan dengan pasteurisasi memiliki rasa lebih alami.

Dalam waktu yang singkat setelah publikasi dari Appert, seorang Inggris Peter Durand untuk pertama kali membuat patent penggunaan kemasan dari kaleng (Patent No. 3372) dan patent diberikan oleh Raja Inggris George III pada 25 Agustus 1810, dan kemudian dipasarkan oleh Donking, Hall and Gamble, dan ini merupakan awal dari industri pengalengan. Pada 1817, William Underwood seorang imigran Inggris membawa teknologi ini dari Eropa ke Amerika, dan pada 1819 di Boston dia membuat pabrik pengalengan buah-buahan. Pada 1840, penggunaan kaleng sudah menyebar di Amerika dan Eropah. Pada 1851, Chevallier-Appert (kemenakan Nicolas Appert), menemukan *autoclave*, yang merupakan cikal bakal retort untuk proses sterilisasi dan mengaplikasikan prinsip *pressure cooking* untuk proses pengalengan

makanan. Pada tahun 1851 diselenggarakan pameran makanan kaleng secara besar-besaran di Inggris dengan label yang mencolok yaitu *by appointment to the royal household*. Sejak itu reputasi makanan kaleng melambung cepat sekali, dan menjadi populer. Kemudian timbul skandal yang menurunkan popularitas makanan kaleng, dimana Angkatan Laut Inggris menginginkan makanan kaleng yang murah dan menghasilkan produk bermutu rendah, sehingga reputasi makanan kaleng tiba-tiba menurun ke tingkat yang paling rendah dan memerlukan waktu 50 tahun lagi untuk mengembalikan citra dan reputasi makanan kaleng.

Pada 1860, Solomon berhasil menemukan bahwa apabila CaCl_2 ditambahkan dalam air mendidih, maka suhu air akan naik hingga 210-212°F. Hingga dengan cara ini waktu proses dapat sedikit lebih cepat. Sebelumnya metode Appert hanya dengan sterilisasi dalam air panas dengan memakai *stoppered bottle*. Pada 1874, *autoclave* dipatenkan oleh Shriver (USA). Pada 1895-1900, teori bakteriologi diaplikasikan terutama setelah ditemukan teori Pasteur tahun 1860. Pada tahun 1900, ditemukan *open top sanitary can* dan *double seam*. Pada tahun 1901 didirikan *The American Can Company*, dan pada 1907 dibentuk *National Cannery Association (NCA)* di Amerika. Pada 1918, Weintirl menyatakan bahwa makanan kaleng aman dari sudut *public health*, dengan menyatakan bahwa makanan kaleng tidak 100% steril tetapi mikroba yang dapat menyebabkan keracunan tidak ditemukan dan dikenal dengan istilah *commercially sterile*.

Pada tahun 1920, Bigelow, direktur pertama the NCA, adalah orang pertama menggunakan *thermocouple* untuk mengukur temperatur dalam kaleng dan menghitung proses pemanasan berdasarkan penetrasi panas ke dalam bahan makanan. Pada tahun yang sama, Bigelow dan Ball mengembangkan metode ilmiah untuk menghitung proses pemanasan dengan menggunakan grafik (*graphic method*). Pada 1923, Dr. Olin Ball meneruskan dan mulai menghitung parameter selama pemanasan untuk menghitung apakah panas yang diberikan cukup atau tidak, secara matematik. Pada 1939, Olson mengembangkan *monographic method* untuk perhitungan proses. Pada 1947, ditemukan *heat exchanger*, sehingga memungkinkan proses *high temperature short time (HTST)* dan kemudian *ultra high temperature (UHT)* yang banyak dipakai untuk pasteurisasi *dairy product* dewasa ini. Usaha belum selesai sampai dengan Marthen yang bekerja pada Doble Engineering Company

mengembangkan peralatan untuk sterilisasi kaleng dan penutupan kaleng dan arti dari *aseptic-filling* dari produk ke dalam kaleng dan menggunakan *superheated steam*.

Pada tahun 1882, pasteurisasi susu secara komersial pada temperatur 74-77°C dimulai di Jerman, dan pada tahun 1893, untuk pertama kali alat pasteurisasi komersial dioperasikan di Bloomville, NY. Proses sudah menggunakan HTST pada temperatur 72-74°C selama 15-39 detik, menggunakan *continuous flow plate heat exchanger*. Sebelumnya susu hanya dipanaskan pada temperatur 62-65°C selama 30 menit, diikuti dengan pendinginan cepat pada temperatur <10°C. Proses tersebut dikenal dengan *low temperature long time* (LTLT). Keuntungan dari HTST adalah selain lebih cepat, juga dapat mengurangi kerusakan karena panas seperti pada perubahan *flavor*, tekstur, dan kerusakan asam-asam amino yang sensitif. Perkembangan yang terakhir adalah UHT, dimana susu dipanaskan pada 140-145°C selama 2-4 detik, dengan menggunakan *steam injection heat exchanger*. Dengan demikian, pengalengan makanan dapat digolongkan dalam dua proses utama yaitu: *in container sterilization* dan *in flow sterilization*. *In container sterilization* seperti pengalengan hasil laut dan pertanian dimana makanan dimasukkan dalam kaleng kemudian ditutup secara kedap hermetis, kemudian disterilisasi, sedangkan *in flow sterilization* adalah untuk makanan cair seperti *dairy product*, yang dilakukan secara *aseptic processing* dan *aseptic filling and packaging*.

Pada 1948, Stumbo dan Hicks mengembangkan prosedur untuk menghitung proses sterilisasi berdasarkan pada *integrating lethality values* dari seluruh volume sebuah kontainer yang terdapat *mixed flora*. Pada 1950, FMC Corporation memproduksi *continuous agitating cooking and cooling*. Perkembangan ini bersama-sama dengan perkembangan dari *higher speed & reliable filling* dan *closing machines*, membuat pabrik pengalengan meningkat kecepatan berproduksi. Pada tahun yang sama, *sterile flamme process* dikembangkan di Prancis oleh Cheftel, Beauvais dan Thomas. Proses ini adalah pemanasan cepat dari kaleng yang *rotating*, dengan jalan kontak langsung dengan gas pada temperatur sekitar 2000°F, yang diproduksi oleh pembakar gas. Smith & Ball mengusulkan pada 1955 suatu proses yang akhirnya mengalami modifikasi yang banyak, dikenal dengan proses *Flash 18*.

Sejak 1960-sekarang, masih banyak dilakukan modifikasi dari formula yang ada dan komputerisasi perhitungan proses pasteurisasi dan sterilisasi menuju kesempurnaan serta perkembangan peralatan terutama kecepatan penutupan kaleng, retort, serta bahan *container* (wadah) yang dipakai termasuk jenis-jenis *lacquer*, *retortable pouches*, dan wadah untuk makanan ringan serta *soft drink* yang kuat, ringan, dan mudah dibuka.

1.2. Keunggulan dan Prospek Industri Pengalengan

Tidak dapat dipungkiri, sampai dewasa ini, pengalengan makanan yang identik dengan pasteurisasi dan sterilisasi, menjadi andalan industri makanan. Hal ini disebabkan karena keunggulan makanan kalengan, dimana produk kalengan adalah produk makanan yang siap dikonsumsi (*ready to eat food*), enak, menyenangkan, dapat disiapkan dengan berbagai macam rasa sesuai keinginan konsumen, daya awet yang lama, aman untuk dikonsumsi dan bagian yang dapat dimakan (*edible portion*) adalah 100%. Keunggulan lain yaitu mudah untuk pengepakan dan transportasi, dapat diproduksi dalam jumlah besar, serta harga terjangkau oleh konsumen.

Hasil perikanan yang masih segar memerlukan penanganan yang khusus karena hasil perikanan umumnya mempunyai ciri-ciri: mudah rusak/busuk (*highly perishable*); volumensius atau volume besar, dimana daging ikan mengandung 70-85% air; mudah mengalami autolisis karena banyak mengandung enzim baik dalam daging maupun saluran pencernaan; ukuran miokomata pendek; dan jaringan ikat (*connective tissue*) sedikit, lebih rendah dari 2% dibandingkan dengan daging hewan potong yang mengandung jaringan ikat >7%. Pengolahan dengan pengalengan, memproses produk dalam jumlah besar dalam sekali proses, dan ada tahap pemasakan awal (*precooking*) pada tahap awal segera setelah pencucian bahan baku, sehingga dari segi keamanan dan kesegaran bahan baku dapat mudah dikontrol, dibandingkan dengan pada proses pengolahan yang lain. Karena itu industri pengalengan ikan berkembang pesat.

Hasil laut yang termasuk eksklusif seperti daging rajungan (*Portunus pelagicus*) yang proses pengambilan daging (*picking*), sortasi, dan pemeriksaan akhir daging, masih dilakukan secara manual karena belum ada alat yang dapat mendeteksi adanya serpihan cangkang

tercampur dalam daging; proses pemanasannya dilakukan secara pasteurisasi selama 1-2 jam pada temperatur 80-90°C dengan *holding time* 5 menit (tergantung ukuran kaleng/wadah), dengan target hanya membunuh bakteri patogen. Selesai pasteurisasi kaleng/wadah langsung didinginkan dengan air dingin (5°C), untuk mencegah *over cooking*. Pasteurisasi diaplikasikan karena daging kepiting akan berubah cita rasanya apabila digunakan panas yang tinggi, atau terjadi *over cooking*. Dengan tersedianya bermacam-macam wadah pengemas yang tahan panas, memungkinkan pengalengan makanan-makanan eksklusif seperti kelompok *etnis food*, akan berkembang.

Dengan berkembangnya wadah pengemas produk pengalengan, dimana ada wadah yang tahan panas seperti *retortable pouch* yang tersedia dan dapat dibeli dengan harga yang cukup murah (<Rp1.000) per kantong, maka pengolahan produk makanan lokal (*ethnic food*) dalam keadaan siap saji (*ready to eat*), dapat diproses melalui pasteurisasi maupun sterilisasi dengan memakai air panas. Penelitian yang telah dilakukan oleh Berhimon dkk. (2014), cakalang fufu (asap) rica-rica dapat dikemas dalam *retortable pouch*, divakum, kemudian dipanaskan pada air mendidih (temperatur 90-100°C selama satu jam, tahan selama satu tahun pada temperatur ruang. Untuk “*safety*” dipertimbangkan masa simpan 6 bulan. Pengolahan seperti ini dapat dilakukan oleh usaha kecil menengah (UKM), agar distribusi pemasaran produk akan lebih luas, karena daya awetnya yang lama. Dengan dibukanya tol laut dan tersedianya sistem pemasaran *online* maka produksi produk-produk siap saji oleh UKM di daerah produsen, diharapkan akan lebih berkembang.

Soal untuk Diskusi

1. Kenapa perkembangan ilmu dan teknologi proses pembotolan susu dan kaldu yang ditemukan oleh Nicolas Appert berkembang begitu pesat saat itu?
2. Jelaskan sumbangan penelitian dalam perkembangan pengolahan dengan aplikasi temperatur tinggi, seperti penemuan *outoclave*, *heat exchanger*, dan lain-lain.
3. Diskusikan apa keunggulan proses pengalengan makanan sehingga masih tetap merupakan andalan industri makanan sampai dewasa ini?

4. Wadah makanan kaleng makin berkembang, banyak jenis material, bentuk, fungsi, dengan kemudahan yang ditawarkan dewasa ini, jelaskan mengapa?
5. Bagaimana prospek pengolahan dengan proses termal untuk masa yang akan datang?

Daftar Pustaka

- Anonymous. 2010. "Re-emerging of Canned Foods". *Food Reviewed*, Vol. V(10), P: 30-33.
- Berhimpon S, R.I Montolalu H.A. Dien and F. Mentang 2013. *Pengembangan Produk Eksotik Ikan Fufu Non Karsinogenik dengan Memanfaatkan Limbah Industri Perikanan dalam Upaya Meningkatkan Nilai Tambah Ekonomi*. Manado: Laporan MP3EI, Unsrat.
- _____. 2018. "Concentration and Application Methods Of Liquid Smoked For Exotic Smoked Skipjack (*Katsuwonus Pelamis* L)". *International Food Research Journal*, 25(5): 1864-1869.
- Haryadi P. 2008. "Canning Industry In Indonesia: Need For Safety Assurance Regulation And Quality Optimization". *Journal of Food Manufacturing Efficiency*, Vol 2(1): 1-7.
- Holdsworth, D. and R. Simpson. 2007. *Thermal Processing of Packaged Foods*. Pullman: Springer.
- Kelly, A.L., N. Data, and H.C. Deeth. 2006. *Thermal Processing of Dairy Products*. In: *Da-Wen Sun 2006. Thermal Food Processing, New Technologies and Quality Issues*. Boca Raton: CRC Press.
- Knorr D., V. Heenz, and C. Lusher. 2007. *Thermal Processing of Foods: Technological Aspects*. In: *Thermal Processing of Food: Potential Health Benefits And Risks*. Heppenheim: Wiley-VCH Verlag-GmbH & Co. KGaA.
- Lopez, A. 1981. *A Complete Course In Canning*. 11th Ed. USA: The Canning Trade, Baltimore.
- May, N.S. 2001. *Thermal Technologies In Food Processing*. Boca Raton: CRC Press. In: *Thermal Technologies in Food Processing, Richardson*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Mendez I.M. and J.M.G. Abuin. 2006. *Thermal Processing of Fishery Products*. In: *Da-Wen Sun 2006. Thermal Food Processing, New Technologies and Quality Issues*. Boca Raton: CRC Press.

- Stumbo, C.R. 1973. *Thermobacteriology in Food Processing*. 2nd Ed. New York: Academic Press.
- Weng Z.J. 2006. Thermal Processing of Canned Foods. In: *Da-Wen Sun 2006. Thermal Food Processing, New Technologies and Quality Issues*. Boca Raton: CRC Press.
- Winarno, F.G. 1994. *Sterilisasi Komersial Produk Pangan*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.

BAB

2

PRINSIP PENGAWETAN MAKANAN DENGAN PANAS

Bab II, menjelaskan pertumbuhan bakteri pada makanan, prinsip dasar pengawetan dengan panas: pasteurisasi dan sterilisasi, ketahanan mikroba terhadap panas, serta faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan penetrasi panas, keamanan produk, serta GMP dalam pengalengan.

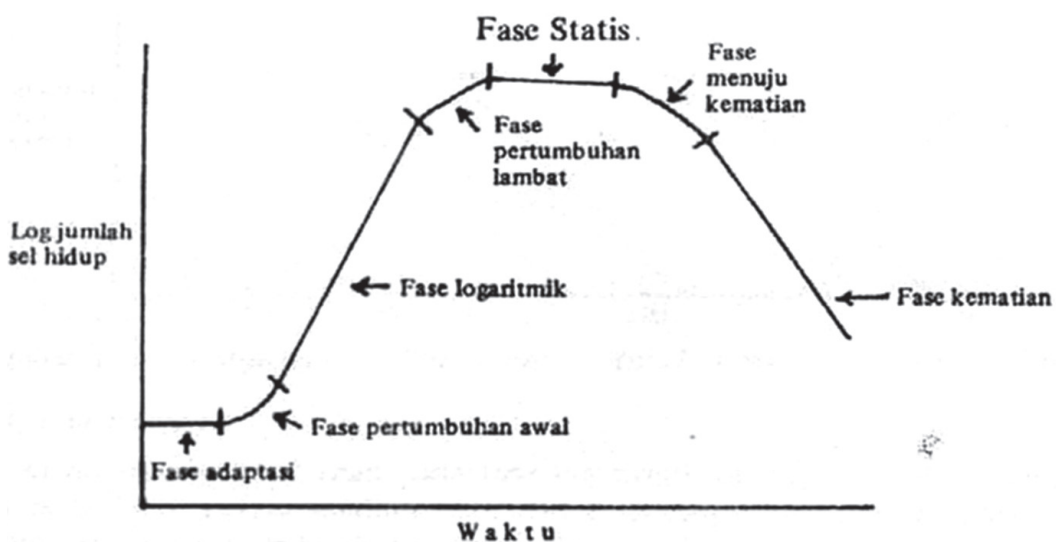
2.1. Fase Pertumbuhan Bakteri

Karena prinsip pengawetan dengan panas adalah membunuh bakteri patogen maupun bakteri yang menyebabkan pembusukan, maka sebaiknya dibahas sedikit tentang pertumbuhan bakteri. Pada dasarnya bakteri bertumbuh sesuai dengan kurva pertumbuhan bakteri seperti pada Gambar 1.1. Pada suatu makanan dimana bakteri tumbuh dan berkembang biak, akan terbentuk suatu kompleks ekologi yang tidak statis tetapi dinamis. Apabila satu spesies bakteri bertumbuh, maka ia akan mengubah lingkungan, dan lingkungan yang tercipta tersebut akan cocok untuk pertumbuhan bakteri lain yang tadinya mungkin dalam fase dorman. Kurva pada Gambar 1.1 menunjukkan secara umum pertumbuhan bakteri apabila bakteri tersebut dipindahkan dari lingkungan yang tidak cocok ke lingkungan yang cocok untuk pertumbuhan (Dien dkk., 2017).

2.1.1 Fase Lag atau Adaptasi

Jika mikroba dipindahkan ke dalam suatu medium, mula-mula akan mengalami fase adaptasi untuk menyesuaikan dengan kondisi lingkungan di sekitarnya. Lamanya fase ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya medium dan lingkungan pertumbuhan, serta jumlah inokulum.

Fase adaptasi mungkin berjalan lambat karena kultur dipindahkan dari medium yang kaya nutrisi ke medium yang nutrisinya terbatas dan mutan yang baru dipindahkan dari fase statis ke medium baru dengan komposisi sama seperti sebelumnya.



Gambar 1.1 Fase Pertumbuhan Bakteri

Sumber: Stumbo 1973; Dien dkk. 2017

2.1.2 Fase Pertumbuhan Awal

Setelah mengalami fase adaptasi, mikroba mulai membelah dengan kecepatan rendah karena baru mulai menyesuaikan diri. Tergantung pada lingkungan dan jenis mikroba, fase ini akan dilalui dalam waktu yang tidak begitu lama, dimana setelah itu mikroba mulai membelah dengan kecepatan tinggi.

2.1.3 Fase Pertumbuhan Logaritmik

Pada fase ini mikroba membelah dengan cepat dan konstan mengikuti kurva logaritmik. Pada fase ini kecepatan pertumbuhan sangat dipengaruhi oleh medium tempat tumbuhnya seperti pH, kandungan nutrisi, temperatur dan kelembaban udara. Pada fase ini mikroba membutuhkan energi lebih banyak daripada fase lainnya juga sangat sensitif terhadap keadaan lingkungannya.

2.1.4 Fase Pertumbuhan Lambat

Pada fase ini pertumbuhan populasi mikroba mulai lambat karena nutrisi di dalam medium mulai berkurang, dan juga adanya hasil metabolisme yang mungkin beracun atau dapat menghambat pertumbuhan mikroba itu sendiri. Pada fase ini jumlah sel yang baru masih lebih banyak daripada jumlah sel yang mati.

2.1.5 Fase Pertumbuhan Tetap (Statis)

Pada fase ini jumlah populasi sel tetap karena jumlah sel yang tumbuh hampir sama dengan sel yang mati. Ukuran sel pada fase ini menjadi lebih kecil karena sel tetap membelah meskipun zat nutrisi sudah habis. Pada fase ini sel-sel lebih tahan terhadap keadaan ekstrem seperti panas, dingin, radiasi, dan bahan-bahan kimia.

2.1.6 Fase Menuju Kematian dan Fase Kematian

Pada fase ini sebagian populasi mikroba mulai mengalami kematian karena beberapa sebab antara lain: Nutrisi di dalam medium sudah habis, dan energi cadangan di dalam sel tidak ada lagi. Kecepatan kematian tergantung dari kondisi nutrisi, lingkungan, dan jenis mikroba.

Perbedaan dalam anatomi mikroba dan mekanisme pertumbuhan menyebabkan perbedaan dalam kecepatan pertumbuhan. Pada umumnya semakin kompleks struktur sel suatu organisme, semakin

lama waktu yang dibutuhkan untuk membelah diri atau semakin lama waktu generasinya. Bakteri mempunyai waktu generasi yang paling cepat, diikuti oleh khamir dan kapang, sedangkan protozoa mempunyai generasi yang paling lama.

2.2. Prinsip Dasar Pengawetan dengan Panas

Pengawetan dengan panas yang dikenal dengan pasteurisasi dan sterilisasi, menghasilkan makanan olahan yang lebih dikenal dengan makanan kalengan, walaupun tidak semua produk tersebut dikemas dalam wadah kaleng. Berdasarkan temperatur optimum untuk beraktifitas, mikroba dapat dibagi ke dalam lima golongan.

1. **Psikrofil** yang optimum pada 10°C dengan kisaran -15°C sampai 20°C. Psikrofil masih bertumbuh perlahan pada 4°C.
2. **Psikrotrof** optimum pada 14-30°C dengan kisaran -5°C sampai 40°C.
3. **Mesofil** optimum pada 37°C dengan kisaran 20°C sampai 40°C.
4. **Termofil** optimum pada 50°C dengan kisaran 40°C sampai 60°C. Bakteri termofil dapat ditemukan di tanah, sampah, dan lain-lain. Kebanyakan dapat membentuk spora dan dibagi dalam dua kelompok berdasarkan temperatur dimana spora akan germinasi dan tumbuh. Apabila, pada 122°F (50°C) sudah tidak germinasi dan tumbuh dan membutuhkan temperatur yang tinggi untuk germinasi dan tumbuh, maka digolongkan pada obligat termofil. Apabila germinasi dan tumbuh pada 122°-150°F (50°-60°C), atau temperatur yang lebih rendah misalnya 100°F (38°C), maka digolongkan pada fakultatif termofil, karena mempunyai kemampuan pada germinasi dan tumbuh pada dua kisaran temperatur.
5. **Termotrop** optimum pada 40-45°C dengan kisaran 15°C sampai 50°C.

Sebagai contoh, *Pseudomonas*, *Acinetobacter* yang banyak pada ikan segar, *Rhodotorula sp* pada *Oyster* beku, termasuk dalam kelompok psikrofil; *Bacillus cereus* yang banyak pada susu, *Candida sp* termasuk psikrotrof; kebanyakan bakteri pembusuk dan patogen seperti *Salmonella*, *Escherichia coli* termasuk mesofil; beberapa golongan *Bacillus*, *Clostridium* termasuk termofil; *C. perfringens* yang patogen termasuk dalam termotrop. Mikroba target dalam pengawetan dengan temperatur tinggi

adalah mikroba-mikroba dari golongan mesofil (khusus yang dapat membentuk spora seperti *C. botulinum*), dari golongan termotrop dan golongan termofil yang tahan panas.

Makanan kaleng yang diproduksi oleh pabrik pengalengan makanan mengalami dua tahap operasi yang esensial berikut ini.

1. Makanan harus di-*seal* dalam wadah yang kedap hermatik (*hermatic container*, bukan hanya metal) untuk mencegah re-kontaminasi pada produk setelah sterilisasi ataupun pasteurisasi.
2. Makanan harus dipanaskan pada temperatur tinggi selama waktu yang cukup untuk mencapai *comercially sterile*.

Tujuan dari pengawetan dengan panas adalah: untuk membunuh semua mikroba pathogen (pasteurisasi); memproduksi produk yang *comercially sterile* (sterilisasi); menghasilkan produk yang sudah masak (*cooked food*); mempertahankan nutrisi; dan untuk makanan tertentu seperti: susu segar, buah-buahan dan sayuran, adalah untuk mempertahankan kualitas organoleptik. Beberapa pengaruh dari pemanasan pada bahan makanan, dapat dilihat pada Tabel 2.1. Dari Tabel 2.1., dapat dilihat bahwa pemanasan dapat mempengaruhi kenampakan/penampilan (*appearance*) termasuk di dalamnya warna, cita rasa, tekstur dan bunyi. Selain itu, pemanasan mempengaruhi juga nutrisi, fungsi, keamanan dan kualitas makanan.

Tabel 2.1. Beberapa Pengaruh Pemanasan pada Bahan Makanan

Appearance	Nutrition	Function	Safety	Quality
Color	Digestibility	Structure	Microorganisms	Enzymes
Flavor	Availability	Phase transition	Toxins	Sensory attributes
Texture	Palatability	Density	Allergens	Shelf life
Sound	Delivery	Volume	Viruses	Convenience
		Water	Anti-nutrients	Degassing
		Mobility		
		Weight		
		Solubility		
		Concentration		
		Assembly		
		Coating		

Sumber: Knorr *et al.*, 2007

Proses pasteurisasi dengan panas bertujuan untuk membunuh semua mikroba patogen, misalnya pada pasteurisasi daging kepiting kalengan, susu dan sari buah atau minuman lainnya. Sedangkan

proses sterilisasi dengan panas bertujuan untuk membunuh semua mikroba yang ada termasuk spora. Mikroba dapat berada dalam bentuk vegetatif dan dalam bentuk spora. Dalam bentuk sel vegetatif, umumnya mikroba patogen akan mati atau rusak pada temperatur air mendidih, karena selnya dapat mati pada temperatur 80°C. Dalam bentuk spora, bakteri lebih tahan terhadap panas. Pasteurisasi bertujuan untuk membunuh semua sel vegetatif bakteri patogen. Walaupun masih terdapat spora, tetapi apabila dijaga pada temperatur dingin, maka spora tidak akan germinasi dan tumbuh. Spora bakteri lebih tahan terhadap pemanasan tinggi dibandingkan dengan spora kapang atau ragi. Ada dua parameter yang harus diperhatikan dalam proses pemanasan makanan pada industri pengalengan atau pembotolan makanan, yaitu temperatur dan waktu (lama pemanasan). Optimalisasi proses, adalah perhitungan secara teliti terhadap temperatur dan lama proses, yang dirancang khusus hanya cukup untuk mencapai sterilisasi komersial. Tetapi di industri kondisi tersebut tidak mudah dicapai, malahan kadang-kadang dilewati sehingga dapat menghasilkan perubahan-perubahan mutu yang tidak dikehendaki dalam produk seperti *over cook*, dan apabila tidak dipenuhi, akan menghasilkan produk yang tidak aman karena kemungkinan masih ada mikroba yang bertahan hidup, walaupun telah mengalami luka (*injure*).

Sejak ditemukannya *heat exchanger*, maka pemanasan dapat dilakukan dengan menggunakan waktu sterilisasi yang singkat pada suhu yang lebih tinggi. Untuk produk susu segar, dikenal dengan pemanasan yang menggunakan prinsip *high temperature short time* (HTST), atau dengan *ultra high temperature* (UHT). Sebaliknya, pemberian panas yang tidak mencukupi akan meningkatkan risiko terjadinya kerusakan, karena mikroba yang kemungkinan masih hidup dan mikroba yang dalam keadaan *injure* akan menjadi aktif kembali dan tumbuh di dalam produk. Bila hal tersebut terjadi akan mengakibatkan produk menjadi busuk atau beracun. Selain itu, kaleng atau kemasan lain dapat menjadi cembung karena produksi gas oleh bakteri. Sejak penelitian Bigelow dan Ball pada tahun 1920-an, ilmu dan teknologi pangan telah berkembang pesat sekali, sehingga dewasa ini perhitungan temperatur dan waktu pemanasan yang rumit dapat dilakukan dengan teliti untuk menghasilkan sterilisasi komersial yang dikenal dengan optimalisasi proses, dimana dengan temperatur yang tinggi dan waktu yang sangat

singkat, makanan awet, aman dan zat gizi, warna, tekstur serta nilai organoleptik lainnya dapat dipertahankan. Contoh, dengan proses UHT, susu yang diproses dengan sistem *coil* dan *plate* pada temperatur 136-138°C hanya memerlukan waktu 5-8 detik, dan dengan *steam injection* pada temperatur 140-145°C hanya memerlukan waktu 2-4 detik (Arnoldi, 2001). Dengan temperatur yang sangat tinggi tersebut bakteri langsung mati karena panas akan merusak DNA pada inti sel, tetapi panas yang diterima oleh komponen makanan (warna, tekstur, cita rasa, zat-zat nutrisi seperti vitamin, dan lain-lain), akan digunakan terlebih dahulu sebagai energi aktivasi dari suatu komponen makanan untuk memulai suatu reaksi degradasi, tetapi karena waktu pemanasan yang sangat singkat, maka degradasi baru akan dimulai, tetapi proses sudah selesai, sehingga degradasi belum terjadi, atau kalau sudah sempat dimulai akan dapat diminimalkan.

Proses pemanasan yang diperlukan untuk sterilisasi makanan kaleng tergantung pada produk yang akan diproses, terutama pH produk dan medium. Karena pH penting dalam menentukan kekuatan panas yang akan diberikan, maka makanan dibagi ke dalam empat golongan berdasarkan pH, yaitu makanan yang mempunyai pH >5,0 tergolong makanan berasam rendah, seperti ikan, daging, telur, kentang, kebanyakan sayur-sayuran, dan jagung. Makanan yang mempunyai pH 4,5-5,0 tergolong makanan yang berasam sedang, seperti *pasta*, *soup*, *pears*, *asparagus*, bayam dan waluh; makanan yang mempunyai pH 3,7-4,5 tergolong makanan asam seperti: nanas, tomat dan banyak buah-buahan dan makanan yang mempunyai pH <3,7 tergolong makanan berasam tinggi seperti jus buah, acar dan *pickle*. Makanan kaleng yang tergolong berasam rendah, menurut US-FDA adalah yang mempunyai pH >4,6 dan aktivitas air >0,85 (Holdsworth and Simpson, 2007).

Batas pH = 4,5 dipakai, karena di bawah pH 4,5, *Clostridium botulinum* tidak dapat germinasi dan tumbuh. Pada saat *Cl. botulinum* germinasi dan tumbuh, dia mengeluarkan senyawa ekstraseluler yang disebut *botulin* yang merupakan racun bagi manusia. Untuk makanan yang mempunyai pH >4,5 dibutuhkan retort untuk sterilisasi, sedangkan untuk makanan yang mempunyai pH <4,5 dapat digunakan air panas atau uap panas untuk pasteurisasi. Untuk buah-buahan, jus dan acar, dengan sengaja ditambahkan asam untuk merendahkan pH, sehingga sterilisasi tidak lagi memerlukan panas. Dengan demikian

vitamin, warna, serta citarasa yang tidak tahan panas dapat sebagian besar atau seluruhnya diselamatkan. Produk yang tergolong makanan bersifat asam (pH kurang dari 4.5) seperti buah-buahan, tomat, biasanya disterilkan dengan cara memanaskan, dimana titik terdingin (*coldest point*), yaitu bagian terdingin dalam kaleng mencapai 200°F (93.3°C).

Makanan berasam rendah (pH di atas 4.5) memerlukan proses pemanasan yang lebih tinggi, dibandingkan dengan makanan yang berasam tinggi. Jadi, makanan kaleng seperti ikan sayuran dan daging, biasanya diproses pada temperatur 115°C sampai 121°C, dengan waktu proses yang tergantung pada beberapa faktor, yaitu cepat lambatnya perambatan panas untuk mencapai titik terdingin dari makanan dalam kaleng, pada ukuran kaleng serta pada daya tahan mikroba target yang biasanya ada dalam makanan. Metode yang masih dipakai sampai saat ini dengan memperhatikan ketiga faktor tersebut dikenal dengan *general method*, yang menghitung *lethality rate* secara integral. Bila sterilisasi komersial telah dicapai berarti makanan yang dimaksud telah mengalami pemanasan yang mengakibatkan makanan tersebut bebas dari mikroba hidup yang berbahaya bagi kesehatan manusia, maupun mikroba yang menyebabkan kerusakan makanan.

Makanan harus dikemas dalam wadah yang kedap hermetis, agar tidak terjadi rekontaminasi. Wadah kemasan harus cukup kuat dan seragam, agar memudahkan pengepakan dalam kemasan akhir, mudah dalam transportasi dan penyimpanan.

Salah satu bakteri yang berbahaya yang menjadi target dalam proses pemanasan adalah *Clostridium Botulinum*. Bakteri tersebut, tergolong bakteri mesofil dimana sel vegetatif tidak tahan panas, tetapi dapat membentuk spora dan sporanya tahan panas. Jika spora *Cl. botulinum* tidak mati akibat proses pemanasan yang tidak cukup (temperatur dan atau waktu yang kurang), maka pada kondisi yang memungkinkan seperti suhu penyimpanan yang tinggi misalnya 45-55°C, maka bakteri tersebut dapat melakukan germinasi dan tumbuh serta menghasilkan toksin yang mematikan. Toksin tersebut biasanya diproduksi pada saat spora itu germinasi atau pada saat sel bakteri tumbuh. Apabila hal ini terjadi, kaleng tidak selalu memberikan tanda-tanda cembung atau makanan yang ada di dalamnya tidak memberikan tanda-tanda penyimpangan dalam penampakan. Proses pemanasan makanan kaleng

yang dianggap aman adalah yang dapat menjamin bahwa makanan tersebut telah bebas dari *Clostridium Botulinum*.

Penggunaan *retort pouch* untuk pengemasan makanan memungkinkan dilakukannya proses sterilisasi komersial dengan waktu yang lebih singkat dengan menggunakan *retort* atau *Outoclave*. Sistem yang dilakukan dapat berupa sistem *batch* maupun kontinyu dengan menggunakan media pemanas berupa uap jenuh, air panas, campuran uap dan udara panas. Penggunaan air sebagai media pemanas memungkinkan pengisian *retort* dicapai dalam waktu 30 detik dan hanya membutuhkan empat menit agar air yang berada dalam *retort* tersebut mencapai suhu *retort*. Hal ini berarti *come up time* (CUT) *retort* ini hanya empat menit, sedangkan pada *retort* konvensional CUT mencapai 12-15 menit. Pada akhir proses pemanasan, air dingin segera dijalankan menggantikan air panas sedangkan air panasnya dapat ditampung kembali.

Sterilisasi bahan pangan dalam *retort pouch* sebaiknya dilakukan dalam kondisi dimana tekanan di dalam *retort* sama atau lebih besar daripada tekanan dalam kantung kemasan selama siklus pemanasan dan pendinginan. Apabila tidak, maka makanan dan udara yang ada dalam *pouch* akan memuai dan kemasan akan mengembang. Hal ini dapat dicapai bila tekanan media penghantar panas yang berupa air panas yang dialiri udara bertekanan sebanding dengan tekanan internal dan eksternal kemasan ketika dilakukan proses sterilisasi. Sisa udara dalam kemasan *retort pouch* harus dihisap keluar agar waktu proses dan suhu sterilisasi dapat dikurangi, sehingga kebutuhan energi dapat dihemat dan produk memiliki gizi dan kualitas yang baik. Proses sterilisasi bahan pangan dalam kemasan *retort pouch* umumnya dilakukan pada suhu antara 115-145°C serta waktu proses yang bervariasi tergantung jenis, nilai pH dari bahan pangan tersebut dan jenis media pengisi yang digunakan. Penggunaan *retortable pouch* sebagai kemasan menyebabkan waktu proses sterilisasi lebih pendek, sebab bentuk fisik *retortable pouch* lebih tipis dibandingkan kaleng, sehingga waktu yang diperlukan untuk mencapai suhu proses pada titik terdingin lebih pendek. Demikian pula waktu yang dibutuhkan untuk proses pendinginan dapat berlangsung lebih cepat. Berhimpion dkk. (2014) memanaskan (pasteurisasi) pampis ikan cakalang asap cair yang siap konsumsi dalam *retortable pouch* vakum pada temperatur 96°-100°C selama 1 jam, kemudian disimpan pada

suhu ruang selama 1 tahun, uji mikrobiologi menunjukkan *TPC* $2,0 \times 10^2$, dan *E. coli*, *Coliform*, *Salmonella* dan *Vibrio*, semuanya negatif.

Setelah proses sterilisasi harus segera dilakukan pendinginan untuk mencegah terjadinya *over cooking* pada makanan dan tumbuhnya kembali bakteri termofilik atau mesofilik.

2.3. Ketahanan Mikroba Terhadap Panas

Dalam pengawetan makanan dikenal istilah sterilisasi komersial, yaitu sterilisasi untuk membunuh semua mikroba pembusuk yang dapat tumbuh pada kondisi penyimpanan yang normal. Sebagai contoh, makanan kaleng bukan merupakan makanan steril absolut, tetapi bersifat steril komersial dimana di dalamnya mungkin masih mengandung sejumlah mikroba tetapi tidak dapat tumbuh dan menyebabkan kebusukan karena kondisi pH, suhu penyimpanan yang tidak memungkinkan. Tetapi jika selama penyimpanan kemudian pH makanan berubah dan suhu penyimpanan juga berubah, mikroba yang ada di dalamnya mungkin dapat tumbuh dan menyebabkan kebusukan makanan kaleng.

Suhu dan waktu sterilisasi yang diterapkan pada bahan pangan dipengaruhi oleh sifat-sifat bahan pangan, terutama pHnya. Semakin rendah pH makanan atau semakin tinggi keasamannya, diperlukan suhu dan waktu sterilisasi yang semakin rendah. Seperti halnya proses pasteurisasi, proses sterilisasi dapat dilakukan menggunakan suhu relatif rendah dengan waktu relatif lama, misalnya 121°C selama 15 menit atau lebih tergantung dari jenis makanannya, atau menggunakan suhu tinggi dengan waktu relatif singkat, misalnya pada suhu $135\text{-}150^\circ\text{C}$ dalam waktu 2-6 detik seperti pada produk UHT. Untuk susu biasanya ada tiga proses, yaitu

1. Pasteurisasi pada 85°C selama 2–3 detik atau pada $72\text{--}75^\circ\text{C}$ selama 15–30 detik pada *plate heater*;
2. UHT pada coils atau plate pada temperatur $136\text{--}138^\circ\text{C}$ selama 5–8 detik, atau dengan steam injection pada temperatur $140\text{--}145^\circ\text{C}$ selama 2–4 detik;
3. *Autoclave sterilisation in closed bottles*.

2.4. Faktor-faktor yang Memengaruhi Kekuatan Pemanasan

2.4.1 Hubungan antara Temperatur dan Waktu

Pada makanan yang sama dan kondisi yang sama, makin tinggi temperatur, makin singkat waktu dan sebaliknya makin rendah temperatur makin lama waktu yang dibutuhkan untuk membunuh bakteri.

2.4.2 Konsentrasi Awal Mikroba, Baik Sel Vegetatif Maupun Spora

Makin tinggi jumlah bakteri awal, makin lama waktu yang dibutuhkan untuk membunuh bakteri tersebut, dan demikian sebaliknya. Contoh spora bakteri yang dipanaskan pada temperatur 120°C, makin tinggi jumlah spora, makin lama pemanasan. Jumlah awal spora sebanyak 5×10^4 membutuhkan waktu 14 menit, sedangkan jumlah awal spora sebanyak 50 membutuhkan waktu hanya 8 menit. Karena itu pencucian bahan baku dan pemasakan pendahuluan dilakukan antara lain juga ditujukan untuk mengurangi kandungan awal mikroba (*microbial load*) pada bahan baku.

2.4.3 Sejarah atau Asal Usul Mikroba

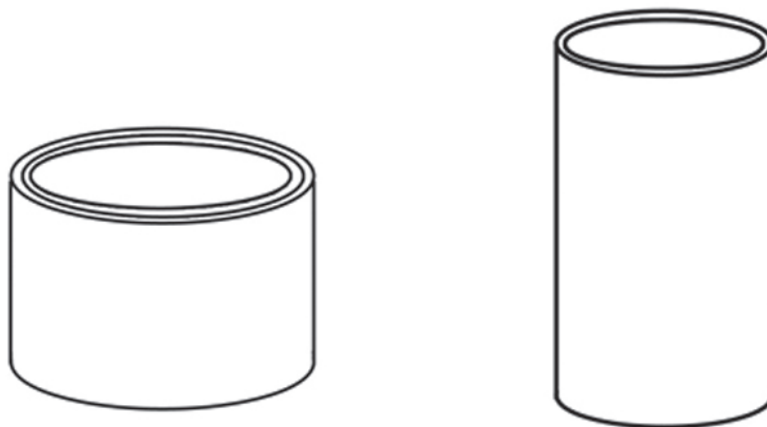
Hal ini berhubungan erat dengan beberapa hal, yaitu kondisi media atau substrat sebelumnya dimana sel/spora dibentuk, suhu inkubasi, fase pertumbuhan, dan faktor kekeringan. Makin baik media atau substrat dimana dia hidup, maka bakteri atau sporanya akan makin tahan panas. Suhu inkubasi, umumnya ketahanan mikroba tinggi apabila suhu inkubasi dinaikkan mendekati suhu optimum. Tetapi kadang-kadang ketahanan lebih tinggi bila suhu inkubasi mendekati maksimum pertumbuhannya. Contoh: *E. coli*, mempunyai suhu optimum 38,5°C, apabila ditumbuhkan pada dua macam media, yaitu 28°C dan 38,5°C, kemudian dipanaskan, ternyata yang tumbuh pada 38,5°C lebih tahan. Tetapi *Bacillus Subtilis*, mempunyai suhu maksimum 41°C dan optimum 37°C, yang tumbuh pada 41°C lebih tahan daripada 37°C. Fase pertumbuhan atau umur bakteri juga sangat menentukan, mikroba pada fase lag adalah yang paling tahan. Mikroba pada fase log, masih tahan, mikroba pada *maximum stationary phase*, paling tidak tahan. Faktor kekeringan, spora yang kering lebih sulit dibunuh daripada spora dalam keadaan basah.

2.4.4 Komposisi Substrat

Air sangat besar pengaruhnya dalam membunuh bakteri. Spora dalam keadaan basah lebih mudah dibunuh daripada dalam keadaan kering. Dengan menggunakan uap panas temperatur 120°C, hanya membutuhkan waktu 20-30 menit untuk membunuhnya, sedangkan dengan oven kering pada temperatur 130-160°C membutuhkan waktu 3-4 jam. Selain itu, pH substrat juga mempengaruhi, umumnya sel/spora paling tahan pada pH mendekati netral. Pada pH rendah atau tinggi ketahanan panas menurun, tapi penurunan pH lebih efektif dari pada kenaikan pH. Kandungan garam dalam substrat juga sangat penting, konsentrasi garam yang rendah akan melindungi spora (ketahanan panas menjadi tinggi), tetapi pada konsentrasi >3,5% destruksi mikroba lebih cepat. Kandungan gula pada substrat juga destruktif, tapi tergantung jenis mikroba.

2.4.5 Ukuran dan Bentuk Wadah

Wadah atau kaleng yang kecil, mempunyai luas permukaan (*surface area*) per volume lebih besar, dibandingkan dengan wadah yang besar. Penetrasi panas lebih cepat pada wadah yang kecil, karena panas akan penetrasi ke dalam isi wadah melalui permukaan wadah, sehingga panas mencapai *the slowest heating point* lebih cepat. Bentuk wadah juga memengaruhi, dimana dengan volume yang sama, bentuk wadah yang bulat panjang lebih besar luas permukaannya sehingga makin cepat penetrasi panas (Gambar 2.1).



Gambar 2.1. Bentuk Wadah dan Kecepatan Penetrasi Panas

2.4.6 Temperatur Makanan dan Temperatur Retort

Makin tinggi temperatur produk, makin cepat makanan mencapai temperatur yang sesuai temperatur retort. Hal ini merupakan salah satu fungsi dari *precooking*, dan *blanching* (pada pengalengan buah dan sayur-sayuran), selain fungsi yang lain, seperti memadatkan jaringan produk yang akan dikalengkan, mengeluarkan oksigen dari jaringan, mengurangi kandungan awal mikroba, dan menginaktifkan enzim.

2.4.7 Isi dan Wadah

Apabila isi kurang menyebabkan *head space* besar dari yang ditentukan, dan dapat menyebabkan oksigen tertinggal dalam kaleng lebih banyak, akibatnya dapat terjadi pembusukkan, pengkaratan (*corrosion*) dan vitamin C menurun. Sebaliknya, apabila isi (produk) terlalu banyak, tekanan selama *processing* akan tinggi dan lipatan rangkap kaleng dapat rusak, apalagi pada kaleng yang lipatan rangkapnya tidak memenuhi standar, misalnya % *overlap* kurang dari 45%, *body hook butting* (BHB) kurang dari 70%, dan lain-lain. (dapat dilihat pada Bab IX).

Soal untuk Diskusi

- a. Jelaskan kenapa kita perlu mempelajari fase-fase pertumbuhan bakteri, dalam hubungannya dengan ketahanan bakteri terhadap panas!
- b. Jelaskan status fase pertumbuhan yang mana yang paling berbahaya apabila terkontaminasi pada makanan!
- c. Jelaskan hubungan antara pH makanan dengan kekuatan pemanasan.
- d. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi kekuatan pemanasan dan yang mana diantara faktor-faktor tersebut yang paling dominan? Jelaskan.
- e. Apa yang dimaksud dengan sterilisasi komersial? Jelaskan tentang ketahanan panas dari endospora.

Daftar Pustaka

Arnoldi, A. 2001. Thermal Processing and Food Quality: Analysis and Control. in: *Thermal Technologies in Food Processing*. (Richardson, P. Ed.). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.

- Dien H.A., S. Berhimpon, dan A. Agustine. 2017. *Sanitasi dan Hygiene Hasil Laut*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. ISBN: 987-602-60359-5-0.
- Esmond, S.P. 2001. Continuous Heat Processing. In: *Thermal Technologies in Food Processing*. (Richardson, Ed). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Holdsworth, D. and R. Simpson. 2007. *Thermal Processing of Packaged Foods*. Pullman: Springer.
- Kelly, A.L, N. Datta, and H.C. Deeth. 2006. Thermal Processing of Dairy Products. In: *Thermal Food Processing, New Technologies and Quality Issues*. (Da-Wen Sun, Ed). Boca Raton: CRC Press.
- Knorr D., V. Heenz, and C. Lusher. 2007. Thermal Processing of Foods: Technological Aspects. In: *Thermal Processing of Food: Potential Health Benefits and Risks*. Heppenheim: Wiley-VCH Verlag-GmbH & Co. KGaA.
- Mendez I.M. and J.M.G. Abuin. 2006. Thermal Processing of Fishery Products. In: *Thermal Food Processing, New Technologies and Quality Issues*. (Da-Wen Sun, Ed). Boca Raton: CRC Press.
- Stumbo C.R. 1973. *Thermobacteriology In Food Processing*, 2nd Ed. New York: Academic Press.
- Weng, Z.J. 2006. Thermal Processing of Canned Foods. In: *Thermal Food Processing, New Technologies and Quality Issues*. (Da-Wen Sun, Ed). Boca Raton: CRC Press.

BAB

3

PROSEDUR PENGALENGAN MAKANAN

Bab III, menjelaskan prosedur pengalengan yang meliputi: pemilihan bahan baku, pelelehan, penyiangan, pemasakan pendahuluan, pembersihan, pemotongan dan pengisian, penghampaan dan penutupan kaleng, pencucian kaleng, sterilisasi, pendinginan, penyimpanan, pemberian label, dan pengepakan.

Prosedur pengalengan makanan dapat berbeda, tergantung pada jenis produk yang dikalengkan, tetapi pada dasarnya sama, yang terdiri dari persiapan bahan baku termasuk pemilihan atau seleksi bahan baku, pengisian, penghampaan dan penutupan kaleng bersama-sama secara otomatis, sterilisasi atau pasteurisasi, pendinginan, penyimpanan, labeling, serta distribusi. Secara skematik, dapat dilihat diagram pada Gambar 3.1 dan secara lebih detail dengan mengambil contoh produk ikan, dijelaskan berikut ini.

3.1. Pemilihan Bahan Baku

Pemilihan bahan baku (*Sorting Raw Material*) dilakukan untuk mendapatkan bahan baku yang homogen. Pemilihan dapat dilakukan berdasarkan: jenis ikan, ukuran ikan, dan mutu ikan terutama tingkat kesegaran ikan. Ikan hasil tangkapan dengan alat jaring, akan terdiri dari bermacam-macam jenis dan ukuran ikan, karena itu perlu dipilih terlebih dahulu, karena bahan baku untuk pengalengan ikan harus seragam baik jenis, ukuran, dan kesegaran. Hasil tangkapan dengan pancing biasanya sama jenis, tetapi masih berbeda dalam ukuran dan kesegaran. Sebagai standar kesegaran, ikan untuk pengalengan sebaiknya mutu *excellent* atau kelas satu. Menjadi standar juga adalah kandungan histamin dalam daging ikan, yang tidak boleh melebihi 20 mg%. Histamin banyak terdapat pada daging ikan *Family Scombridae* seperti ikan Tongkol, Layang (Malalugis), dan Cakalang. Kandungan histamin yang lebih dari 50 mg% dapat mengganggu kesehatan untuk orang Asia dan lebih rendah lagi untuk orang Eropah. Beberapa Negara Eropa seperti Kanada dan Jerman, merekomendasikan standar histamin 10 mg% untuk ikan yang akan dikalengkan. Histamin tahan panas, sehingga apabila bahan baku sudah mengandung histamin, maka akan tetap ada pada ikan kaleng, karena tidak inaktif oleh pemanasan.

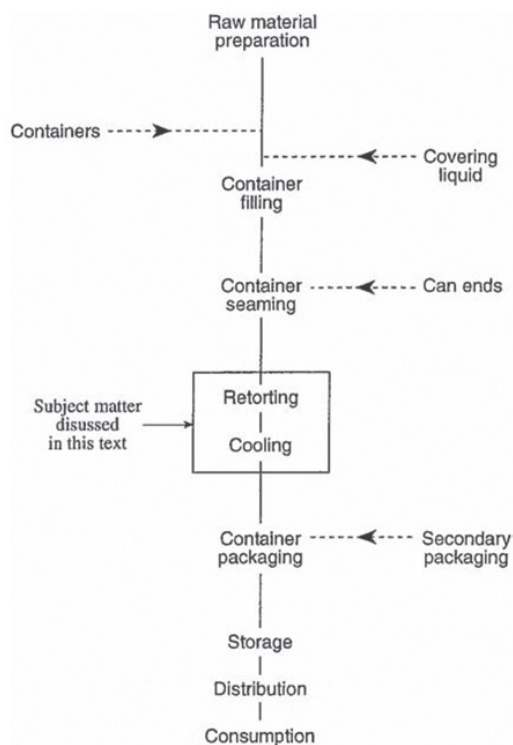
3.2. Pelelehan

Apabila bahan baku adalah ikan yang telah dibekukan, maka sebelum diproses harus lebih dahulu dilelehkan (*thawing*). Ada beberapa cara pelelehan, yaitu dibiarkan pada udara terbuka (*open air*), pada air mengalir (*running water*), dicelup pada air yang tidak mengalir (*dipping un-running water*), atau pada *cool room*. Cara yang terakhir adalah cara terbaik, karena dapat menghambat pertumbuhan mikroba selama pelelehan, tetapi membutuhkan waktu lama dan biaya mahal.

Running water adalah yang terbanyak dipakai dalam industri. Contoh pelelehan pada *running water* untuk tuna (ukuran dan lama pelelehan) sebagai berikut.

Kecil (< 5 kg) ... 2- 2,5 jam
7,5-15 kg ... 3-5 jam
Besar (>15 kg) ... 5-8 jam.

Dibandingkan dengan direndam pada air hangat yang tidak mengalir (temperatur $\pm 80^{\circ}\text{F} = 27^{\circ}\text{C}$), cakalang ukuran 2,5-5 kg selama 4 jam, sedangkan pada udara terbuka untuk tuna ukuran sedang selama 12-16 jam dan untuk ukuran besar selama 48 jam.



Gambar 3.1 Diagram Proses Pengalengan Makanan

Sumber: Holdsworth and Simpson, 2007

3.3. Penyiangan

Pencucian dan penyiangan (*dressing or butchering*) dapat dilakukan secara mekanikal maupun manual. Tuna dicuci di tangki setelah isi perut dikeluarkan. Biasanya seorang pengawas mutu memeriksa kondisi ikan terutama bau dari rongga perut. Pencucian harus dengan semprotan air yang kencang, dengan kekuatan kira-kira 50 lbs/ inch². Untuk ikan

besar, hati biasanya dipisahkan untuk dijual ke pabrik farmasi. Kepala dan ekor dipotong. Sesuai ukuran yang diinginkan.

3.4. Pemasakan Pendahuluan

Ikan atau potongan ikan yang telah disiangi, diletakkan di atas rak, 5-8 rak; 4–6 m panjang untuk pemasakan pendahuluan (*precooking*). Lama pemasakan pendahuluan tergantung pada ukuran dan kondisi ikan, dimana ikan segar lebih pendek waktunya dari pada ikan beku.

Come up time atau *lag time*, tergantung ukuran ikan:

- a. Cakalang & *Albacore* (<7,5 kg) 20 min
- b. Tuna (7,5-15 kg) 30 min
- c. Tuna (15-20 kg) 40 min
- d. Tuna (>25 kg) 60 min

Temperatur *precooking*: 100-104°C, dan waktu *precooking* bervariasi dari 1,5-9 jam. Cakalang kecil 1,5–2 jam; *bluefin* tuna yang besar sampai dengan 9 jam. Waktu *precooking* berdasarkan jenis serta ukuran Tuna dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Kegunaan dari *precooking* antara lain: mengurangi air dan memadatkan jaringan daging ikan sehingga tidak akan menyusut lagi setelah sterilisasi, mengurangi jumlah awal mikroba (*microbial load*), menginaktivkan enzim, menghilangkan gas terutama oksigen dari daging ikan, memasak ikan sehingga lebih mudah membersihkan kulit, mencabut tulang dan memotong ikan sesuai ukuran yang dikehendaki.

Tabel 3.1 Waktu *Precooking* Berdasarkan Jenis Serta Ukuran Tuna

Spesies	Berat ikan (lb=kg)	Waktu <i>Precooking</i> pd 216°F (102,2°C) (jam)
Albacore	10-14=4,5-6,4	3-3,5
	18-40=8,2-18,1	4-4,5
<i>Bluefin</i> atau <i>Yellowfin</i>	8-18=3,6-8,2	2
	18-50=8,2-22,7	3
	50-60=22,7-27,2	4
	60-200=27,2-90,7	5-9
Cakalang	5-12=2,3-5,4	2-2,5
<i>Bonito</i> & <i>Yellowtail</i>	5-12=2,3-5,4	2-2,5

Sumber: Hersom & Hulland (1980), dimodifikasi
Catatan: 1 pound (lb) = 453,6 gram.

Setelah *precooking*, ikan dibawa ke *cool room*, dan biarkan hingga daging ikan cukup dingin dan baik untuk ditangani. Apabila dikerjakan sebelum daging cukup dingin, maka daging ikan akan *crumble* dan pemisahan kulit, serta pemisahan daging merah dan kotoran lain agak sulit dan tidak sempurna. Rata-rata lama pendinginan untuk kebanyakan tuna adalah 12 jam. Untuk tuna yang besar biasanya didinginkan selama 24-36 jam dan selama waktu tersebut, tidak akan terjadi pembusukan. Rata-rata kehilangan berat pada *precooking* sebesar 25-30%. Minyak ikan tuna yang keluar waktu *precooking* dapat dipisahkan dan dijual sebagai produk sampingan (*by-product*).

3.5. Pembersihan

Pembersihan (*cleaning*) atau sering disebut juga *skinning*, dilakukan pada ruang terpisah. Kepala dipisahkan (dapat juga kepala dan ekor dipotong sebelum *precooking*); kulit dipisahkan dengan mencukur (*skinning*), tulang belakang dipisahkan bersama-sama dengan tulang rusuk. Pada setiap bagian daging, daging merah pada *V-shaped layer* sepanjang *lateral line*, dipisahkan dengan cepat. Daging yang bersih kemudian diperiksa kondisinya, sebelum dipotong sesuai ukuran yang diinginkan. Pemeriksaan termasuk, memeriksa kesempurnaan pembersihan; apakah semua daging merah sudah dikeluarkan; dan tidak adanya daging yang tidak baik untuk pengalengan, seperti: adanya *discolouration*, *honey combing* atau sudah busuk.

3.6. Pemotongan dan Pengisian

Setelah daging ikan bersih, dilanjutkan dengan serangkaian perlakuan yang dimulai dari pemotongan daging (*cutting*), penggolongan ukuran (*grading*) serta pengisian daging ke dalam kaleng (*filling*).

Cutting, biasanya dilakukan dengan *automatic cutter*.

- Untuk kaleng tuna $\frac{1}{4}$ lb, ukuran potongan daging harus kira-kira $\frac{7}{8}$ inches (2,22 cm) lebar;
- Untuk kaleng tuna $\frac{1}{2}$ lb, ukuran potongan daging harus 1-1 $\frac{1}{8}$ inches (2,54-2,86 cm) lebar; dan
- Untuk kaleng tuna 1 lb, ukuran potongan daging harus 1 $\frac{9}{16}$ inches (3,02 cm) lebar.

Grading, biasanya terdiri dari tiga grades:

- *Fancy*: potongan besar dari daging, tidak ada potongan kecil.
- *Standard*: tiga potong daging besar diisi dalam kaleng ditambah potongan kecil untuk mencukupkan berat bersih. Biasanya untuk standar tuna 25% flakes tapi beberapa perusahaan menetapkan tidak lebih dari 15%.
- *Flakes* atau *Salad*: seluruhnya potongan kecil daging ikan.

Filling, dapat dilakukan secara manual atau otomatis. Secara otomatis, biasanya kaleng bergerak mengikuti *conveyor* dengan kecepatan yang diatur, dan di atas *conveyor* sudah ada selang dari mana medium (*oil* atau *brine*, atau lainnya) mengalir dan mengisi kaleng dengan volume dan kecepatan yang sudah diatur secara otomatis.

Ukuran kaleng yang dipakai tergantung ukuran berat daging ikan. Beberapa contoh untuk daging tuna adalah sebagai berikut.

Daging tuna 200 g diisi pada kaleng 307 x 113, daging tuna 100 g pada kaleng 201 x 109 dan daging tuna 450-500 g pada kaleng 401 x 201. Sebagai catatan: ukuran kaleng 307 x 113 artinya diameter kaleng = 3,7/16 inci dan tinggi kaleng = 1,13/16 inci. Kebanyakan pengemas memakai *plain can*. Masalah yang dialami adalah *sulfide discoloration*. Pada waktu pengisian, suatu hal yang perlu diperhatikan adalah *head space*, dimana harus menyisakan *head space* sebesar 3/8 inci (0,95 cm). Setelah proses, *head space* yang ada harus $\geq 3/16$ inci (0,42 cm). Setelah daging diisi, dimasukkan medium brine (air garam) atau oil (minyak), sampai batas *head space*. Minyak yang dipakai biasanya minyak nabati antara lain: *cotton oil* atau *olive oil* dan ditambahkan dalam keadaan panas, temperatur 180-200°F (82-93°C).

Pengisian dalam berat, tergantung juga pada kandungan air daging ikan:

- Kaleng tuna $\frac{1}{4}$ lb (113.4 g) = $3\frac{1}{2}$ ounces (99.2 g)
- Kaleng tuna $\frac{1}{2}$ lb (226.8 g) = $5\frac{1}{2}$ - $5\frac{3}{4}$ ounces (155.0-163.0 g)
- Kaleng tuna 1 lb (453.6 g) = 11 - $11\frac{1}{2}$ ounces (311.85-326.0 g)
- Kaleng tuna 4 lb (1,814.4 g) = 46 ounces (1,304.1 g)

Sumber: Hersom & Hulland (1980), dimodifikasi

Perkiraan jumlah garam (untuk medium) per kaleng:

- Kaleng tuna $\frac{1}{4}$ lb (113.4 g) = $\frac{1}{14}$ ounces (2.0 g)
- Kaleng tuna $\frac{1}{2}$ lb (226.8 g) = $\frac{1}{7}$ - $\frac{3}{14}$ ounces (4.0-6.0 g)

- Kaleng tuna 1 lb (453.6 g) = $\frac{9}{14}$ ounces (18.2 g)
- Kaleng tuna 4 lb (1,814.4 g) = $\frac{6}{7}$ ounces (24.3 g)

Sumber: Hersom & Hulland (1980), dimodifikasi

3.7. Penghampaan dan Penutupan Kaleng

Penghampaan kaleng dilakukan secara bersamaan dengan penutupan kaleng (*exhausting and seaming*), dengan menggunakan *vacuum closing machine* dengan kecepatan ratusan sampai ribuan lebih kaleng per jam, tergantung pada tipe mesinnya. Penghampaan sangat penting artinya karena berfungsi antara lain: mengeluarkan semua udara terutama oksigen yang ada dalam kaleng sehingga tercipta kondisi anaerob dan mikroba aerob tidak dapat tumbuh; menjaga kaleng tidak cembung setelah sterilisasi, karena selama sterilisasi makanan dan medium akan mengembang dan apabila tidak ada rongga vakum (*head space*), maka makanan tersebut akan menekan keluar penutup kaleng dan penutup kaleng akan menjadi cembung. Kaleng cembung merupakan salah satu indikasi dari kaleng yang rusak, yaitu apabila bakteri dalam kaleng masih hidup dan mengeluarkan gas. Selain itu, kaleng yang cembung tidak stabil apabila disusun pada waktu pengepakan kaleng.

3.8. Pencucian Kaleng

Pencucian kaleng (*washing*) dilakukan sebelum kaleng dimasukkan dalam *retort* untuk sterilisasi. Tujuan pencucian adalah untuk menghilangkan makanan atau medium yang terciprat pada penutup atau badan kaleng bagian luar. Apabila tidak dicuci akan menyebabkan korosi, selain memengaruhi penampakan. Pencucian dapat dilakukan dengan larutan alkalin panas (*hot alkaline*) seperti tri-sodium phosphate, atau dengan air panas.

3.9. Proses Sterilisasi

Setelah kaleng dibersihkan, selanjutnya dimasukkan dalam *retort* untuk sterilisasi (*retorting*). *Retort* umumnya mempunyai t cut selama 1-10 menit, tergantung pada jenis dan tipe *retort*. Waktu proses (*official processing time*) dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Waktu Sterilisasi (Menit) pada 230°, 240°, dan 250°F

Nama dagang kaleng	Ukuran kaleng	Temperatur awal	230°F (110°C)	240°F (115,6°C)	250°F (121,1°C)
¼ lb tuna	211 x 109	70°F (21,1°C)	120	65	40
½ lb tuna	307 x 113	70°F (21,1°C)	140	75	55
1 lb tuna	401 x 206	70°F (21,1°C)	170	95	80
4 lb tuna	603 x 408	70°F (21,1°C)	320	230	190

Sumber: Herson and Hulland, 1980, dimodifikasi

Ada tiga alternatif temperatur yang ditetapkan, yaitu 110°C, 115,5°C, dan 121,1°C. Walaupun ekuivalen proses pada 230°F diizinkan, tapi hampir tidak ada pabrik pengalengan makanan komersial yang memproses makanan berasam rendah pada 230°F. Kebanyakan pabrik pengalengan di negara sub-tropis memproses pada 240°F karena ditambah faktor keamanan (*safety factor*) dan proses dengan waktu yang lebih singkat pada 250°F dilakukan hanya oleh beberapa pabrik. Untuk daerah tropis, karena faktor keamanan, umumnya memproses pada 250°F (121,1°C).

3.10. Pendinginan

Pendinginan (*cooling*) dilakukan segera setelah sterilisasi selesai, dimana uap panas yang masuk ke dalam *retort* dihentikan, dan air dingin (temperatur ~10°C) disemprot ke kaleng dengan tetap mempertahankan tekanan dalam *retort*. Pendinginan dilakukan selama 15-30 menit, sampai temperatur kaleng mencapai sekitar 35°C agar sisa-sisa air pada kaleng cepat menguap dan kaleng terhindar dari pengkaratan. Selesai pendinginan, kaleng disimpan menunggu pelabelan dan pengepakan. Tujuan dari pendinginan, yaitu mencegah terjadi gosong karena kelebihan pemanasan (*over cooking*) dan mencegah terjadi germinasi dan tumbuh dari spora-spora bakteri yang termofil, yang masih hidup atau mungkin hanya mengalami luka (*injure*). Bakteri termofil yang dalam keadaan luka, tidak ada kesempatan untuk tumbuh lagi karena temperatur diturunkan secara drastis dari 115°C atau 121,1°C menjadi sekitar 35°C hanya dalam waktu singkat.

Air pendingin harus memenuhi standar air minum, karena pada waktu pendinginan dimulai, kaleng dalam keadaan memuai sehingga ada kemungkinan lipatan rangkap kaleng terbuka sehingga air pendingin yang disemprot dapat masuk ke dalam kaleng. Apabila ini terjadi, dan

air pendingin mengandung bakteri atau spora bakteri, maka akan memungkinkan terjadi kerusakan kaleng oleh bakteri tersebut.

3.11. Penyimpanan dan Pemberian Label

Setelah dingin, kaleng yang telah disterilkan dikeluarkan dari *retort* dan harus disimpan (*storage*) untuk paling kurang 3 bulan, tetapi dalam praktiknya hanya sampai ada pembeli. Tujuan dari penyimpanan yaitu melihat kalau ada kaleng yang mengalami kerusakan, misalnya cembung, berkarat, dan lain-lain.

Pelabelan kaleng (*labeling*) makanan dewasa ini dilakukan dengan mesin secara otomatis. Label adalah setiap keterangan mengenai pangan yang berbentuk gambar, tulisan atau kombinasi keduanya atau bentuk lain yang disertakan pada pangan, dimasukkan ke dalam atau ditempelkan pada atau merupakan bagian kemasan. Label umumnya berisi informasi seperti: nama atau merek produk, perusahaan yang memproduksi, bahan baku, bahan tambahan, komposisi, informasi gizi, tanggal kedaluwarsa, isi produk dan keterangan legalitas, termasuk juga keterangan halal. Ketentuan mengenai label pada produk pangan diatur dalam UU No. 7 Tahun 1996 tentang Pangan.

3.12. Pengepakan

Pengepakan (*packaging*) dilakukan setelah kaleng diberi label. Pengepakan mengikuti standar yang berlaku secara internasional, yaitu kaleng 1 lb dikemas dalam karton 48 kaleng/karton, kaleng $\frac{1}{2}$ lb dalam karton 48 kaleng/karton, kaleng $\frac{1}{4}$ lb dalam karton 48 kaleng/karton, tetapi banyak juga dikemas dalam karton 100 kaleng/karton atau yang sesuai untuk pasar lokal; dan kaleng 4 lb, dikemas dalam karton 12 kaleng/karton.

Soal untuk Diskusi

1. Jelaskan tahap-tahap yang harus dilalui pada pengalengan ikan. Penjelasan termasuk spesifikasi dari setiap tahap!
2. Kenapa histamin pada bahan baku perlu diperhatikan dalam pengalengan ikan? Jelaskan beberapa cara untuk mencegah pembentukan histamine pada bahan baku!
3. Jelaskan fungsi dari precooking, dan fungsi dari exhausting!

4. Tahap mana dalam pengalengan ikan yang termasuk titik kritis (*critical control point* = CCP) yang perlu diawasi?
5. Pendinginan (*cooling*) penting dilakukan dengan baik. Jelaskan fungsi pendinginan dan kemungkinan kesalahan teknis selama pendinginan yang dapat menyebabkan kerusakan!

Daftar Pustaka

- Hersom, A.C., E.D. Hulland. 1980. *Canned Foods: An Introduction to Their Microbiology*. 7th Ed. Edinburgh: J & A Churchill.
- Holdsworth, D. and R. Simpson. 2007. *Thermal Processing of Packaged Foods*. Pullman: Springer.
- Lopez, A. 1981. *A Complete Course In Canning*, 11th Ed. USA: The Canning Trade, Baltimore.
- Mendez I.M. and J.M.G. Abuin. 2006. Thermal Processing of Fishery Products. In: *Thermal Food Processing, New Technologies and Quality Issues*. (Da-Wen Sun, Ed). Boca Raton: CRC Press.
- Richardson, P. (Ed.). 2001. *Thermal Technologies In Food Processing*. Cambridge: Woodhead Publishing.
- Richardson, P. (Ed.). 2004. *Improving The Thermal Processing of Foods*. Cambridge: Woodhead Publishing.
- Stumbo, C. R. 1973. *Thermobacteriologi In Food Processing*. 2nd Ed. New York: Academic Press.
- Weng, Z. J. 2006. Thermal Processing of Canned Foods. In: *Thermal Food Processing, New Technologies And Quality Issues* (Da-Wen Sun, Ed). Boca Raton: CRC Press.

BAB

4

KINETIKA KEMATIAN BAKTERI, NILAI D, DAN Z BAKTERI

Bab IV, menjelaskan kinetika kematian bakteri yang mengikuti hukum reaksi orde satu (first order reaction), menentukan nilai D dan nilai Z dengan menggunakan kertas semi-log, menurunkan rumus-rumus untuk menghitung nilai D dan Z, hubungan nilai D dan Z serta formula untuk menghitung proses apabila D dan Z bakteri diketahui, equilibrium lethality, dan nilai Q10

Berhasilnya suatu proses pemanasan terhadap makanan kaleng, membutuhkan panas yang cukup untuk membunuh mikroba yang dapat menyebabkan keracunan makanan maupun menyebabkan kerusakan makanan. Untuk tujuan tersebut, perlu diketahui bagaimana resistensi mikroba terhadap panas, agar diperoleh temperatur dan waktu pemanasan yang cukup. Pada pengalengan makanan, hubungan antara waktu dan temperatur dikenal sebagai proses pemanasan (*retorting*), termasuk di dalamnya pasteurisasi maupun sterilisasi.

Panas yang diberikan selama proses, tidak hanya menginaktifkan mikroba, tetapi juga menyebabkan makanan menjadi masak dengan tekstur yang dapat diterima oleh konsumen dan juga menyebabkan enzim yang ada pada makanan menjadi inaktif. Di samping itu, panas yang diberikan dapat juga merusak nutrien, warna, dan atribut kualitas yang lainnya. Karena itu perlu perhitungan yang teliti agar pemanasan tidak berlebihan (*excessive processing*) dan juga tidak kekurangan (*under processing*), perhitungan tersebut dikenal sebagai *optimization process*.

Struktur, komposisi kimia dan aktivitas bakteri sudah secara ekstensif diteliti dan apabila pembaca menginginkannya secara komprehensif, dapat mencarinya pada buku-buku mikrobiologi lanjut (*advanced microbiology*). Perlakuan yang lebih spesifik banyak diberikan pada buku-buku tentang pengalengan, seperti: Ball dan Olson 1957, Stumbo 1973 dan Herson dan Hulland 1980. Pada pengalengan makanan yang paling diperhatikan adalah bakteri, yaitu organisme *unicellular* yang ukurannya kurang dari $3\mu\text{m}$, dapat berbentuk *spherical (cocci)*, silinder (*rods*) atau helical; dan dapat memperbanyak sel secara membelah dua (*binary fission*).

Bakteri dibagi ke dalam dua *family* dan genera. Anggota dari genera dapat dibagi dalam spesies. Dua dari sekian banyak genera yang penting adalah *Bacillus* dan *Clostridium*, dimana kedua spesies tersebut dapat membentuk endo-spora, yang lebih umum disebut spora. Spora dapat hidup dengan hanya sedikit atau tanpa makanan untuk metabolisme dan sangat tahan terhadap perlakuan kimiawi dan fisikawi dan dapat dengan cepat keluar dari keadaan dorman melalui aktivasi dan germinasi dalam keadaan anaerob. Contoh bakteri pembentuk spora adalah *Clostridium Botulinum*, yang dapat memproduksi racun mematikan disebut *botulin*. Racun *botulin* yang sudah dimurnikan dapat inaktif dengan pemanasan pada 80°C selama 10 menit. Walaupun demikian, adanya makanan

sebagai substrat bakteri, akan dapat mempengaruhi ketahanan panas dari racun *botulin*. Ketahanan panas dari beberapa bakteri yang resisten terhadap panas, dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Ketahanan Panas Beberapa Bakteri Tahan Panas

Organisme	Waktu dan Temperatur Untuk Inaktif
Sel vegetatif (<i>Vegetative cells</i>)	10 menit pada 80°C
Ragi (<i>yeast</i>) ascospores	5 menit pada 60°C
Kapang (<i>Fungi</i>)	30–60 menit pada 88°C
Organisme Thermofilik	
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	4 menit pada 121.1°C
<i>Clostridium thermosaccharolyticum</i>	3–4 menit pada 121.1°C
Mesophilic organisms	
<i>Clostridium botulinum</i> spores	3 menit pada 121.1°C
<i>Clostridium botulinum</i> toxins Types A & B	0.1–1 menit pada 121.1°C
<i>Clostridium sporogenes</i>	1.5 menit pada 121.1°C
<i>Bacillus subtilis</i>	0.6 menit pada 121.1°C

Sumber: Holdsworth and Simpson 2007

Di atas sudah dijelaskan bahwa bakteri dapat berada dalam dua keadaan, yaitu dalam bentuk sel vegetatif dan dalam bentuk spora. Tidak semua bakteri dapat membentuk spora, dan kebanyakan bakteri tidak membentuk spora. Ada beberapa teori kematian bakteri oleh panas, antara lain teori *dipicolinic acid* (DPA) dan teori kematian karena denaturasi gen. Kematian bakteri mengikuti *first order reaction*, dimana apabila suatu reaktan (bakteri, enzim, vitamin, dan lain-lain), konsentrasinya = N, diberi panas, maka konsentrasi reaktan setelah waktu t, berbanding lurus dengan suatu konstanta dikali konsentrasi.

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

apabila diuraikan, maka akan diperoleh:

$$\frac{dN}{dt} = -kN \qquad \frac{dN}{N} = -kdt$$

$$\int \frac{dN}{N} = \int -kdt$$

$$\int \frac{1}{N} \cdot dN = -k \int dt \dots \text{ dan selanjutnya apabila di-lon, akan menjadi:}$$

$$\ln N - \ln N_0 = -kt$$

$$\ln \frac{N}{N_0} = -kt \dots\dots\dots(1)$$

$$\frac{N}{N_0} = e^{-kt}$$

$$N = N_0 \cdot e^{-kt} \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{N}{N_0} = e^{-kt} \text{ dan bila di lonkan } = \ln \frac{N}{N_0} = -kt$$

Apabila dikonversi ke logaritma dimana $\ln x = 2,303 \log x$, maka:

$$2,303 \log \frac{N}{N_0} = -kt \text{ atau sama dengan:}$$

$$\log \frac{N}{N_0} = \frac{-kt}{2,303} \text{ atau:}$$

$$\frac{N}{N_0} = 10^{\frac{-kt}{2,303}}$$

atau

$$N = N_0 \cdot 10^{\frac{-kt}{2,303}} \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{Kita kembali pada rumus: } \log \frac{N}{N_0} = \frac{-kt}{2,303}$$

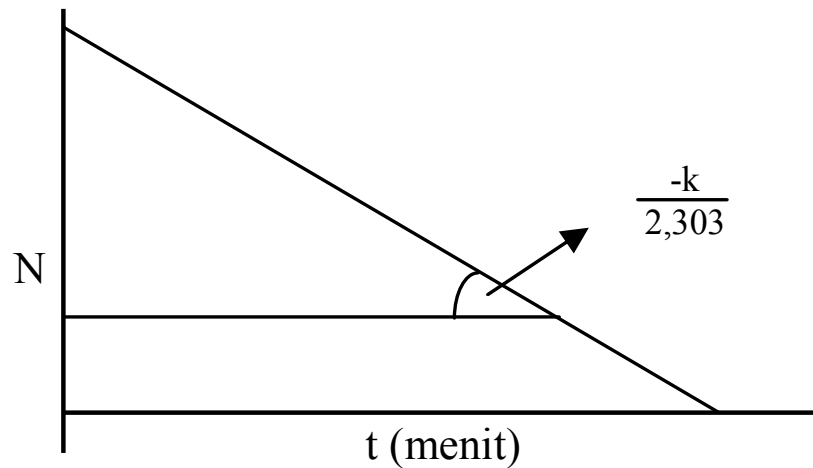
$$\text{Log } N - \text{Log } N_0 = \frac{-kt}{2,303}, \text{ atau:}$$

$$\text{Log } N = -\frac{kt}{2,303} + \text{Log } N_0 \dots\dots\dots(4)$$

$$Y = ax + b$$

adalah suatu persamaan linear: $y = ax + b$.

Untuk lebih jelas, dapat dilihat pada Gambar 4.1

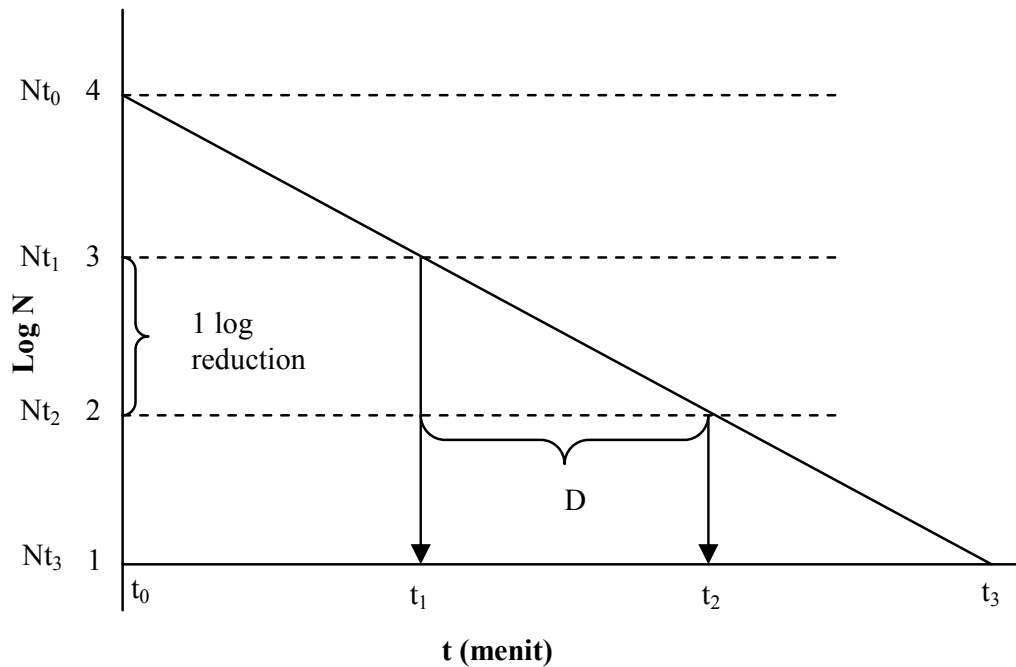


Gambar 4.1 Kurva Linier Kematian Bakteri

4.1. Nilai D Bakteri

Misalnya kita melakukan suatu percobaan, dimana kita membiakkan sejumlah sel bakteri tertentu pada beberapa tabung reaksi atau pada wadah percobaan lain, dimana jumlah awal adalah sama = Nt_0 , kemudian tabung-tabung yang berisi bakteri tersebut dipanaskan misalnya pada *water bath* dengan temperatur tertentu yang konstan dan setelah waktu-waktu tertentu (t_1, t_2, \dots, t_n) tabung diambil dan bakteri dibiakkan pada media, kemudian dihitung jumlah bakteri yang masih hidup, yang jumlahnya sama dengan Nt (Nt_1, Nt_2, \dots, Nt_n), kemudian kita plot nilai N pada sumbu y dan nilai t pada sumbu x pada kertas semi-log, seperti pada Gambar 4.2 dan pada Lampiran 1, maka waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan nilai N sebanyak satu *log cycle*, adalah = nilai D . Dengan perkataan lain, **nilai D** adalah jumlah waktu pada suatu temperatur tertentu untuk membunuh populasi bakteri sebanyak satu *log cycle*, atau sebanyak 90%. Nilai D juga dikenal sebagai laju kematian konstan atau konstanta laju kematian atau *thermal reduction time*.

Kematian dari populasi mikroba tidak terjadi sekaligus, tetapi melalui tahap logaritmis. Mengacu pada Gambar 4.2, pada temperatur pemanasan 250°F, setiap menit jumlah spora berkurang 10 kali. Kisaran 10 kali dalam jumlah spora tersebut disebut dengan istilah logaritmis. Suatu perubahan 10 kali dari jumlah awal sama dengan peubah satu *log cycle*, dapat dilihat pada Tabel 4.2



Gambar 4.2 Kurva Kematian Bakteri

Tabel 4.2 Derajat Kerusakan atau Kematian Populasi Bakteri oleh Panas pada Suhu 250°F (121,1°C)

Waktu (Menit)	Jumlah yang Masih Hidup	Jumlah yang Mati	Jumlah Total yang Mati	Jumlah Persen Total yang Mati
0	1×10^6	0	0	0
1	1×10^5	9×10^5	9×10^5	90
2	1×10^4	9×10^4	$9,9 \times 10^4$	99
3	1×10^3	9×10^3	$99,9 \times 10^3$	99.9
4	1×10^2	9×10^2	$999,9 \times 10^2$	99.99
5	1×10^1	9×10^1	$9999,9 \times 10^1$	99.999
6	1×10^0	9×10^0	$99999,9 \times 10^0$	99.9999

Pada Tabel 4.2, dapat dilihat bahwa selama pemanasan 6 menit pada temperatur konstan, misalnya 250°F, jumlah spora yang masih hidup berubah dari sejuta pada 0 menit menjadi 1 spora setelah 6 menit, atau mengalami penurunan sebanyak 6 *log cycle*, dapat dilihat juga pada gambar di Lampiran 1. Selama satu menit pertama, terjadi kematian spora sebanyak 9×10^5 atau sebanyak 90% dari seluruh jumlah spora awal, atau dengan perkataan lain dari 10^6 spora menjadi 10^5 . Selama satu menit berikutnya 90% dari spora yang masih hidup tersebut mengalami kematian yaitu sebanyak 9×10^4 spora, atau dari 10^5 menjadi 10^4 . Jadi, jumlah persen spora yang mati per satu menit adalah 90% dan jumlah spora yang mati berubah secara logaritmis. Dengan

kata lain, laju kematian spora berlangsung secara tetap dan berkurang secara logaritmis.

Jadi, harga D sangat bergantung pada temperatur yang digunakan dalam proses tersebut. Pada suhu standar (250°F), nilai D disebut D *reference* atau dengan notasi D_r, sedangkan pada suhu lainnya nilai D dengan notasi D_t. Pada Tabel 4.3, nilai D_r dibuat ideal = 1 menit dan pada Lampiran 1 dibuat = 5 menit, agar lebih mudah memahami, tetapi pada kenyataannya setiap mikroba mempunyai harga D yang tidak seragam, seperti terlihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Kisaran Nilai D Spora Bakteri yang Biasanya Terdapat dalam Makanan Kaleng

Jenis Mikroba	Nilai D ₂₅₀ ^{°F} (menit)
<i>Flat sour</i> /termofilik	4.0-5.0
Termofilik anaerob	3.0-4.0
<i>Stinkers sulfide</i>	2.0-3.0
P.A. (putrefactive Anaerob)	0.1-1.5
<i>Clostridium botulinum</i>	0.1-0.2

Sumber: Stumbo, 1973

Dari data tersebut terlihat bahwa *C. botulinum* mempunyai nilai D yang lebih rendah dari spora bakteri lainnya. Dengan demikian, apabila proses sterilisasi ditujukan untuk membunuh suatu spora mikroba yang lebih tahan panas dari *Cl. botulinum*, maka otomatis akan membunuh *C. botulinum* juga.

Kembali pada persamaan no (4), dimana:

$$\text{Log } N = -\frac{kt}{2,303} + \text{Log } N_0$$

Apabila persamaan tersebut diuraikan, untuk dua waktu yang berbeda, maka:

$$\text{untuk } t_1 \text{-----} > \text{Log } N_1 = \frac{-k}{2,303} (t_1) + \text{log } N_0$$

$$\text{untuk } t_2 \text{-----} > \text{Log } N_2 = \frac{-k}{2,303} (t_2) + \text{log } N_0$$

Apabila dikurangi:

$$t_1 - t_2 = \text{log}N_1 - \text{log}N_2 = \frac{-k}{2,303} (t_1) + \frac{k}{2,303} (t_2)$$

$$\text{atau: } \text{log}N_1 - \text{log}N_2 = \frac{k}{2,303} (t_2) - \frac{k}{2,303} (t_1); \text{ atau:}$$

$$\log N_1 - \log N_2 = \frac{k}{2,303} (t_2 - t_1) \dots \dots \dots (5)$$

Apabila asumsi bahwa $t_2 - t_1 = D$, maka $\log N_1 - \log N_2$ harus = 1, karena harus satu *log cycle*.

Apabila asumsi tersebut kita gunakan pada rumus (5), maka akan diperoleh:

$$1 = \frac{k}{2,303} (D) \text{ atau } D = 2,303/k \dots \dots \dots (6)$$

$$\text{atau } k = \frac{2,303}{D} \dots \dots \dots (7)$$

Apabila rumus (7) $k = \frac{2,303}{D}$ kita substitusi ke rumus (3):

$$N = N_0 \cdot 10^{-kt/2,303} \text{ maka kita peroleh:}$$

$$N = N_0 \cdot 10^{-2,303/D \times t/2,303} \text{ atau } N = N_0 \cdot 10^{-t/D}$$

$$\frac{N}{N_0} = 10^{-t/D} \dots \dots \dots (8)$$

$$\text{Log } \frac{N}{N_0} = -\frac{t}{D} \text{ atau } t = -D (\log N - \log N_0)$$

Selanjutnya, diperoleh rumus baru yang banyak digunakan untuk menghitung waktu pemanasan apabila kita mengetahui jumlah mikroba awal (N_0), nilai D, dan jumlah mikroba yang kita harapkan pada akhir pemanasan (N_1).

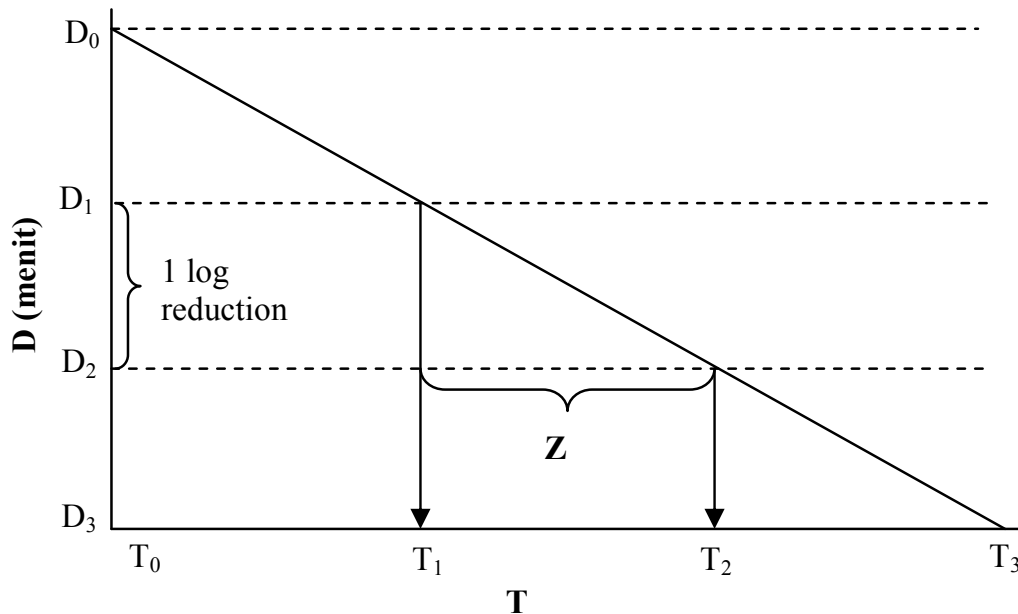
$$t = D (\text{Log } N_0 - \text{Log } N) \dots \dots \dots (9)$$

Tugas: Kerjakan soal 1, 2 dan 3.

4.2. Nilai Z Bakteri

Apabila kita lakukan serangkaian percobaan untuk mendapatkan nilai D suatu spesies mikroba tertentu seperti diuraikan di atas (butir 4.1.), pada temperatur yang berbeda-beda, misalnya percobaan pertama pada temperatur T_1 , yang berikut pada T_2 , T_3 , T_n , maka kita akan memperoleh nilai D_{T1} , D_{T2} , D_{T3} , D_{Tn} . Apabila kita plot nilai D pada sumbu y dan nilai T pada sumbu x pada suatu kertas semi-log, maka kita akan memperoleh kurva *thermal death time* (TDT) dan dapat menentukan Nilai Z (lihat Gambar 4.3), dimana **nilai Z** adalah temperatur yang dibutuhkan untuk mencapai perubahan nilai D sebesar satu *log cycle*. Baik nilai D maupun nilai Z hanya spesifik untuk setiap satu spesies

mikroba tertentu. Nilai **D** dan nilai **Z** merupakan dua parameter yang menunjukkan ketahanan suatu reaktan (mikroba, enzim, vitamin, dan lain-lain) terhadap panas.



Gambar 4.3 Kurva *Thermal Death Time* (TDT) Bakteri

Kisaran nilai **Z** bakteri dibandingkan dengan beberapa reaktan lain, dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Nilai **Z** Bakteri dan Beberapa Reaktan

Reaktan	Nilai Z (°C)
Spora bakteri	7-12
Sel vegetative bakteri	4-8
Vitamin	25-30
Protein	15-37
Enzim	10-50
Kualitas sensori secara keseluruhan	25-45
Tekstur dan pemasakan	17-47
Degradasi warna	17-57

Sumber: Holdsworth and Simpson, 2007

Panas mencapai pusat kaleng secara perlahan-lahan tergantung produk dan media yang dipakai. Perhitungan jumlah panas yang benar-benar diterima oleh produk, adalah dengan mengukur perambatan panas sampai pada titik yang paling lambat menerima panas (*the coldest*

heating point atau *the slowest heating point*), dan metode tersebut disebut *heat penetration test*. Makanan yang dikemas dalam wadah yang kedap hermetis seperti kaleng, akan menerima panas mulai dari bagian luar wadah. Apabila makanan adalah cairan atau mengandung cairan, maka panas akan merambat secara konveksi, sedangkan apabila makanan dalam bentuk padat seperti ikan, daging hewan potong atau makanan yang mempunyai viskositas tinggi misalnya *cream style corn*, maka panas akan merambat secara konduksi; hal ini akan dibahas lebih jelas pada Bab VI.

Ketahanan panas (nilai D dan Z) beberapa bakteri sangat penting diketahui dalam sterilisasi komersial, dan nilai D dan Z beberapa bakteri dapat dilihat pada Tabel 4.5 Faktor yang mempengaruhi ketahanan spora terhadap panas adalah:

- Spesies/galur bakteri
- Komposisi medium dan kondisi sporulasi (pH, jenis, konsentrasi karbohidrat, dan lain-lain)
- Komposisi dan sifat medium pemanasan
- Perlakuan lain sebelum pemanasan

Tabel 4.5 Ketahanan Panas Spora Bakteri di dalam Makanan Kaleng

Spora Bakteri	Ketahanan Nilai D	Panas Nilai Z
Makanan Berasam Rendah dan Sedang (pH > 4.5)		
a. Termofil (spora)	D250	
<i>Flat-sour group</i> (<i>B. stearothermophilus</i>)	4.0-5.0	14-22
<i>Gaseous spoilage group</i> (<i>C. thermosaccharolyticum</i>)		
<i>Sulfide stinkers</i> (<i>C. nigrificans</i>)	3.0-4.0	16-22
b. Mesofil (spora)	2.0-3.0	16-22
<i>Putrefactive anaerobes</i>		
<i>C. botulinum</i> (tipe A dan B)		
<i>C. sporagenes</i> group	0.1-0.2	14-18
	0.1-1.5	14-18

Makanan Asam (pH 4.0-4.5)	
a. Termofil (spora) <i>B. coagulans (facultatively mesophilic)</i>	0.01-0.07 14-18
b. Mesofil (spora) <i>B. polymyxa</i> and <i>B. macerans</i>	0.10-0.50 12-16
Butiricanaerobes (<i>C. pasteurianum</i>)	0.10-0.50 12-16
Makanan Berasam Tinggi (pH ≤ 4.0) <i>Mesophilic non-spore-bearing bacteria</i>	D150
<i>Lactobacillus</i> spp., <i>Leuconostoc</i> spp., khamir dan kapang	0.50-1.00 8-10

Sumber: Stumbo (1973)

Tugas: Kerjakan soal nomor 4 dan 5.

Soal untuk Dikerjakan

1. Populasi awal spora sebesar 10^{10} spora/wadah $D_{250} = 1,25$ menit. Berapa lama pemanasan pada suhu 250°F untuk mencapai populasi <1 spora/wadah.
2. Berapa populasi akhir jika digunakan proses 6 D (6D proses)?
3. Jumlah bakteri awal adalah sebanyak 10^7 sel/ml, Setelah dipanaskan pada temperatur 235°C , maka jumlah sel yang masih hidup adalah sebagai berikut.

t (min)	N (cell/ml)
0	10^7
15	$5,0 \times 10^5$
30	$2,5 \times 10^4$
45	$1,3 \times 10^3$

Gambarkan Kurva Kematian Bakteri pada kertas semi-log dan tentukan Nilai D pada 235°C !

4. Data berikut ini diperoleh dari 3 percobaan (ulangan):

T ($^{\circ}\text{F}$)	D (ulangan)		
	1	2	3
230	12,9	14,2	10,5
250	1,0	1,0	1,0
270	0,077	0,083	0,077
290	0,006	0,0078	0,0046

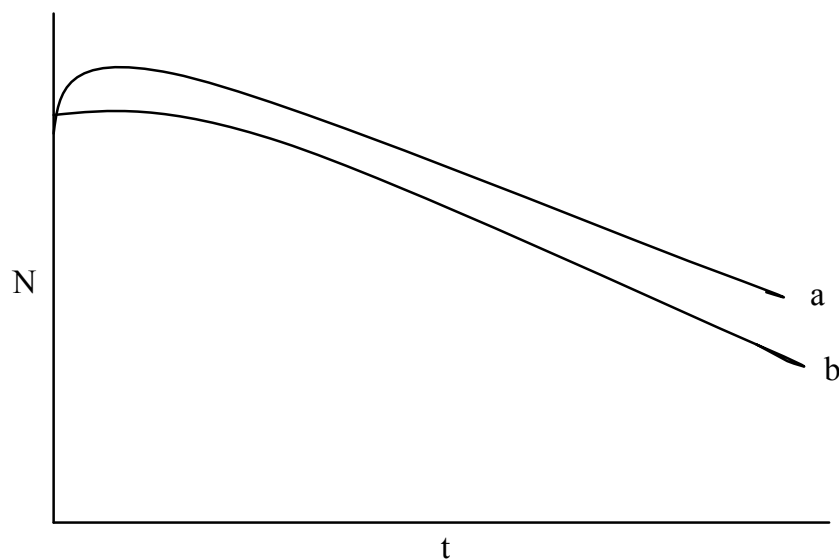
Gambarkan kurva TDT, dan tentukan berapa nilai Z

5. Untuk membunuh 90% populasi bakteri X pada temperatur 250°F, dibutuhkan waktu selama 3 menit. Nilai Z bakteri = 18°C. Gambarlah kurva kematian bakteri X tersebut, dan tentukan nilai D_{240°F}, tunjukkan pada kurva tersebut.

4.3. Hubungan Nilai D dan Z

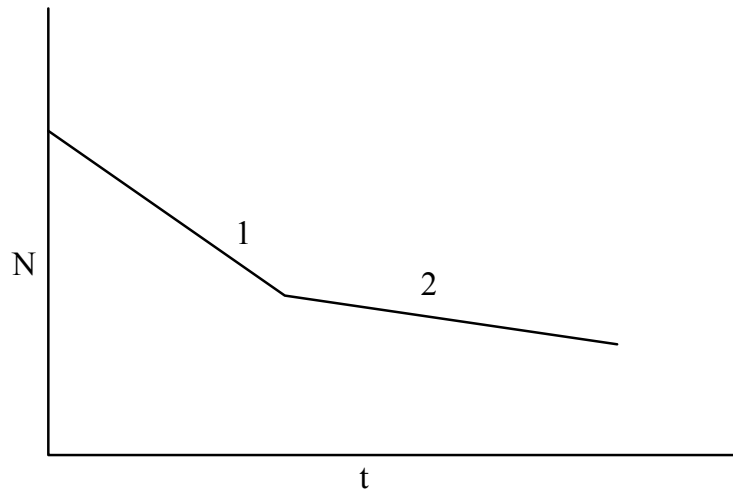
Seperti sudah disampaikan sebelumnya bahwa kematian bakteri mengikuti *first order reaction* dengan suatu kurva kematian bakteri yang linier, tetapi ada kemungkinan bahwa kurva tidak lurus. Ada beberapa faktor penyebab (Stumbo, 1973).

Kemungkinan pertama, karena adanya pemanasan, spora menjadi aktif karena panas yang diterima lebih dahulu dipakai sebagai energi aktivasi (E_a) untuk spora menjadi aktif atau disebut juga *heat activation*, sehingga pada waktu spora ditumbuhkan dalam agar, jumlahnya meningkat. Kemungkinan kurvanya seperti a) atau b) pada Gambar 4.4.



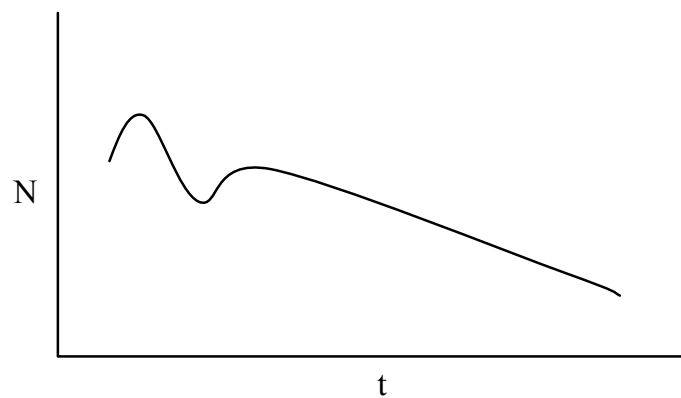
Gambar 4.4 Kurva Kematian Bakteri Karena *Heat Activation*

Kemungkinan kedua, adanya *mixed flora*, dimana apabila ada dua atau lebih mikroba dengan ketahanan panas yang berbeda, maka akan diperoleh kurva seperti pada Gambar 4.5 Pada kurva tersebut, dimana bakteri (2) lebih tahan panas dari pada bakteri (1).



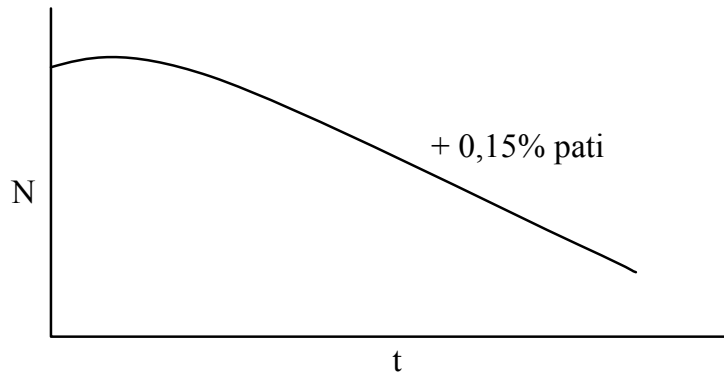
Gambar 4.5 Kurva Kematian Bakteri Karena *Mixed Flora*

Kemungkinan ketiga, apabila terdapat sel yang berlekatan (*clumped cell*), seperti ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Kurva Kematian Bakteri Karena *Clumped Cell*

Kemungkinan keempat, adalah karena pengaruh media yang dapat merubah kurva kematian bakteri. Misalnya, media yang mengandung pati, setelah pemanasan media yang tadinya dalam bentuk cair akan menjadi padat, demikian sebaliknya dengan media lemak. Kemungkinan bentuk kurva adalah seperti pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Kurva Kematian Bakteri, Karena Pengaruh Media

Kembali pada rumus kematian bakteri:

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

dimana populasi bakteri setelah waktu t, berbanding lurus dengan suatu konstanta dikali populasi bakteri, kita dapat menjelaskan hal yang sama pula bahwa:

$$\frac{dD}{dT} = -cD$$

dimana nilai D pada suatu selang temperatur, berbanding lurus dengan suatu konstanta dikali nilai D.

Dengan demikian, rumus (5) dapat diganti menjadi:

$$\log D_1 - \log D_2 = \frac{c}{2,303} (T_2 - T_1) \dots\dots\dots(10)$$

Dan apabila kita asumsikan $\log D_1 - \log D_2$ sebesar satu *log cycle*, maka $T_2 - T_1$ adalah = Z, sehingga rumus (10):

$$\log D_1 - \log D_2 = \frac{c}{2,303} (T_2 - T_1) \text{ dapat disubstitusikan menjadi:}$$

$$1 = \frac{c}{2,303} z \dots\dots\dots(11)$$

$$z = \frac{2,303}{c} \text{ atau } c = \frac{2,303}{Z} \dots\dots\dots(12)$$

Kembali pada rumus:

$$\log D_1 - \log D_2 = \frac{c}{2,303} (T_2 - T_1), \text{ apabila } c \text{ disubstitusikan dengan rumus (12).}$$

maka: $\log D_1 - \log D_2 = \frac{T_2 - T_1}{Z}$ Selanjutnya apabila kita asumsikan $D_1 = 250^\circ\text{F}$ dan $D_2 = T$, maka rumus tersebut menjadi:

$$\text{Log } D_{250} - \text{Log } D_T = \frac{T - 250}{Z} \text{ atau:}$$

$$\frac{D_{250}}{D_T} = 10^{\frac{T-250}{Z}} \text{ atau:}$$

$$D_{250} = D_T \cdot 10^{\frac{T-250}{Z}} \text{ atau:}$$

$$D_T = 10 D_{250} \cdot \frac{250 - T}{Z} \dots\dots\dots (13)$$

Contoh soal:

Suatu bakteri mempunyai nilai $Z = 16^\circ\text{F}$ dan nilai D pada temperatur $230^\circ\text{F} = 7,5$ menit, hitunglah berapa nilai D bakteri tersebut pada temperatur 200°F ?

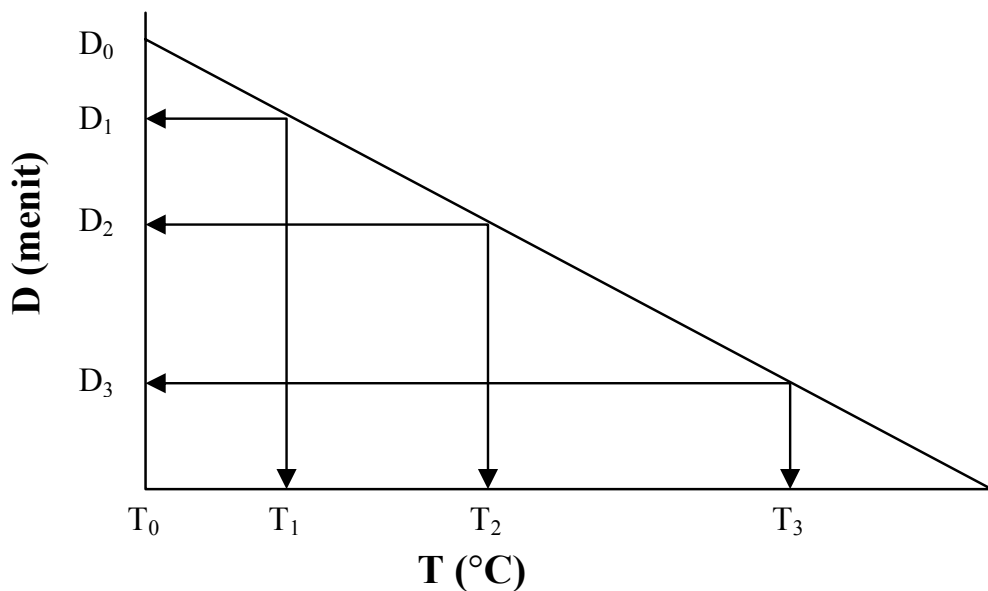
Jawaban:

$$D_{200} = 7,5 \times 10^{\frac{230-200}{16}} \dots\dots D_{200} = 7,5 \times 10^{30/16}$$

$$D_{200} = 562,42 \text{ menit}$$

Apabila kita perhatikan pada kurva TDT pada Gambar 4.8, maka untuk setiap titik yang ada pada kurva tersebut mempunyai *lethality* yang sama (*equivalent*), dimana:

$$T_1 D_1 \sim T_2 D_2 \sim T_3 D_3 \sim \dots\dots\dots \text{dst}$$



Gambar 4.8 *Lethality* pada Kurva TDT

Lethality pada $T_1 D_1$ ekuivalen dengan pada $T_2 D_2$ dan ekuivalen dengan pada $T_3 D_3$, atau pada setiap titik pada kurva TDT. Ekuivalen

waktu ini diberi notasi F, dimana F adalah ekuivalen waktu dalam menit pada suatu temperatur tertentu yang dibutuhkan untuk membunuh spora/sel mikroba tertentu.

F hanya spesifik untuk T tertentu dan mikroba tertentu, dan Fo atau Fr adalah simbol untuk F standar (*reference*).

$$F_0 = F_T^Z = F_{250}^{18}$$

$$F_T = F_{250} \cdot 10^{\frac{250-T}{Z}} \dots\dots\dots (14)$$

Contoh soal:

Apabila suatu bakteri mempunyai nilai Z = 16°F dengan nilai D pada temperatur 250°F = 6 menit, berapa waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan *lethality* yang sama pada temperatur 232°F?

Penyelesaian:

$$F_T = F_{250} \cdot 10^{\frac{250-T}{Z}} \quad F_{232} = F_{250} \cdot 10^{250-232/18}$$

$$F_{232} = 6 \times 10 = 60 \text{ menit}$$

Cara lain untuk menghitung nilai D adalah dengan menghitung Q₁₀, dimana Q₁₀ adalah perbandingan antara kecepatan reaksi mikroba/komponen pada setiap perbedaan temperatur 10°C (18°F).

$$Q_{10} = \frac{kT + 10}{kT} \rightarrow ^\circ C$$

$$k = \frac{2,303}{D}$$

$$Q_{10} = \frac{DT}{DT + 10} \rightarrow ^\circ C \quad Q_{10} = \frac{DT}{DT + 18} \rightarrow ^\circ C$$

Kembali pada rumus (13):

$$D_T = D_{250} \cdot 10^{\frac{250-T}{Z}}, \text{ maka:}$$

$$Q_{10} = \frac{DT}{DT + 18}$$

$$D_T + 18 = D_{250} \cdot 10^{\frac{250-(T+18)}{Z}}$$

$$Q_{10} = \frac{D_{250} \cdot 10^{\frac{250-T}{Z}}}{D_{250} \cdot 10^{\frac{250-(T+18)}{Z}}}$$

$$Q_{10} = \frac{10^{\frac{250-T}{Z}}}{10^{\frac{250-(T+18)}{Z}}}$$

$$Q_{10} = 10^{\frac{250-T}{Z} - \left\{ \frac{250-(T+18)}{Z} \right\}}$$

$$Q_{10} = 10^{\frac{250-T-250+T+18}{Z}}$$

$$\boxed{Q_{10} = 10^{\frac{18}{Z}} \rightarrow ^\circ F} \quad \boxed{Q_{10} = 10^{\frac{10}{Z}} \rightarrow ^\circ C} \quad \dots\dots(15)$$

Soal Tutorial atau Untuk Ujian

1. Untuk menjamin bahwa Clostridium botulinum yang masih hidup adalah kurang dari satu dari setiap satu miliar kaleng yang diproses, telah digunakan suatu proses minimum 12D. Hitunglah maksimum populasi bakteri per kaleng yang masih diizinkan!
2. Suatu bakteri pembusuk untuk suatu bahan pangan mentah mempunyai nilai $D_{240} = 3,0$ menit. Hitunglah *probability* kebusukan jika populasi per kaleng pada mulanya 20, sedangkan proses yang digunakan adalah ekuivalen dengan $F_0 = 3,0$ menit!
3. Suatu bakteri mempunyai nilai $Z = 18^\circ F$.
 - a. Berapa kali kerusakan bakteri tersebut apabila temperaturnya dinaikkan $10^\circ C$ ($18^\circ F$)?
 - b. Apabila $Q_{10} = 2$, berapa nilai Z bakteri tersebut?
4. Suatu proses didesain untuk suatu produk dengan memperhatikan baik adanya komponen yang peka terhadap panas maupun adanya bakteri pembusuk. Kerusakan komponen produk dapat diterangkan sebagai $D_{250} = 4$ menit, $Z = 30^\circ F$. Jumlah bakteri awal per unit volume adalah $3,15 \times 10^4$ dengan “*decimal reduction time*” sebagai berikut.

T ($^\circ F$)	D (menit)
230	26
240	7,2
250	2,0

Tentukan jumlah bakteri yang mungkin masih hidup setelah 4,5 menit pada 250°F. Juga tentukan nilai Z dan Q_{10} dari bakteri tersebut.

- Komponen citarasa makanan mempunyai nilai $Z=34^\circ\text{F}$. Suatu proses yang menggunakan $F_{34}=3$ menit mengakibatkan kerusakan 50% dari komponen citarasa tersebut. Berapa waktu proses pada 270°F yang juga mengakibatkan kerusakan 50% dari komponen citarasa tersebut?
- Retensi vitamin B dalam suatu produk adalah sbb ($T=250^\circ\text{F}$)

Waktu (menit)	Retensi (%)
2,6	95
7,4	90
15,0	80
47,0	50

Nilai Z vit. B = 54°F, F_0 bakteri = 15 menit

Tentukan proses (temperatur dan waktu) untuk mempertahankan vitamin B sebanyak 99%.

- Suatu percobaan ketahanan panas menghasilkan nilai-nilai D untuk mikroba pembusuk sebagai berikut

T (°F)	D (menit)
272	0,0121
267	0,0238
257	0,098
251	0,225
241	1,43

Plot kurva Arrhenius dan hitung energi aktivasi untuk destruksi panasnya.

- Hasil analisa laboratorium menunjukkan bahwa bahan baku pabrik pengalengan daging kepiting di Semarang mempunyai populasi awal spora bakteri yang paling tahan panas per kaleng sebesar 10^3 dengan nilai $D_{250} = 0,28$ menit dan $Z = 18^\circ\text{F}$. Suatu perusahaan ingin mengalengkan daging kepiting tersebut dengan probabilitas kebusukan satu kaleng dalam satu juta kaleng yang diproduksi.

Pertanyaan:

- 1) Hitunglah proses pada suhu 239° F.
- 2) Daging kepiting tersebut mengandung komponen tekstur dengan nilai $D_{250} = 5,8$ menit dan $Z = 40^{\circ}\text{F}$. Hitunglah persentase kerusakan komponen tekstur tersebut jika perusahaan tersebut memproses pada suhu 239°F.
- 3) Berapa banyak (persen) komponen tekstur yang dapat diselamatkan jika proses tersebut dilakukan pada suhu 260°F, dengan probabilitas kebusukan yang sama?

Daftar Pustaka

- Anonymous, 2007. *Fundamentals of Food Process Engineering*, 3rd Ed. Toledo: Springer.
- Arnoldi, A. 2001. Thermal Processing and Food Quality: Analysis and Control. In: *Thermal Technologies in Food Processing*. (Richardson, P. Ed.). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Brennan, J. G. 2006. *Food Processing Hand Book*. Heppenheim: Wiley-VCH Verlag-GmbH & Co. KGaA.
- Fardiaz, D. 1983. *Proses Termal dalam Pengolahan Pangan*. Training on Food Safety and Sanitation, 12-16 September 1983, Unsrat, Manado.
- Haryadi P. (Ed.). 2000. *Dasar-dasar Teori dan Praktik Proses Termal*. Bogor: Pusat Studi Pangan dan Gizi IPB.
- Haryadi P. 2008. "Canning Industry In Indonesia: Need For Safetyassurance Regulation And Quality Optimization". *Journal of Food Manufacturing Efficiency*, Vol 2(1): 45-48.
- Holdsworth, D. and R. Simpson. 2007. *Thermal Processing of Packaged Foods*. Pullman: Springer.
- Knorr D. V. Heenz, and C. Lusher. 2007. Thermal Processing of Foods: Technological Aspects. In: *Thermal Processing of Food: Potential Health Benefits and Risks*. Heppenheim: Wiley-VCH Verlag-GmbH & Co. KGaA.
- Lopez, A. 1981. *A Complete Course In Canning*. 11th Ed. USA: The Canning Trade, Baltimore.
- Mendez I. M. and J. M. G. Abuin. 2006. Thermal Processing of Fishery Products. In: *Thermal Food Processing, New Technologies and Quality Issues*. (Da-Wen Sun, Ed). Boca Raton: CRC Press.

- Reuter H. 1993. Fundamental of UHT and HTST Sterilization of Foodstuffs. In: *Aseptic Processing of Foofs*. H. Reuter (Ed.). Lacanster, Basel: Technomic Publishing Co. Inc.
- Stumbo, C. R. 1973. *Thermobacteriologi In Food Processing*. 2nd Ed. New York: Academic Press.
- Teixeira A. 2006. Thermal Processing of Canned Foods. In: *Thermal Food Processing, New Technologies and Quality Issues*. (Da-Wen Sun, Ed). Boca Raton: CRC Press.
- Weng, Z. J. 2006. Thermal Processing of Canned Foods. In: *Thermal Food Processing, New Technologies and Quality Issues*. (Da-Wen Sun, Ed). Boca Raton: CRC Press.

BAB

5

METODE EVALUASI DATA KETAHANAN PANAS MIKROBA

Bab V, menjelaskan beberapa metode untuk mengevaluasi data ketahanan panas, yaitu metode Stumbo-Murphy-Cochran (SMC), metode Schmith-Tarver (ST), dan metode Spearman-Kärber (SK).

Untuk mengevaluasi ketahanan panas mikroba, kita harus membuat percobaan pemberian panas tertentu terhadap biakan bakteri pada wadah khusus, dapat berupa tabung gelas, kaleng, dan lain-lain. Dalam percobaan, dipakai beberapa tabung percobaan dengan beberapa ulangan (r), kemudian dilihat pertumbuhan bakteri secara visual, di mana:

P = jumlah tabung yang mengandung mikroba (ada pertumbuhan mikroba)

Q = jumlah tabung yang steril.

Ada beberapa metode, yaitu Metode Stumbo-Murphy-Cochran (SMC), Metode Schmidt-Tarver (ST), dan Metode Spearman-Karber (SK).

5.1. Metode Stumbo-Murphy-Cochran

Metode Stumbo-Murphy-Cochran (SMC *method*) adalah menghitung N dengan cara *Most Probable Number* (MPN), dengan persamaan Holvorsen-Ziegler, di mana:

$$MPN = 2,303 \text{ Log } \frac{r}{q}$$

Nilai MPN yang didapatkan, kemudian dimasukkan ke dalam rumus:

$$t = D (\text{Log } N_0 - \text{Log } N)$$

$$D = \frac{t}{\text{Log } N_0 - \text{Log } N} \dots\dots\dots(16)$$

Contoh percobaan:

Jumlah bakteri awal = $3,66 \times 10^6$ spora/ml, dipanaskan pada temperatur 270°F, dengan ulangan (r) = 10. Hitunglah nilai D bakteri tersebut.

Penyelesaian:

t (menit)	p	q (dihitung)	MPN (dihitung)	D (dihitung)
30	10	0	0	-
50	6	4	0,9163	7,57
70	5	5	0,6931	10,41
90	2	8	0,2231	12,47
110	1	9	0,1054	14,59

$$\bar{D} = 11,7 \text{ menit}$$

5.2. Metode Schmidt-Tarver

Ada dua asumsi pada metode Schmidt-Tarver (*ST method*), yaitu.

1. Setiap sampel yang tidak menunjukkan pertumbuhan pada suatu waktu pemanasan tertentu, tidak akan menunjukkan pertumbuhan pada waktu yang lebih lama. Misalnya, setelah 30 menit = 0, maka pada waktu lebih lama dari 30 menit harus = 0.
2. Setiap sampel yang menunjukkan pertumbuhan pada suatu waktu pemanasan tertentu, akan menunjukkan pertumbuhan juga pada waktu yang lebih singkat.

Karena dua asumsi tersebut, sehingga dibuat rumus berikut.

$$P_t = \frac{n+1}{m+n+2} \dots\dots\dots (17)$$

Dimana:

P_t = kemungkinan fraksi sampel yang steril

m = nilai kumulatif yang menunjukkan pertumbuhan, mulai dari waktu yang paling lama

n = nilai kumulatif yang steril mulai dari waktu yang paling singkat.

Untuk contoh soal di atas, diperoleh nilai-nilai sebagai berikut.

t (menit)	P	Q	m (dihitung)	n (dihitung)	P _t (dihitung)	%P _t (dihitung)	P _q (dihitung)
30	10	0	24	0	1/26	3,84	0
50	6	4	14	4	5/20	25,00	24
70	5	5	8	9	10/19	52,63	25
90	2	8	3	17	18/22	81,82	16
110	1	9	1	26	27/29	93,10	9
	Σp=24	Σq=26					74

Kita perlu menghitung 2 parameter baru, yaitu m dan n, kemudian P_t dan %P_t.

Setelah itu kita plot %P_t terhadap t pada *Arithmetic Probability Paper*, dan dicari t₅₀.

t₅₀ adalah waktu yang diperlukan untuk yang tumbuh maupun yang steril peluangnya sama yaitu 50%.

Pada grafik di Lampiran 2, sudah dihitung $t_{50} = 69,5$

$$D = \frac{t}{\text{Log}N_0 - \text{Log} N}$$

$$D_{270} = \frac{t_{20}}{\text{Log}N_0 - \text{Log} MPN}$$

$MPN = 2,303 \text{Log} \frac{r}{q}$ untuk t_{50} , $r/q = 2$ karena $q = 50\%$ steril

$$MPN = 2,303 \times \text{Log} 2 = 0,693$$

$$\text{Log} MPN = \text{Log} 0,693 = -0,159$$

$$D_{270} = \frac{T_{50}}{\text{Log} N_0 - \text{Log} MPN} = \frac{69,5}{\text{Log} 3,66 \times 10^6 + 0,159}$$

$$= 10,4 \text{ menit}$$

5.3. Metode Spearman-Karber

Metode Spearman-Karber (SK *method*) memberikan rumus untuk menghitung t_m .

$$t_m = t_s + \frac{d}{2} - \frac{d}{r} \sum_{i=1}^{\infty} q_i \dots\dots\dots(18)$$

Di mana:

$t_m = t_{50}$ = waktu dimana $\frac{1}{2}$ dari sampel adalah steril

t_s = waktu paling lama

d = interval waktu pemanasan (syarat: harus sama)

r = jumlah sampel

$\sum q_i$ = jumlah kumulatif sampel yang tidak menunjukkan pertumbuhan (steril)

$$t_{50} = 110 + \frac{20}{2} - \frac{20}{10} \times 26 = 68 \text{ menit}$$

$$D_{270} = \frac{t_{50}}{\text{Log } N_0 - \text{Log MPN}} = \frac{68}{\text{Log } 3,66 \times 10^6 + 0,159}$$

Dengan metode Spearman-Kärber, dapat dihitung selang kepercayaan (*confident limit*),

$$95\%CL, t_{50} = 1,96\sqrt{\text{variance}}, \text{ dimana}$$

$$\text{Variance} = \frac{d^2}{r^2(r-1)} \sum_{i=1}^{\infty} P_{qi} \dots\dots\dots(19)$$

$$\begin{aligned} 95\%CL, t_{50} &= 1,96\sqrt{20/10^2(10-1)} \times 74 \\ &= 11,24 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$t_{50} = 68 \pm 11,24 = 56,76 \leq 79,24$$

Kemudian nilai D dapat dihitung dalam interval dengan 95% CL :

$$\begin{aligned} D_{270} &= \frac{t_{50}}{\text{Log } N_0 - \text{Log MNP}} = \frac{t_{50} \pm 11,24}{\text{Log } 3,66 \times 10^6 + 0,159} \\ &= \frac{68 \pm 11,24}{6,72} \end{aligned}$$

$$D_{270} = 10,12 \text{ menit, dengan interval (95\% CL) = } 1,67$$

$$D_{270} = 8,44 - 11,79 \text{ menit}$$

Soal untuk Tutorial

1. Data kebusukan untuk *Cl. sporogenes* = $2,0 \times 10^3$ spora/kaleng. Dipanaskan dalam kaldu ayam pada temperatur 250°F dalam kaleng TDT, dan waktu pemanasan telah dikoreksi terhadap “lag” pemanasan dan pendinginan. Jumlah TDT kaleng sebanyak 10, dan data yang diperoleh adalah sebagai berikut.

Waktu (menit)	Kaleng yg busuk
2,5	10
3,0	9
3,5	7
4,0	4
4,5	5
5,0	3
5,5	0

Hitung berapa D_{250} dari Cl. Sporogenes tersebut? Gunakan ketiga metode tersebut di atas (SMC, S-T, S-K).

Jawaban: SMC=1,17 menit, ST=1,22 menit, SK=1,2 menit

Daftar Pustaka

- Anonymous. 2007. *Fundamentals of Food Process Engineering*. 3rd Ed. Toledo: Springer.
- Arnoldi, A. 2001. Thermal Processing and Food Quality: Analysis and Control. In: *Thermal Technologies in Food Processing*. (Richardson, P. Edt.). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Brennan J. G. 2006. *Food Processing Hand Book*. Heppenheim: Wiley-VCH Verlag-GmbH & Co. KGaA.
- Haryadi P. (Ed.). 2000. *Dasar-dasar Teori dan Praktik Proses Termal*. Bogor: Pusat Studi Pangan dan Gizi IPB.
- Haryadi P. 2008. "Canning Industry In Indonesia: Need For Safety Assurance Regulation And Quality Optimization". *Journal of Food Manufacturing Efficiency*, Vol 2(1): 45-48.
- Holdsworth D. and R. Simpson. 2007. *Thermal Processing of Packaged Foods*. Pullman: Springer.
- Lopez A. 1981. *A Complete Course In Canning*. 11th Ed. USA: The Canning Trade, Baltimore.
- Stumbo C. R., J. R. Murphy, and J. Cochran. 1950. "Nature of Thermal Death Time Curves For P.A. 3679 and Clostridium Botulinum". *Food Technol.*
- Stumbo C. R. 1973. *Thermobacteriologi In Food Processing*. 2ndEd. New York: Academic Press.
- Teixeira A. 2006. Thermal Processing of Canned Foods. In: *Thermal Food Processing, New Technologies and Quality Issues*. (Da-Wen Sun, Ed). Boca Raton: CRC Press.

BAB

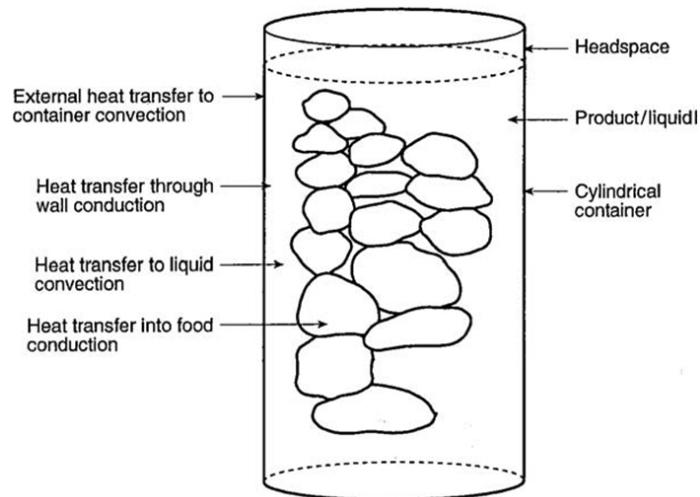
6

PENETRASI PANAS DAN METODE MENGHITUNG PENETRASI PANAS

Bab VI, menjelaskan perambatan panas pada makanan dalam kaleng, the slowest heating point, nilai F, metode umum (General Method) untuk menghitung lethality, nilai L, dan contoh soal dan penyelesaiannya.

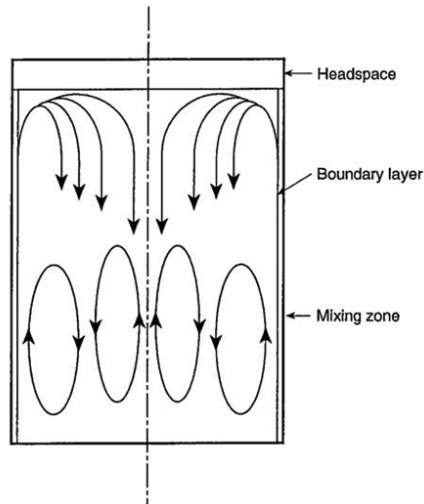
6.1. Perambatan Panas pada Makanan Kaleng

Apabila suatu makanan di dalam kaleng dipanaskan, maka panas akan merambat melalui dinding kaleng ke medium dan produk, sampai pada bagian tengah kaleng. Titik yang paling lambat menerima panas, atau titik yang paling dingin disebut *the slowest heating point* atau *the coldest point*. Gambar 6.1, menunjukkan profil transfer panas pada suatu produk kalengan.



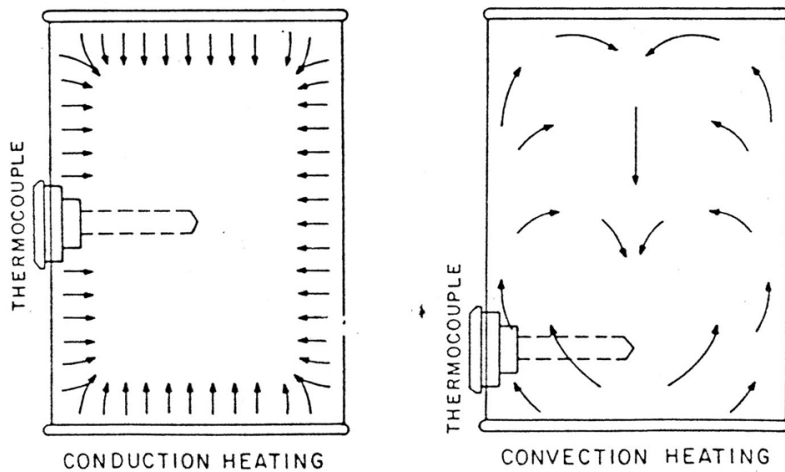
Gambar 6.1 Transfer Panas pada Makanan di dalam Wadah Silinder
(Holdsworth And Simpson, 2007)

Ada tiga cara perambatan panas, yaitu secara **konduksi** pada produk yang padat, secara **konveksi** pada produk cair, dan **radiasi** pada udara. Pada produk makanan kaleng, kebanyakan perambatan secara konveksi dan konduksi, atau kombinasi konveksi dan konduksi. Perambatan panas secara konveksi dapat dilihat pada Gambar 6.2, dimana daerah percampuran (*mixing zone*) berada pada bagian dasar kaleng, sedangkan perambatan panas secara konduksi terjadi dari arah pinggiran ke bagian tengah. Dengan demikian, *the slowest heating point* pada produk padat dan produk cair berbeda dan dapat dilihat pada Gambar 6.3. Titik yang paling lambat menerima panas pada konduksi berada pada bagian tengah kaleng, sedangkan pada konveksi berada pada kira-kira seperempat bagian dasar.



Gambar 6.2 Arus Gerak Partikel Secara Konveksi dalam Kaleng Makanan Cair

Sumber: Holdsworth and Simpson, 2007



Gambar 6.3 The Slowest Heating Point pada Transfer Panas Secara Konduksi dan Konveksi

Sumber: Lopez, 1987; Teixeira, 2006.

Evaluasi data pemanasan atau disebut juga penentuan nilai F (*determination of F value*) adalah penetapan nilai F untuk waktu proses yang diberikan, atau penentuan waktu proses yang diperlukan untuk nilai F yang diberikan. Dengan perkataan lain, F adalah nilai standar yang digunakan untuk mengukur waktu pemanasan yang setara dengan F_0 atau $F_{D=250}^{Z=18}$. Nilai F adalah jumlah waktu dalam menit pada temperatur tertentu, yang diperlukan untuk membunuh sejumlah mikroba.

Ada beberapa metode menghitung proses pemanasan, yang digolongkan ke dalam dua golongan, yaitu golongan pertama yang didasarkan pada evaluasi derajat kematian bakteri oleh panas yang diukur

pada titik yang paling lambat menerima panas (*the slowest heating point*) dan golongan kedua, didasarkan pada kematian rata-rata pada seluruh isi kaleng secara terintegrasi (Fardiaz, 1983). Golongan pertama banyak dipakai hingga dewasa ini dan dibagi dalam dua metode, yaitu **metode umum** (*general method*), diprakarsai oleh Bigelow *et. al.* tahun 1920, dengan menggunakan *linear graphic paper* (*semi-log paper*); dan **metode Formula** (*formula method*). Metode umum kemudian dikembangkan oleh Ball dengan *Improve General Method*, dengan menambahkan nilai L; “*mathematics method*” Ball *et. al.* (1923, 1928), Stumbo (1973), Hayahawa (1977); dan aplikasi komputer dalam program. Buku ini disusun dengan maksud menjadi pegangan untuk mahasiswa S₁, maka hanya dibahas sampai dengan metode umum. Metode Formula, yang dikembangkan oleh: Balls, Stumbo dan Hicks, akan ditulis pada kesempatan berikut.

Menuntut Lopez (1981), metode umum dipakai apabila kita ingin mengukur nilai sterilisasi yang tepat dari suatu proses dengan atau pada kondisi seperti: *come up time*, *filling water temperatur*, atau *holding time*, setelah proses tetapi sebelum diberi air pendingin adalah berbeda dari prosedur normal suatu *retort*. Metode ini dipakai juga untuk keadaan dimana kurva penetrasi panas tidak dapat diplotkan pada 1 atau 2 garis lurus terhadap temperatur *lethality* pada kertas semi-logaritma. Tetapi tidak dapat dipakai untuk menghitung proses apabila temperatur *retort* dan atau temperatur awal adalah berbeda dari temperatur dimana data pemanasan diperoleh. Apabila memakai metode umum, data dari waktu dan selama pendinginan sama seperti pemanasan, harus dilaporkan. Metode grafik tidak dapat dipakai juga apabila proses pendinginan memakai udara dingin.

6.2. Metode Umum

Metode umum (*Improved General Method*) diperkenalkan oleh Bigelow pada tahun 1920, adalah metode yang sederhana tetapi dipakai secara luas karena dianggap teliti. Kemudian dikembangkan oleh Ball, yang dikenal dengan *Improve General Method*. Digunakan untuk konversi grafik antara waktu dengan temperatur, menjadi grafik antara waktu dengan *lethal rate*, kemudian menghitung luas area kurva *lethality*, (akan dibahas selanjutnya) Luas area dapat dihitung dengan menghitung luas kotak bujur sangkar pada grafik, atau dengan menggunakan planimeter (Holdworth and Simpson, 2007).

Sebagai mikroba target dalam pengalengan makanan adalah spora *Cl. botulinum*, dimana untuk makanan yang berasam rendah (*low acid can food*) diterapkan prinsip *12D treatment*, yang merupakan minimum untuk *botulism cook*. Apabila jumlah spora awal (N_0) = 10^2 spora/can maka setelah pemanasan selama 12D, jumlah spora yang masih hidup (*survive*) adalah sebanyak $N = 10^{-10}$, artinya hanya ada satu spora dalam 10.000.000.000 kaleng yang disterilkan. Karena tidak mungkin memproses makanan kaleng dalam sekali proses sebanyak 10 miliar kaleng dan satu spora pasti hanya terdapat pada satu kaleng, maka kemungkinan hanya satu kaleng dari 10 miliar kaleng yang diproses, yang masih ada spora yang *survive*. Ini berarti tingkat keamanan sterilisasi sudah sangat aman.

Lethal heat dari suatu proses, diekspresikan dalam menit pada 250°C. Satu menit pada 250°C, atau suatu jumlah panas yang ekuivalen adalah didefinisikan sebagai satu nilai sterilisasi, dengan simbol F_0 . Satu menit pada 250°C adalah ekuivalen dengan 10 menit pada 232°C, atau 100 menit pada 214°C. Dengan perkataan lain setiap temperatur menurun 18°C, waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan kematian bakteri yang ekuival akan meningkat 10 kali. *Lethal ratio* (F_0/t) atau nilai sterilisasi efektif dalam satu menit pada temperatur lain, dapat dijelaskan secara matematik sebagai:

$$F_0 = \frac{1}{\log - 1(259 - T) / 18} \dots\dots\dots (20)$$

Clostridium botulinum spora mempunyai $D_{121,1^\circ\text{C}} = 0,23$ menit (*literature* lain = 0,21 menit). Dengan demikian, *12D concept* adalah sama dengan $12 \times 0,23 = 2,8$ menit (2,5 menit). Dengan diketahuinya nilai Z dari *Cl. botulinum* = 10°C (18°F), dan apabila $TDT_{121,1^\circ\text{C}} = 2,8$ menit, maka dengan rumus (14) kita dapat hitung berapa menit pada 115°C misalnya, untuk suatu kematian yang sama (*equilibrium lethality*).

$$F_T = F_{250} \cdot 10^{\frac{250 - T}{Z}} \dots\dots\dots (14)$$

$$F_{115} = 2,8 \cdot 10^{\frac{121,1 - 115}{10}} = 11,4 \text{ menit}$$

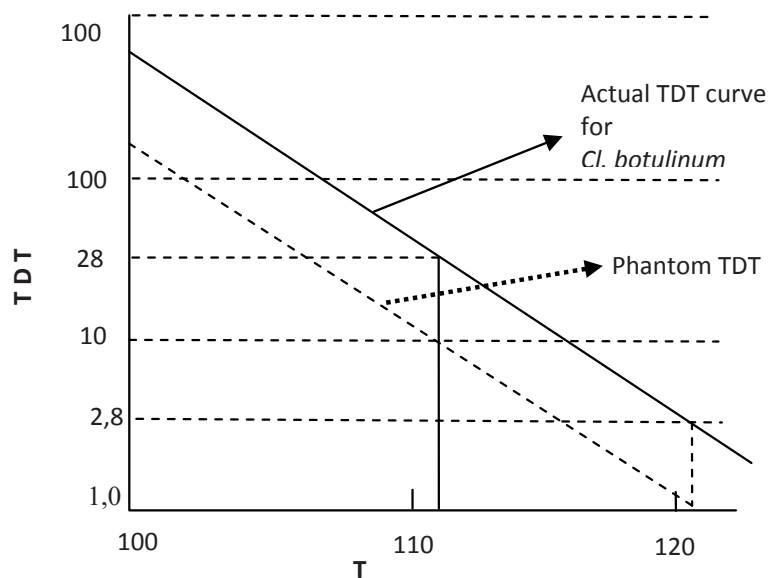
Dengan demikian, pemanasan selama 2,8 menit pada 121,1°C equal dengan pemanasan selama 11,4 menit pada 115°C, sehingga 1 menit pada 115°C = $2,8/11,4$ atau = 0,245 menit pada 121,1°C.

Ball (1978) menyatakan bahwa waktu pada 121,1°C yang *lethality*-nya ekual dengan *lethality* pada 1 menit pada temperatur lain, adalah sebagai nilai **L** (*lethality*).

$$L = 10^{(T - T_r)/z}$$

Pada contoh di atas nilai L untuk 115°C = 0,245. Nilai L untuk *Cl. botulinum* dapat dilihat pada tabel Board pada Lampiran 3, atau Tabel A1 pada Stumbo (1973) dan Tabel 4.1-4.2 pada Holdsworth and Simpson (2007).

Metode umum disebut juga sebagai metode grafik (*graphical method*), karena harus menggunakan grafik untuk menggambarkan penetrasi panas dan kekuatan *lethality*.



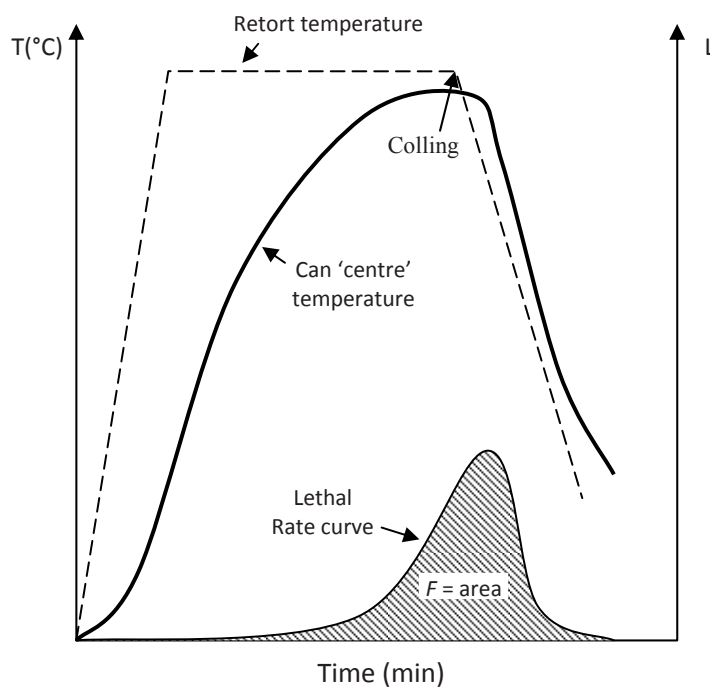
Gambar 6.4 Aktual dan *phantom* kurva TDT

Selain lethal value, juga dikenal *lethal rate* yaitu: kebalikan dari waktu pemanasan pada temperatur tertentu, $= \frac{1}{TDT} \text{ m}^{-1}$ (lihat Gambar 6.4).

Apabila kita membutuhkan 10 menit pada T°C untuk destruksi, maka *lethal rate* $= \frac{1}{10} = 0,1$. Dengan demikian, 1 menit pemanasan akan membunuh organisme; atau 10 menit = $10 \times 0,1 = 1,0$. Apabila kurang dari 1,0 maka tidak sempurna membunuh mikroba.

Apabila kita mempunyai data *retort* yang dipakai (terutama *come up time*) dan data penetrasi panas pada produk dalam kaleng (pemanasan

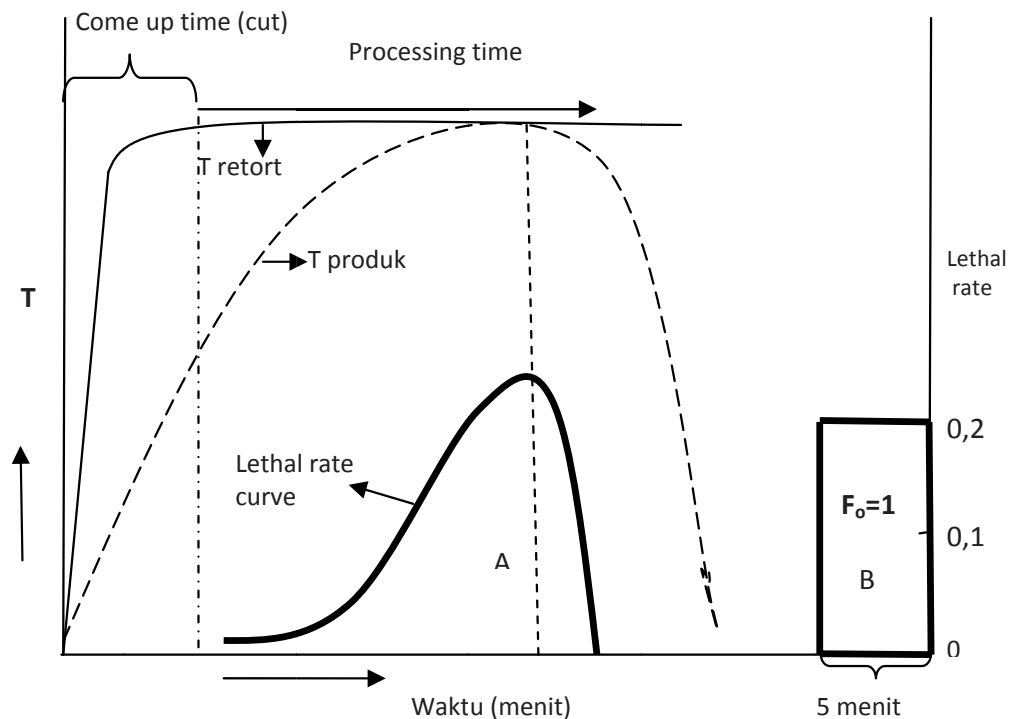
sampai mencapai temperatur *retort*, kemudian dilanjutkan dengan pendinginan), maka kita dapat menghitung *lethal rate* atau mencari pada tabel Board (*table lethal rate*) pada Lampiran 3 dan kemudian memplot *lethal rate curve*, pada kertas grafik biasa, dimana waktu (t) pada sumbu x dan temperatur (T) pada sumbu y primer (kiri) dan L atau Lr pada sumbu y sekunder (kanan), lihat Gambar 6.5, 6.6, dan 6.7 . Area F pada Gambar 6.5, atau area A (Gambar 6.6) adalah *lethal rate curve* merupakan area *lethality* yang memberi efek pada mikroorganisme. Area B adalah area *lethality* standar untuk organism yang kekuatannya sebesar $F_0 = 1,0$ (Gambar 6.6), yaitu selisih waktu (Δt) = 5 menit dikali $L_r = 0,2$).



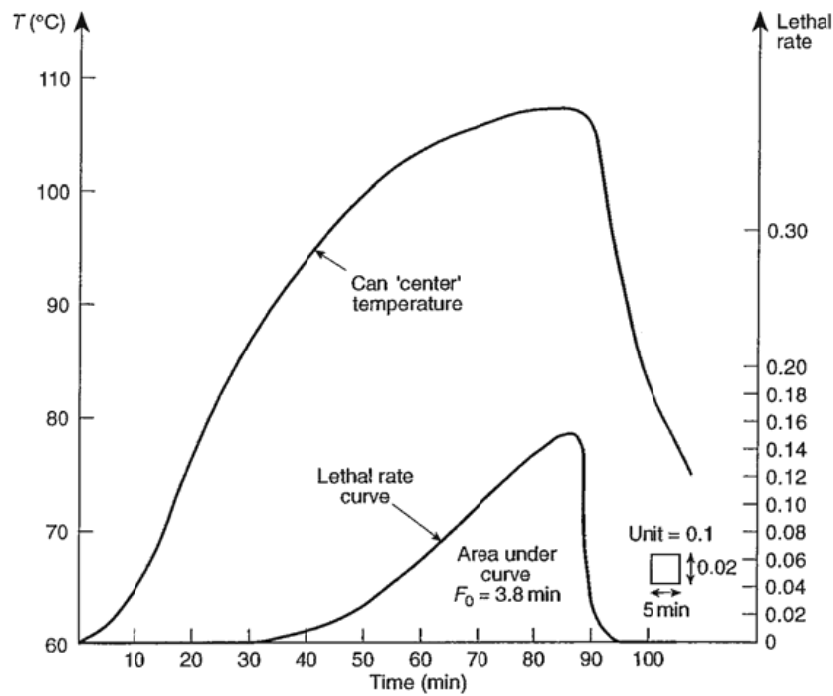
Gambar 6.5 Grafik temperature (T) dan *lethal value* (L) terhadap waktu
 Sumber: Holdsworth and Simpson, 2007

Apabila kita mempunyai data penetrasi panas pada pemanasan dan pendinginan makanan kaleng selama waktu tertentu, dan dengan data tersebut kita buat grafik pemanasan dan pendinginan pada kertas grafik biasa (*millimeter block paper*), dengan parameter waktu (t) sebagai absis (pada sumbu x) dan temperatur (T) sebagai ordinat (pada sumbu y); kemudian dari data temperatur kita cari nilai L dengan cara menghitung atau memakai Table L (*table Board*) pada Lampiran 3, dan selanjutnya nilai L diplot sebagai ordinat pada sumbu y pada sisi kanan kertas grafik (Gambar 6.5, 6.6, dan 6.7); maka kita akan mendapatkan dua

kurva, yaitu yang besar adalah kurva dari temperatur makanan, dan yang kecil adalah kurva *lethality*. Selanjutnya, kita tentukan nilai $F_0 = 1$ dengan mengalikan $\Delta tL = 1$ (Gambar 6.6). Setelah kita memperoleh luas area $F_0 = 1$ (B), kita tentukan luas area kurva *lethality* (A), dengan cara mengukur luas menggunakan planimeter, atau menghitung luas kotak bujur sangkar dan mengestimasi luas kotak yang tidak beraturan pada kurva A, sehingga kita dapat menghitung letalitas dari kurva lethality = A/B, seperti dilihat pada Gambar 6.7, sebesar $F_0 = 3,8$ menit. Dengan perkataan lain, *lethality* dari pemanasan dan pendinginan makanan seperti pada Gambar 6.7, menghasilkan *lethality* sebesar $F_0 = 3,8$ menit pada F_r , yaitu temperatur $121,1^\circ\text{C}$, dan $Z = 10^\circ\text{C}$. Cara lain yaitu menghitung unit yang kita tentukan seperti pada Gambar 6.7, satu unit adalah sebesar 5 menit x $0,02 = 0,1$. Kemudian menentukan untuk $F_0 = 1$ ada berapa unit, sehingga area kurva lethal rate dapat dihitung, yang pada Gambar 6.7, sebesar $F_0 = 3,8$ menit.



Gambar 6.6 Metode Grafik Menghitung *Lethality*



Gambar 6.7 Metode Grafik Menghitung Nilai F_0 dari Kurva *Lethal Rate*
 Sumber: Holdsworth and Simpson, 2007

6.3. Contoh Soal dan Penyelesaian

1. Sebuah *thermocouple* ditempatkan pada *the slowest heating point* dari sebuah kaleng makanan yang disterilkan dalam *retort* pada suhu 115°C. Data pemanasan dan pendinginan yang didapat adalah sebagai berikut.

Pemanasan		Pendinginan	
Waktu (menit)	T (°C)	Waktu (menit)	T (°C)
0	77	0	115
5	79	2	110
8	88	3	96
9	93	4	77
11	104	5	68
13	110		
15	113		
18	114		
20	115		

Temperatur uap dalam retort mencapai temperatur proses dalam 2 menit.

Hitunglah proses yang memberikan:

- a. Suatu nilai $F=20$ yang ditujukan untuk spora *clostridium botulinum*.
- b. Suatu *lethal value* = 5 untuk suatu mikroba tertentu (dibutuhkan 4 menit pada $121,1^{\circ}\text{C}$ untuk menginaktifkan mikroba tersebut, dan nilai $Z = 10^{\circ}\text{C}$).

Penyelesaian:

Bagian a:

1. Gambarkan grafik pemanasan dan pendinginan dari data pada soal di atas pada kertas grafik biasa, atau dengan menggunakan program excel, lihat Lampiran 4. Disarankan waktu pemanasan 20 menit berada di bagian tengah sumbu x.
2. Cari nilai L dengan menggunakan tabel Board (Lampiran 3) dan buat tabel baru yang terdiri dari 3 parameter, yaitu waktu (t), temperatur (T), nilai L, seperti pada Lampiran 5.
3. Plot nilai L terhadap waktu pada kertas grafik yang sama (nilai L pada sumbu y sebelah kanan), atau dengan memakai program excel, dan akan diperoleh kurva *lethality* yang kecil, kemudian hitung luas kurva *lethality* tersebut dengan membandingkan dengan luas *lethality* yang sama dengan $F_0=1$. Pada Lampiran 4, luas kurva *lethality* sebesar $F_0 = 1,7$ menit.
4. Dari soal di atas bagian a), ditentukan bahwa suatu proses untuk membunuh spora *Cl. botulinum*, diperlukan pemanasan yang mempunyai nilai $F_0=20$. Dari data pemanasan dan pendinginan kita dapatkan bahwa dengan pemanasan yang hanya selama 20 menit, dimana temperatur makanan sudah seluruhnya mencapai 115°C (*temperature retort*), kemudian **kaleng makanan langsung** didinginkan, nilai *lethality* hanya sebesar $F_0=1,7$. Ini berarti apabila kita mau proses makanan kaleng tersebut dengan kekuatan sebesar $F_0=20$, maka proses pemanasan harus ditambahkan sebesar $20-1,7$ atau sebesar $F_0=18,3$. Jadi, setelah 20 menit pemanasan dimana makanan dalam kaleng sudah seluruhnya mencapai 115°C , kaleng makanan **jangan dulu didinginkan**, tetapi tetap dipertahankan

pada 115°C, sampai selama waktu yang akan kita hitung, dan waktu ini disebut *holding time*.

5. Kita lihat pada gambar di Lampiran 4, *lethality* untuk 1 menit (satu unit) = $1 \times 0,025$ atau $F_0=0,025$ (kotak kecil pada kotak $F_0=1$). Untuk 18,3 F_0 berarti ada 18,3 dibagi 0,025 = 732 unit (kotak).
6. Pada gambar di Lampiran 4, kita lihat kurva *lethality* pada *holding time*, untuk 1 menit pada *holding time*, ada berapa unit seluas 0,025? Jawabnya adalah 0,245 ($=\Delta tL$) dibagi 0,025 = 9,8 unit. Ini berarti untuk 1 menit = 9,8 unit.
7. Untuk 18,3 F_0 adalah sama dengan 732 unit dibagi 9,8 unit x 1 menit = 74,69 menit (*holding time*). Dengan demikian, proses yang dicari, adalah 20 menit + 74,69 menit - 2 menit (cut) = **92,69 menit**.

Catatan: Nilai *lethality* dari kurva *lethality* pada Gambar 4.1, sebesar $F_0=1,7$ dapat juga diperoleh dengan cara mencari $\sum \Delta tL$ seperti pada tabel di Lampiran 6.

Bagian b:

Suatu *lethal value* = 5 untuk suatu mikroba tertentu (dibutuhkan 4 menit pada 121,1°C untuk menginaktifkan mikroba tersebut, dan $Z= 10^\circ\text{C}$).

1. Di sini mikrobanya tidak diketahui spesiesnya, tetapi diketahui bahwa untuk menginaktifkan mikroba tersebut dibutuhkan 4 menit pada 121,1°C, dan nilai $Z = 10^\circ\text{C}$. Karena itu, kita harus menggambar kurva TDT dari mikroba tersebut pada kertas semi-log, kemudian dari kurva tersebut dicari nilai D sesuai temperatur pemanasan pada soal di atas, dan tentukan *lethality* (L_r) yang dihitung dengan rumus $L_r = 1/D$.
2. Lihat kurva TDT bakteri tersebut pada Lampiran 7, dari kurva tersebut, kita dapat mencari nilai D , seperti pada tabel di Lampiran 8, kemudian dihitung nilai L_r dan $\sum \Delta tL_r$.
3. Plot grafik pemanasan makanan pada kertas grafik (seperti pada soal bagian a) kemudian plot kurva *lethality* seperti pada Lampiran 9.
4. Selanjutnya hitung luas kurva *lethality*, pada pada Lampiran 7, atau dengan menghitung $\sum \Delta tL_r$ pada tabel di Lampiran 10. Pada Lampiran 9, dan Lampiran 10, diperoleh *lethality* sebesar $L_v = 0,4$. Ini berarti apabila kita mau proses makanan kaleng tersebut dengan

- kekuatan sebesar *lethal value* = 5, maka proses pemanasan harus ditambahkan sebesar 5 - 0,4 atau sebesar *lethal value* = 4,6
5. Kita lihat pada Lampiran 9, *lethality* untuk 1 menit (satu unit) = $1 \times 0,025$ atau $F_0 = 0,025$. Untuk $L_v = 4,6$ berarti ada sebanyak 4,6 dibagi 0,025 = 184 unit.
 6. Kita lihat kurva *lethality* pada *holding time*, untuk 1 menit pada *holding time*, berapa unit seluas 0,025? Jawabnya adalah 0,061 dibagi 0,025 = 2,44 unit. Ini berarti untuk 1 menit = 2,44 unit.
 7. Untuk $L_v = 4,6$ adalah sama dengan 184 unit dibagi 2,44 unit = 75,41 menit (*holding time*). Dengan demikian, proses yang dicari, adalah 20 menit + 75,41 menit - 2 menit (cut) = **93,41 menit**.

Soal untuk tutorial:

Data pemanasan dan pendinginan berikut ini didapatkan pada suatu makanan kaleng yang diukur dengan thermocouple.

Pemanasan		Pendinginan	
Waktu (menit)	T (°C)	Waktu (menit)	T (°C)
0	77	0	115
1	82	1	108
2	92	2	82
3	101	3	71
4	107		
5	112		
6	114		
7	115		

CUT dari *retort* = 1,5 menit.

Hitunglah:

- a. *Lethal value* dan F_0 dari suatu proses selama 16 menit pada 115°C yang ditujukan untuk membunuh spora *Cl. Botulinum*.
- b. Proses yang dibutuhkan untuk memberikan suatu *lethal value* = 1 yang ditujukan untuk spora tersebut.

Selamat bekerja.

Catatan:

Jawaban untuk bagian a: $L_r = 1,16$; dan untuk bagian b: proses yang dibutuhkan pada 115°C adalah selama 14,2 menit.

Daftar Pustaka

- Anonymous, 2007. *Fundamentals of Food Process Engineering*. 3rd Ed. Toledo: Springer.
- Ball C.O. 1923. "Thermal Process Time For Canned Foods". *Bull. Natl. Res. Council*, 7, Part 1. No. 37.
- _____. 1928. *Mathematical Solution of Problems on Thermal Processing of Canned Foods*. California: University California Publishing Public Health 1.
- Ball C. O. and F. C. W. Olson. 1957. *Sterilization In Food Technology*. New York: McGraw-Hill.
- Bigelow W. D., G. S. Bohart, A.C. Richardson, and C.O. Ball. 1920. "Heat Penetration In Processing Canned Foods". *Natl. Cannery Assoc. Bull.* No. 16L.
- Board P. W. and R. J. Steele. 1980. "Assessment of Can Double Seams: Metric Tables And Monograms". *CSIRO Food Res. Q.* 40: 35-42.
- Brennan J. G. 2006. *Food Processing Hand Book*. Heppenheim: Wiley-VCH Verlag-GmbH & Co. KGaA..
- Esmond, S. P. 2001. Continuous Heat Processing. In: *Thermal Technologies in Food Processing, Richardso*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Fardiaz D. 1983. *Proses Termal dalam Pengolahan Pangan*. Training on Food Safety and Sanitation, 12-16 September 1983, Unsrat, Manado.
- Fellows P.J. 1992. *Food Processing Technology: Principle And Practice*. New York: Ellis Horwood.
- Haryadi P. (Ed.). 2000. *Dasar-dasar Teori dan Praktik Proses Termal*. Bogor: Pusat Studi Pangan dan Gizi IPB.
- Haryadi P. 2008. "Canning Industry In Indonesia: Need For Safety Assurance Regulation And Quality Optimization". *Journal of Food Manufacturing Efficiency*, Vol 2(1): 45-48.
- Hayakawa K.I. 1978. "A Critical Review of Mathematical Procedures For Determining Proper Heat Sterilization Processes". *Food Technol.* 32(3): 59.
- Hicks E.W. 1951. "On The Evaluation of Canning Process". *Food Technol.* 5: 134
- Holdsworth, D. and R. Simpson. 2007. *Thermal Processing of Packaged Foods*. Pullman: Springer.

- Knorr D. V. Heenz, and C. Lusher. 2007. Thermal Processing of Foods: Technological Aspects. In: *Thermal Processing of Food: Potential Health Benefits and Risks*. Heppenheim: Wiley-VCH Verlag-GmbH & Co. KGaA.
- Lopez, A. 1981. *A Complete Course In Canning*. 11th Ed. USA: The Canning Trade, Baltimore.
- Lund D. B. 1977. "Design of Thermal Processes For Maximizing Nutrient Retention". *Food Technol.* 3(2): 71.
- Mendez I. M. and J. M. G. Abuin. 2006. Thermal Processing of Fishery Products. In: *Thermal Food Processing, New Technologies and Quality Issues*. (Da-Wen Sun, Ed). Boca Raton: CRC Press.
- Stumbo, C. R. 1973. *Thermobacteriologi In Food Processing*. 2ndEd. New York: Academic Press.
- Teixeira A. 2006. Thermal Processing of Canned Foods. In: *Thermal Food Processing, New Technologies and Quality Issues*. (Da-Wen Sun, Ed). Boca Raton: CRC Press.
- Weng, Z. J. 2006. Thermal Processing of Canned Foods. In: *Thermal Food Processing, New Technologies and Quality Issues*. (Da-Wen Sun, Ed). Boca Raton: CRC Press.

BAB

7

MIKROBA PENYEBAB KERUSAKAN MAKANAN KALENG

Bab VII, menjelaskan tentang tipe mikroba penting dalam kerusakan makanan kaleng: termofilik, mesofilik, mesofilik pada makanan asam; dan klasifikasi mikroba berdasarkan keasaman.

Mikroba yang terdapat pada makanan terdiri dari spektrum yang sangat luas dan berada dalam kondisi yang beragam. Semuanya akan bertumbuh apabila kondisi cocok untuk pertumbuhannya dan ada beberapa mikroba membutuhkan lingkungan yang sangat spesifik.

Walaupun proses pengvakuman kaleng dilakukan segera bersamaan dengan penutupan kaleng, tetapi ada kemungkinan tidak semua udara dalam kaleng dapat dikeluarkan. Apabila ini terjadi, sisa oksigen biasanya dalam beberapa minggu penyimpanan akan habis dipakai pada reaksi-reaksi kimiawi. Adanya oksigen pada periode awal ini, akan menghambat pertumbuhan mikroba yang anaerob, tetapi juga membantu bertumbuhnya spora mikroba fakultatif anaerob. Segera setelah oksigen habis terpakai, maka keadaan ini menjadi cocok untuk pertumbuhan spora tahan panas yang anaerob.

Mikroba yang masuk ke dalam kaleng karena kebocoran setelah proses (*post-process leakages*) juga merupakan penyebab adanya spora pada makanan kaleng setelah proses sterilisasi.

7.1 Tipe Mikroba Penting dalam Kerusakan Makanan Kaleng

Berdasarkan temperatur, mikroba digolongkan dalam tiga golongan, yaitu mikroba termofilik, mesofilik, dan psikrofilik.

Mikroba Termofilik

Termasuk di sini adalah fakultatif dan obligat termofilik, yang biasanya memproduksi asam dan mempunyai kisaran suhu pertumbuhan antara 40–75°C. Ada empat kelompok utama.

1. Mikroba *Flat Sour*

Termasuk disini adalah bakteri-bakteri yang menyebabkan *flat sour*, yaitu kerusakan karena bakteri memproduksi asam tapi tidak ada atau sangat sedikit gas yang diproduksi, sehingga kaleng tetap datar atau tidak cembung. Beberapa contoh disini adalah:

Bacillus coagulans

Pada banyak pusaka lama, disebut *B. thermoacidurans* atau *B. coagulans* var. *thermoacidurans*. Bakteri ini sudah dilaporkan menjadi masalah pada pengalengan tomat. Spora akan germinasi pada pH 4,2 atau lebih, menyebabkan rasa dan bau yang tidak diinginkan. Spora dari bakteri ini tidak terlalu tahan panas seperti mikroba *flat sour* yang lain.

B. stearothermophilus

Bakteri ini termasuk fakultatif anaerob dan sporanya sangat tahan panas (lihat nilai D pada Tabel 4.3 dan 4.5). Bakteri penghasil asam ini sangat penting dalam kerusakan makanan kaleng.

2. Mikroba fakultatif termofilik, fakultatif anaerob
Contohnya *B. subtilis* yang memproduksi gas dan kadang-kadang menyebabkan *soft swells*.
3. Mikroba anaerob yang tidak memproduksi H₂S
Termasuk disini adalah *clostridium thermosaccharolyticum*. Bakteri ini adalah bakteri murni anaerob yang menyebabkan *hard swells* (*thermophilic anaerobic spoilage*). Bakteri ini bertumbuh dengan baik pada temperatur 55°C atau lebih dan dapat memetabolis glukosa menghasilkan CO₂.
4. Mikroba anaerob yang memproduksi H₂S
Termasuk disini adalah bakteri *desulfotomaculum nigrificans* yang dahulunya disebut *C. nigrificans*. *Nigrificans* berasal dari kata niger atau hitam karena bakteri ini memproduksi H₂S dan warna hitam, dan kerusakannya disebut *sulphide stinker*. Kerusakan tipe ini tidak selalu terjadi, tapi apabila terjadi akibatnya sangat serius.

Mikroba Mesofilik

Termasuk disini mikroba yang murni anaerob yang membentuk spora seperti *C. botulinum*, dan fakultatif anaerob, yang menghasilkan asam dan gas. Bakteri ini tersebar sangat luas, tetapi tidak tahan panas. Sel vegetative *C. botulinum* tidak tahan panas tetapi sporanya tahan panas, dan merupakan target pada pengalengan makanan berasam rendah seperti ikan, daging ayam, dan kornet sapi.

1. Mikroba fakultatif pembentuk spora
Termasuk disini *B. coagulans*, *B. circulans*, *B. laterosporus*, *B. brevis*, *B. macerans*, *B. pumilus*, *B. polymyxa*, *B. betanigrificans* (menyebabkan *black beets*). Bakteri-bakteri tersebut biasanya menghidrolisa pati, tapi tidak seaktif *putrivative anaerobes* yang proteolitik. Ada beberapa tipe disini, yaitu tipe *flat sour*: *B. coagulans*, *B. circulans* dan *B. circulans-alvei*; tipe pembentuk asam dan gas: *B. subtilis-pumilus* dan *B. macerans*. Kelompok ini sering menjadi masalah dewasa ini dalam pengalengan makanan.

2. Putrifaktif anaerob

Contoh disini adalah: *C. parasporogenes*, *C. sporogenes* dan *C. putrificum*. Strain dari *C. sporogenes* dapat sangat tahan panas, contohnya putrifaktif anaerob PA 3679 yang biasanya digunakan sebagai mikroba uji pengganti *C. botulinum*.

Mikroba Psikrofilik pada Makanan Asam

Termasuk disini adalah beberapa bakteri, kapang dan ragi pada makanan asam.

1. Bakteri

Yang umum ditemui adalah *C. butyricum* dan *Lactobacillus* spp. Kelompok *acetobutylicum* dari *clostridia* juga kadang-kadang ditemukan.

2. Kapang

Pada prinsipnya semua kapang tidak dapat bertumbuh pada kondisi anaerob, tetapi beberapa ditemukan sebagai penyebab kerusakan makanan kaleng. Di samping itu juga, kebanyakan kapang biasanya tidak tahan panas.

3. *Byssochlamys fulva*

Seperti sudah disinggung sebelumnya, menjadi masalah dalam pengalengan buah terutama apabila tekanan oksigen berkurang. Bakteri ini mempunyai ketahanan panas yang moderat, dimana spora dapat tahan selama 30 menit pada 86-88°C (185-190°F) pada sirup buah. Ketahanan panas maksimum terjadi pada pH 5, makin rendah dan makin tinggi pH ketahanan berkurang tetapi lebih tahan pada pH rendah dari pada pH tinggi.

4. Ragi

Ragi terutama menjadi masalah pada pengalengan makanan yang mengandung karbohidrat, olahan dari tomat, sirup, madu, dan lain-lain. Ragi tidak tahan terhadap panas dan hanya terjadi kasus pada makanan yang mendapat perlakuan panas yang singkat seperti makanan yang *hot-fill packs*.

7.2. Klasifikasi Mikroba Berdasarkan Keasaman

Kelompok I, pada Makanan Berasam Rendah (pH lebih dari 5)

Contoh makanan disini ikan, olahan daging, susu, sayur-sayuran. Tipe dari mikroba yang menjadi masalah adalah:

- *Flat Sour: B. stearothermophilus*
- *Putrefactive spoilage and swells: C. sporogenes, C. putrificum.*
- *Sulphide spoilage: C. nigrificans,*
- *Botulism: C. botulinum*
- *Black beets: B. betanigrificans.*

Kelompok II, pada Makanan Asam Sedang (pH 5-4,5)

Contoh makanan disini adalah olahan daging, sayuran campur, spaghetti, sup, saus, dan lain-lain. Tipe dari mikroba yang menjadi masalah adalah sama dengan kelompok I, tetapi lebih banyak oleh bakteri termofilik anaerob yang tidak memproduksi H₂S.

Kelompok III, pada Makanan Asam (pH 4,5-3,7)

Contoh makanan disini adalah tomat, nanas, pear, dan lain-lain. Tipe dari mikroba yang menjadi masalah adalah:

- Penyebab kebusukan: bakteri asidurik yang tidak membentuk spora, bakteri pembentuk spora yang anaerob (contoh: butirat anaerob seperti kelompok *C. butyricum-acetobutylicum*). Di samping itu juga bakteri mesofilik, seperti *Lactobacillus lycopersici*, *L. pentoaceticus*, *L. plantarum*, *L. gayoni*, *L. Mannitopoeum*, *L. pleofructi*. Bakteri termofilik pembentuk spora yang anaerob juga sering menjadi masalah karena menghasilkan gas. Ragi juga sering menjadi masalah, yang menyebabkan “swells” pada buah-buahan kaleng, dan buah konsentrat, dan “hard swells” pada tomat. *Flat sour* pada tomat yang menghasilkan bau tidak diinginkan oleh *B. coagulans* (*var. themoacidurans*).
- *Hard Swells*, karena bakteri fakultatif anaerob yang tidak tahan panas, seperti coccobacilli pada jus buah, bakteri mesofilik yang obligat anaerob seperti clostridia *C. butyricum* yang memetabolisme pati menghasilkan CO₂.

Kelompok IV, pada Makanan Sangat Asam (pH lebih rendah 3,7)

Contoh makanan disini adalah acar, buah anggur, oranges, jus citrus, dan lain-lain. Makanan-makanan sangat asam hanya diproses dengan cara pengisian panas atau dipanaskan pada air mendidih. Jenis makanan kaleng tersebut relatif bebas dari kebusukan, tetapi dapat terjadi “*chemical swells*” karena dihasilkan gas H₂. Pada makanan kaleng tersebut, bakteri yang agak tahan panas pembentuk spora tidak mati, tetapi germinasi dan pertumbuhannya dapat dicegah.

Soal untuk Diskusi

1. Jelaskan dengan singkat kerusakan microbial yang berhubungan dengan *head space*?
2. Diskusikan potensi kebusukan dan keracunan pada ikan kaleng, termasuk mikroba yang berperan.
3. Jelaskan kenapa perlu klasifikasi mikroba berdasarkan keasaman?
4. Sebutkan beberapa tipe kerusakan pada makanan berasam rendah, dan berikan contoh makanan serta mikroba yang berperan.
5. Jelaskan dengan singkat tanda-tanda luar kerusakan makanan kaleng?

Daftar Pustaka

- Anonymous. 2007. *Fundamentals of Food Process Engineering*. 3rd Ed. Toledo: Springer.
- Berhimpon, S and H. A. Dien. 2003. *Mikrobiologi Pangan Ikani, Bagian I. Ekologi Pertumbuhan Mikroba dan Perubahan Biokimia Pangan*. Manado: FPIK, Unsrat.
- Bigelow W. D. and J. R. Esty. 1920. “Thermal Death Point In Relation to Time of Typical Thermophilic Organism”. *Journal Infect Diseases*, 27: 602.
- Brennan J. G. 2006. *Food Processing Hand Book*. Heppenheim: Wiley-VCH Verlag-GmbH & Co. KGaA.
- Fardiaz, S. 1990. *Mikrobiologi Pengolahan Pangan Lanjut. Buku I. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi*. Institut Pertanian Bogor.
- Hersom A. C. and E. D. Hulland. 1964. *Canned Foods, An Introduction to Their Microbiology*. 5th Ed. New York: Chemistry Publishing.

- Holdsworth, D. and R. Simpson. 2007. *Thermal Processing of Packaged Foods*. Pullman: Springer.
- Lopez, A. 1981. *A Complete Course In Canning*. 11th Ed. USA: The Canning Trade, Baltimore.
- Stumbo C. R., J. R. Murphy, and J. Cochran. 1950. "Nature of Thermal Death Time Curves For P.A. 3679 And Clostridium Botulinum". *Food Technol.* 4: 321
- Stumbo, C. R. 1973. *Thermobacteriologi In Food Processing*. 2ndEd. New York: Academic Press.
- Teixeira A. 2006. Thermal Processing of Canned Foods. In: *Thermal Food Processing, New Technologies And Quality Issues*. (Da-Wen Sun, Ed). Boca Raton: CRC Press.

BAB

8

KERUSAKAN MAKANAN KALENG

Bab VII, menjelaskan tentang kerusakan makanan kaleng oleh mikroba: under-processing, kebocoran kaleng, kegagalan proses, dan kerusakan pada produk di dalam makanan kaleng sebelum sterilisasi; non-mikrobia: hidrogen swell, reaksi Mailard; serta morfologi makanan kaleng yang rusak.

8.1. Kerusakan Mikrobial

Kerusakan karena mikroba dapat menyebabkan perubahan yang tidak diinginkan pada makanan kaleng seperti perubahan rasa dan bau, tekstur dan warna.

Ada empat hal yang dapat menyebabkan kerusakan mikrobial:

1. *Under-processing*.
2. Kebocoran kaleng setelah proses pengalengan (*post-process leakage*).
3. Kegagalan proses (*failure to retort or process*).
4. Kerusakan pada produk di dalam kaleng sebelum disterilkan (*pre-process spoilage or incipient spoilage*).

Umumnya makanan kaleng yang rusak disebabkan oleh *underprocessing* dan kebocoran kaleng setelah proses seperti pengkaratan atau kerusakan fisik kaleng. Makanan kaleng yang berasam rendah, umumnya terkontaminasi oleh bakteri-bakteri pembusuk yang dapat membentuk spora, sedangkan pada makanan yang melalui proses pengisian panas (*hot filling*) sering terkontaminasi oleh sel vegetatif ragi dan bakteri.

Underprocessing

Underprocessing dapat terjadi karena:

- a. Perhitungan proses yang kurang tepat, operasi *retort* yang kurang baik, atau kesalahan dalam menghentikan proses.
- b. Kelebihan jumlah spora (pada produk pH tinggi) atau kontaminasi berlebihan oleh ragi, *Lactobacillus* dan bakteri lain (pada makanan pH rendah).
- c. Kontaminasi produk oleh tipe spora tahan panas yang di luar perkiraan.

Umumnya proses yang direkomendasi didesain untuk produk dalam kondisi GMP dan mempunyai kandungan mikroba awal yang rendah, maksimum $10^3/\text{gr}$ (ml) (standar). Apabila terjadi kesalahan dalam operasi *retort*, atau kecepatan dari penetrasi panas berkurang karena perubahan dalam ukuran kaleng, atau penambahan bumbu atau saus yang banyak spora, maka proses yang biasanya sudah standar, akan tidak sesuai lagi.

Ingredient seperti gula, rempah-rempah dan garam mengandung spora dalam jumlah yang tinggi. Bahan-bahan tersebut harus secara rutin dimonitor jumlah sporanya, dan hanya bahan yang mengandung jumlah spora yang sedikit yang dapat dipakai pada makanan kaleng berasam rendah. Ketahanan panas relatif dari berbagai mikroba penyebab kebusukan dan keracunan, dapat dilihat pada Tabel 8.1.

Peralatan proses, terutama yang kontak dengan produk yang panas harus dimonitor secara reguler jumlah sporanya sesuai dengan metode sanitasi. Penggantian atau perubahan alat dapat dilakukan untuk mencegah adanya spora yang tahan panas.

Underprocessing dapat mengakibatkan mikroba mesofil masih bisa hidup. Mikroba tersebut berasal dari spora yang tidak mampu dimatikan. Dari segi kesehatan umum, pada produk berasam rendah problem ini adalah yang paling berbahaya karena ada kemungkinan *C. botulinum* bisa berkembang biak dan memproduksi toksin yang mematikan. Pendinginan yang kurang memadai yaitu bila pendinginan setelah proses sterilisasi dilakukan kurang cepat untuk mencapai suhu internal sekitar 37°C, memungkinkan berbagai bakteri termofil masih dapat tumbuh pada suhu optimalnya yang dilalui secara lambat pada waktu kaleng didinginkan.

Waktu antara penutupan kaleng dan sterilisasi kaleng yang terlalu lama dapat juga menyebabkan kerusakan. Jenis kerusakan ini dinamakan *incipient spoilage*, yaitu produk akhir yang steril komersial tetapi isi kaleng menunjukkan gejala kerusakan oleh mikroba. Untuk memastikan jenis kerusakan ini perlu diadakan penentuan *direct microscopic count*.

Tabel 8.1 Resistensi Panas Relatif dari Beberapa Spora Penting, Penyebab Kebusukan dan Keracunan

Mikroba	Kisaran nilai D ₁₀₀ (menit)*
<i>Clostridium botulinum</i> tipe A	10-28
B	7-14
E	0,01
F	0.01-0,04
G	1,2-1,5 ⁺
<i>Clostridium sporogenes</i>	80->100
<i>Clostridium thermosaccharolyticum</i>	400
<i>Clostridium perfringens</i>	0,3-18
<i>Desulfotomaculum nigrificans</i>	>480
<i>Clostridium butyricum</i>	0,4-0,8
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	100-1600
<i>Bacillus coagulans</i>	20-300
<i>Bacillus coagulans</i> var. <i>thermoacidurans</i>	2-3
<i>Bacillus subtilis</i>	7-70
<i>Bacillus licheniformis</i>	13,5
<i>Bacillus cereus</i>	3-200
<i>Byssoschlamys fulva</i> ⁺⁺	4

* Russell (1982) dikutip oleh Murell (1985) untuk berbagai strain dalam air atau buffer fosfat netral

* Lynt et al. (1984) untuk spora yang sangat tahan panas

** Dihitung dari datanya Splittstoesser and Splittstoesser (1977)

Kebocoran kaleng

Apabila lipatan rangkap kaleng tidak memenuhi standar (lihat Bab IX), maka pada waktu pemanasan lipatan tersebut terbuka, dan pada waktu kaleng didinginkan dan air pendingin yang tidak memenuhi syarat, ada peluang mikroba masuk ke dalam kaleng. Kebocoran tidak perlu jelas dan besar karena lubang yang sangat kecil bisa memberikan peluang kontaminasi (terinfeksi). Penyebab kerusakan ini bisa terlihat dari adanya *mixed flora* terdiri dari bakteri berbentuk batang *rod* dan *cocci* di dalam makanan yang rusak. Kebocoran kaleng dapat dipastikan melalui pemeriksaan visual dan pengukuran kaleng, yaitu pengukuran komponen-komponen lipatan kaleng (*double seam*).

Kebocoran yang lain, dapat disebabkan oleh pengkaratan kaleng, baik dari luar maupun dari dalam kaleng. Dari dalam kaleng, sering terjadi karena benturan fisik yang keras menyebabkan kaleng penyok dan bagian enamel retak sehingga menyebabkan pengkaratan dari dalam. Kaleng akan bocor dan terjadi kontaminasi.

8.2 Kerusakan Non-Mikrobial

Di samping kerusakan yang disebabkan oleh aktivitas mikroba, masih terdapat kerusakan yang bukan disebabkan oleh mikroba, contohnya sebagai berikut.

Hidrogen swell

Kerusakan ini terjadi karena adanya reaksi kimia antara makanan dan kaleng yang membentuk gas hidrogen. Reaksi kimia tersebut dapat berlangsung jika lapisan kaleng tidak sempurna misalnya terdapat goresan-goresan. Bila korosi cukup lama, akan timbul *pinholes* pada kaleng dan mengakibatkan kaleng jadi bocor.

Reaksi Mailard

Terjadi pada makanan yang mengandung banyak gula, asam-asam amino dan asam. Reaksi tersebut menghasilkan karbon dioksida (CO₂) yang dalam jumlah yang besar dapat mengakibatkan kaleng menjadi cembung khususnya apabila kaleng disimpan pada suhu tinggi.

8.3. Morfologi Makanan Kaleng yang Rusak

Kerusakan atau pembusukan makanan dalam kaleng dapat terlihat dari penampakan luar kaleng dan penyimpangan kondisi isinya. Untuk menilai keadaan tampak luar kaleng, diberikan klasifikasi kaleng di bawah ini.

Flat

Suatu kaleng dengan kedua ujung permukaannya kokoh dan datar. Makanan kaleng yang baik kalau *cover end* (CE)-nya datar atau agak cekung ke dalam. Dapat terjadi juga kerusakan yang disebut *flat sour*, dimana kaleng tidak cembung tetapi isinya asam. Tidak ada tanda gas yang diproduksi, kalau ada hanya sedikit.

Flipper

Suatu kaleng kelihatannya datar, tetapi bila ditekan dengan ibu jari pada salah satu ujung permukaan, ujung lainnya melonjak ke luar (cembung). Jika ujung yang telah cembung tersebut ditekan, ia kembali datar.

Springer

Suatu kaleng yang salah satu ujungnya sudah cembung secara permanen. Jika ujung ini ditekan cukup keras, ia kembali cekung, tetapi ujung lainnya melonjak ke luar (cembung) bergantian.

Soft swell

Suatu kaleng yang kedua ujungnya cembung, tetapi tidak begitu keras sehingga dengan bantuan ibu jari dapat ditekan sedikit ke dalam.

Hard swell

Suatu kaleng yang kedua ujungnya cembung, dan begitu keras sehingga tidak bisa ditekan ke dalam oleh ibu jari. Kaleng dengan kedua ujungnya datar (*flat can*) tidak menjamin bahwa makanan dalam kaleng itu baik dan aman untuk dimakan.

Soal untuk diskusi

1. Kerusakan makanan kaleng karena under-processing cukup signifikan, jelaskan kenapa?
2. Kenapa kerusakan karena under-processing sangat berbahaya pada makanan berasam rendah? Jelaskan.
3. Jelaskan kerusakan makanan kaleng karena kebocoran kaleng. Mengapa lipatan rangkap kaleng harus memenuhi standar?
4. Jelaskan tentang kerusakan non-mikrobia makanan kaleng.
5. Jelaskan kemungkinan-kemungkinan morfologi ikan kaleng yang rusak.

Daftar Pustaka

- Brennan, J. G. 2006. *Food Processing Hand Book*. Heppenheim: Wiley-VCH Verlag-GmbH & Co. KGaA.
- Hersom A. C. and E. D. Hulland. 1964. *Canned Foods, An Introduction to Their Microbiology*. 5th Ed. New York Chemistry Publishing.
- Holdsworth, D. and R. Simpson. 2007. *Thermal Processing of Packaged Foods*. Pullman: Springer.
- Lopez, A. 1981. *A Complete Course In Canning*. 11th Ed. USA: The Canning Trade, Baltimore.

- Stumbo C. R., J. R. Murphy, and J. Cochran. 1950. "Nature of Thermal Death Time Curves For P.A. 3679 And Clostridium Botulinum". *Food Technol.* 4: 321
- Stumbo, C. R. 1973. *Thermobacteriologi In Food Processing*. 2ndEd. New York: Academic Press.
- Teixeira A. 2006. Thermal Processing of Canned Foods. In: *Thermal Food Processing, New Technologies and Quality Issues*. (Da-Wen Sun, Ed). Boca Raton: CRC Press.
- Thompson, D. L. C. 1980. Food Spoilage And Food-Borne Infection Hazards. In: *The Safety of Foods, Graham, H.D. Ed.* 2nd Ed. Westport: AVI Publishing Company Inc.

BAB

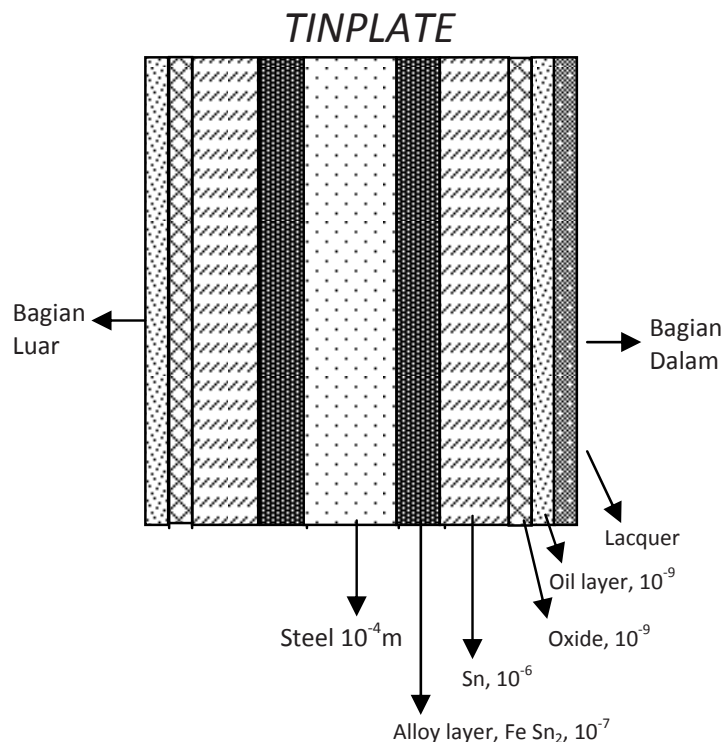
9

TINPLATE AND DOUBLE SEAM PADA MAKANAN KALENG

Bab IX, menjelaskan tentang tinsplate dan double seam, serta lacquer, kualitas double seam, double seam attributes, kegagalan double seam dan kemungkinan-kemungkinan penyebab kegagalan.

9.1. Tinplate

Kaleng makanan dibuat dari lapisan material yang membentuk suatu lembaran yang disebut *tinplate*. Lapisan dan struktur dari *tinplate* dapat dilihat pada Gambar 9.1.



Gambar 9.1 Lapisan dan Struktur *Tinplate*

Struktur *tinplate* tersusun dari lapisan tengah yang terdiri dari baja (*steel*), dan kearah kedua samping dilapisi oleh lapisan yang sejenis, berturut-turut: *alloy*, *Sn*, *oxide*, dan *oil layer*. Khusus untuk bagian dalam kaleng, dilapisi dengan lapisan *email* atau *lacquer*. Ketebalan setiap lapisan dapat dilihat pada Gambar 9.2.

Sifat-sifat *lacquer* yang diinginkan antara lain:

1. Derajat *adhesion*, *elasticity*, dan *toughness* yang tinggi
2. Tidak mempunyai bau dan tidak beracun
3. Tidak dapat dipengaruhi oleh makanan
4. Tidak mempengaruhi warna dan cita rasa makanan
5. Stabil selama pembuatan kaleng
6. Stabil pada temperatur sterilisasi
7. Ekonomis
8. Menyatu dengan *tinplate*.

Banyak tipe dari internal lacquer yang dapat dipakai untuk kaleng makanan, tetapi dapat dikelompokkan ke dalam tiga kelompok, yaitu:

- **Sulfure-resisting (SR)**, yaitu kelompok lacquer yang dipakai untuk mencegah *staining* pada permukaan *tinplate* oleh senyawa sulfur yang berasal dari makanan. *Lacquer* tersebut biasanya mengandung *zinc oxide* dan sebagai akibatnya penampakan menjadi pudar (*misty*), terutama apabila mengalengkan sayuran hijau. *Lacquer* tersebut biasanya dipakai pada *can end* (CE).
- **General Purpose (GP)**, yaitu kelompok lacquer yang menggunakan *epoxy resins*, dan sering digunakan untuk makanan yang asam. *GP-lacquers* dapat diberikan sebagai *single coat* dan disebut *GP1*, atau sebagai *two coat* dan disebut *GP2*. *Lacquer* dengan sistem *GP2* dipakai untuk makanan seperti: *beet root* dan *red berry fruits*, yang sangat mudah menyebabkan pengkaratan kaleng (*corrosive*). *Lacquer GP* juga mempunyai sifat *sulphur-resisting*. Walaupun *lacquer GP* dapat terpengaruh oleh warna makanan, tetapi masih mempunyai penampakan yang lebih bersih dibandingkan dengan *lacquer SR*.
- **Special Lacquers**, yaitu lacquers yang mengandung senyawa tambahan untuk memudahkan pengeluaran makanan dari kaleng, atau lacquer yang diwarnai dengan aluminium powder atau material lain. Beberapa jenis kaleng, terutama untuk beer dibuat dari *tinplate* yang sudah dilapisi *lacquer* dalam bentuk *sheet*. *Vinyl-based lacquer* dapat diberikan dengan cara disemprot pada kaleng yang sudah jadi agar dapat menutupi *tinplate* secara sempurna.

Beberapa tipe *lacquer* dapat dilihat pada Table 9.1. Tipe *lacquer* yang cocok untuk produk daging termasuk ikan adalah: ***phenolic, epoxy phenolic, epoxy phenolic with zinc oxide***, dan ***aluminized epoxy-phenolic***. *Epoxy phenolic* merupakan *lacquer* yang dapat dipakai untuk *general purpose*, dimana untuk hampir sebagian besar makanan dapat digunakan *lacquer* tersebut. *Lacquer* tersebut sangat tahan panas dan resisten terhadap asam dan sulfur.

9.2. Double Seam

Kebanyakan kaleng makanan (*tinplate cans*) terdiri dari tiga komponen utama, yaitu dua *ends* dan satu *body* yang dapat berbentuk *cylinder, rectangular*, atau *tapered*. Dua tipe yang terakhir biasanya untuk kaleng

produk daging dan ikan. Bagian badan dari 3 bagian kaleng tersebut mempunyai sebuah *side seam* yang mana hingga dewasa ini dibentuk dengan di-solder dengan sistem *lock joint* atau *a lap*.

Beberapa kaleng makanan hanya terdiri dari dua komponen, yaitu *the top end* dan *body* yang dibuat dari satu potong metal melalui *pressing operation*. Kaleng makanan tersebut tidak mempunyai *side seam* atau *bottom double seam*, sehingga area yang potensial untuk kebocoran dapat diminimalkan.

Tabel 9.1 Beberapa Tipe *Lacquer* Kaleng Makanan

General types of resin and components blended to produce it	Flexibility	Sulphide-stain resistance	Typical uses	Comments
<i>Oleo-resinous (drying oil and natural or synthetic resins)</i>	<i>Good</i>	<i>Poor</i>	<i>Acid fruits</i>	<i>Good general purpose range at relatively low cost</i>
<i>Sulfur-resistant oleo-resinous (added zinc oxide)</i>	<i>Good</i>	<i>Good</i>	<i>Vegetables, soups (especially can ends or as topcoat over epoxy-phenolic)</i>	<i>Not for use with acid products: possible colour change with green vegetables, e.g. spinach</i>
<i>Phenolic (phenol or substituted phenol with formaldehyde)</i>	<i>Moderate-poor</i>	<i>Very good</i>	<i>Meat, fish, vegetables, soups</i>	<i>Good at relatively low cost but film thickness restricted by flexibility</i>
<i>Epoxy-phenolic (epoxy resins with phenolic resins)</i>	<i>Good</i>	<i>Poor</i>	<i>Meat, fish, vegetables, soups, beer and beverages (first coat)</i>	<i>Wide range of properties may be obtained by modifications</i>
<i>Epoxy-phenolic with zinc oxide (zinc oxide added)</i>	<i>Good</i>	<i>Good</i>	<i>Vegetables, soups (especially can ends)</i>	<i>Not for use with acid products; possible colour change with some green vegetables</i>
<i>Aluminized epoxy-phenolic (metallic aluminium powder added)</i>	<i>Good</i>	<i>Very good</i>	<i>Meat products</i>	<i>Clean but rather dull appearance</i>

<i>Vinyl, solution (vinyl chloride-vinyl acetate co-polymers)</i>	<i>Excellent</i>	<i>Not applicable</i>	<i>Spray on can bodies, roller coating on ends, as topcoat for beer and beverages</i>	<i>Free from flavour taints; sensitive to soldering heat and not usually suitable for direct application to tinplate</i>
<i>General types of resin and components blended to produce it</i>	<i>Flexibility</i>	<i>Sulphide-stain resistance</i>	<i>Typical uses</i>	<i>Comments</i>
<i>Vinyl, organosol or plastisol, (high molecular weight vinyl resins suspended in a non-solvent)</i>	<i>Good</i>	<i>Not applicable</i>	<i>Beer and beverage topcoat on ends, bottle closures, drawn cans for sweets, pharmaceuticals, tobacco</i>	<i>As for vinyl solutions but giving a thicker, tougher layer</i>
<i>Acrylic (acrylic resin, usually pigmented white)</i>	<i>Very good in some ranges</i>	<i>Very good when pigmented</i>	<i>Vegetables, soups, prepared food containing sulphide strainers</i>	<i>Attractive clean appearance of opened cans</i>
<i>Polybutadiene (hydrocarbon resins)</i>	<i>Moderate-poor</i>	<i>Very good if zinc oxide is added</i>	<i>Beer and beverages first coat, Vegetables and soups if with ZnO</i>	<i>Cost and, hence, popularity depends on country</i>

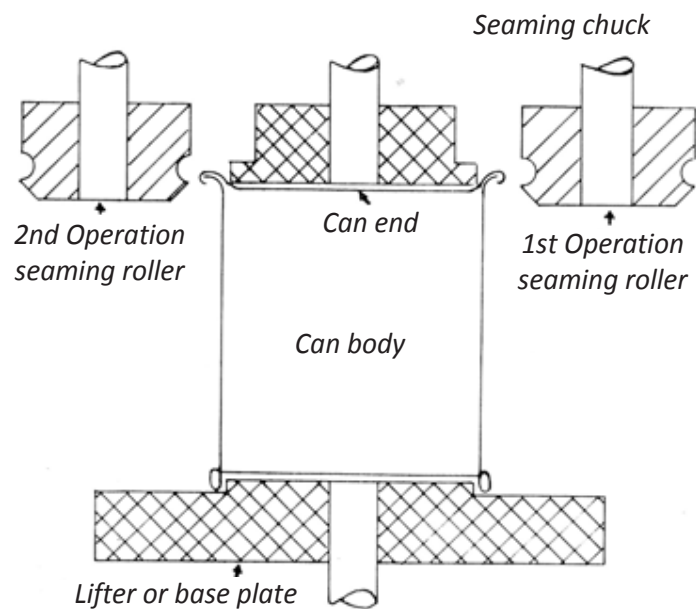
Sebagian besar tipe kaleng ini dibuat dari *aluminium alloys*, yang mana dapat ditekan agak dalam untuk membentuk kaleng silinder yang tinggi, contohnya kaleng bir. *Tinplate* dapat juga dipakai untuk membuat dua potong kaleng, tetapi biasanya untuk kaleng yang tidak terlalu dalam dan besar, contohnya untuk produk ikan, seperti sarden dan tuna kaleng kecil.

Bagian pinggir atas dan bawah dari ketiga potong kaleng (pinggir atas untuk kaleng dua potong) dihubungkan melalui *double seaming operation*. Salah satu *end* dilakukan oleh pabrik pembuat kaleng disebut *can making end* (CME) dan yang lain *can end* (CE) dilakukan oleh pabrik pengalengan ikan pada waktu proses penutupan kaleng.

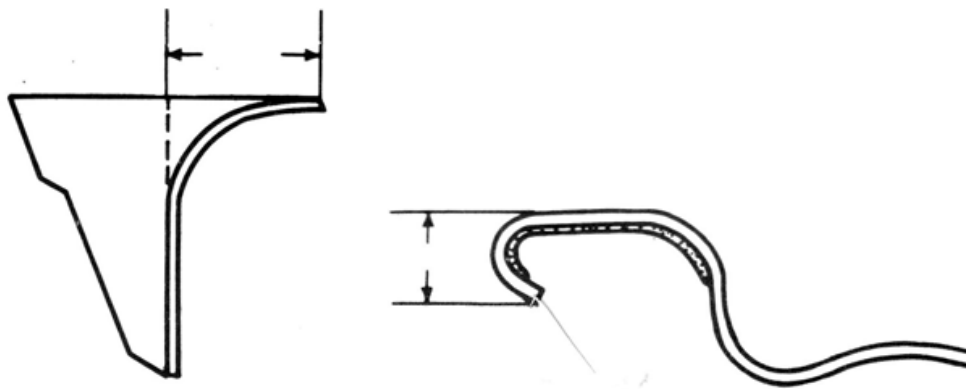
Dalam membuat *double seaming* antara *body* dan *end* dilakukan sangat rapat bersama-sama antara *lifter* atau *base plate* dan *seaming chuck* dari

penutup. Posisi kaleng pada saat penutupan dan *double seaming*, dapat dilihat pada Gambar 9.2. *First operation roller* akan bergerak ke dalam dan memutar *curl* bagian luar dari *end* ke bawah, dengan posisi di bawah *flange* (Gambar 9.3a) dari kaleng (Gambar 9.4). *Second operation roller* kemudian bergerak ke dalam dan menekan *interlocking* antara *body* dan *end* kaleng, bersama-sama membentuk *a hermetic seam* (Gambar 9.5 dan 9.6).

Pada bagian *body* kaleng, walaupun kedua *ends* dari *soldered locked side seam* dimodifikasi membentuk *lap seams*, untuk mengurangi jumlah lapisan dari *tinplate* dalam pembuatan *double seam* pada *junction* dengan adanya *side seam*, tetapi *second operation roller* dapat melompat keluar pada waktu dia melewati *junction* tersebut. Hal ini menyebabkan *seam* akan gagal pada bagian dekat *junction*, sehingga bagian ini merupakan titik terlemah pada *hermetic seaming*.



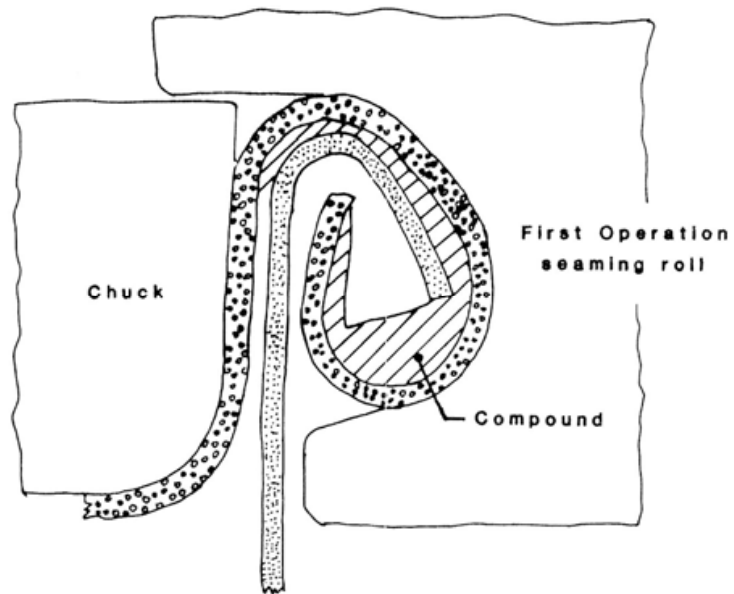
Gambar 9.2 Posisi (Cross-Section) dari Kaleng pada Closer Selama Double Seaming (First Operating Roller)



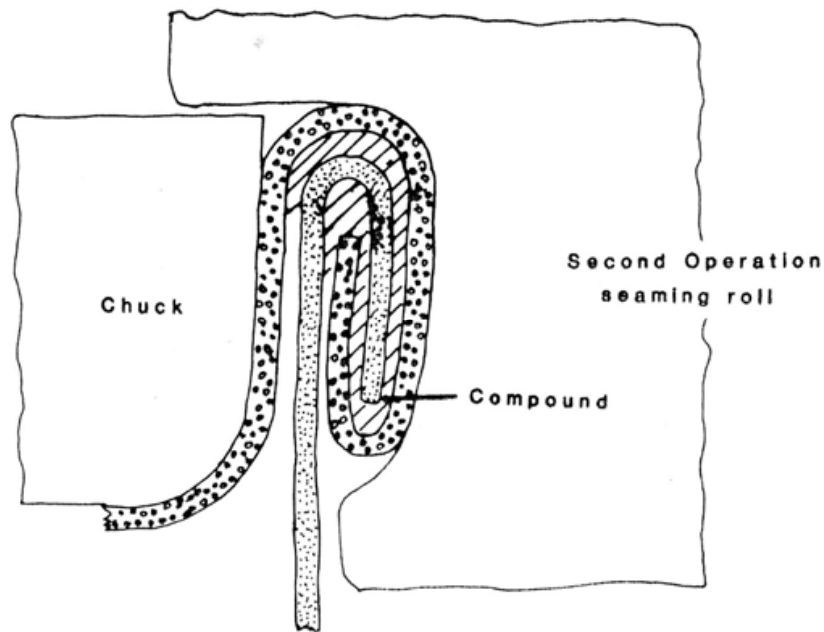
21a. Flange

21b. End curl

Gambar 9.3 End Curl Membentuk Cover Hook dan Area Dimana Sealing Compound Diberikan



Gambar 9.4 Cross-Section dari Seam Setelah Selesai First Operation



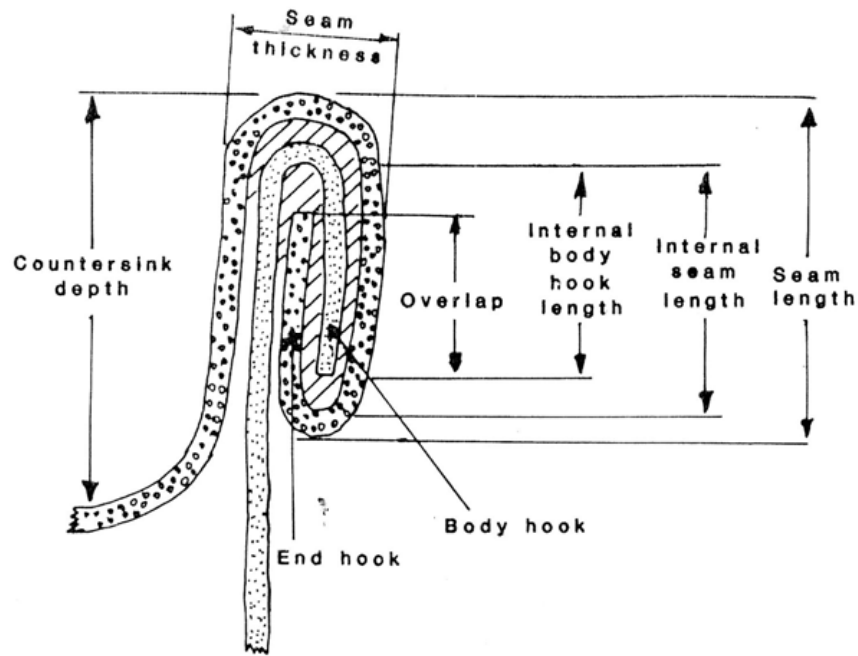
Gambar 9.5 Cross-Section dari Seam Setelah Selesai *Second Operation*

9.3. Kualitas *Double Seam*

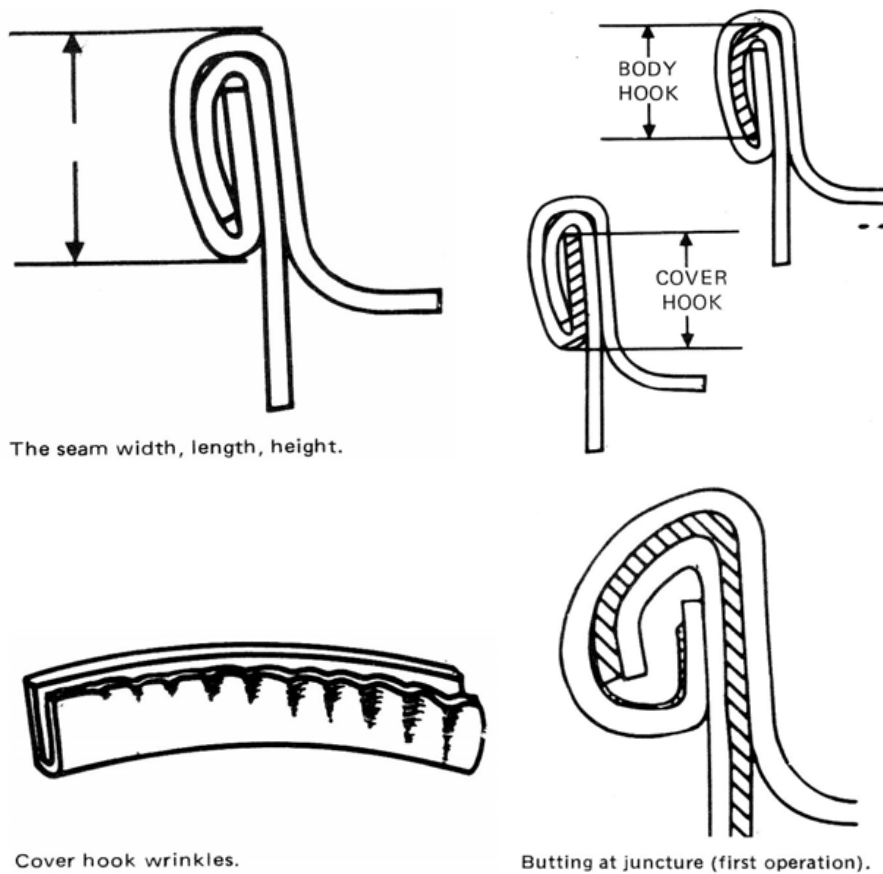
Seams harus dilengkapi dengan beberapa dimensi dan spesifikasi dari struktur, agar dapat diterima sebagai kaleng yang hermetik. Kualitas dari *double seam* tidak dapat ditentukan dari pengukuran saja, dan juga semua *attributes* dari *seam* harus dipertimbangkan bersama-sama dalam melakukan keputusan. Dengan perkataan lain, pengujian *seam* harus dilakukan oleh seorang ahli yang dilatih dan berpengalaman. Pengujian demikian harus pula dilakukan sesering mungkin untuk memastikan bahwa hanya *seam* yang baik yang dihasilkan.

Double Seam Attributes

Double seam attributes dapat dilihat pada Gambar 9.6 & 9.7.



Gambar 9.6 Cross-Section dari *Double Seam*, untuk Menunjukkan Beberapa *Attributes* yang Menentukan Kualitas *Seam*



Gambar 9.7 Beberapa Bagian Penting dari *Double Seam*

Critical Attributes

Ada 4 Critical attributes:

1. % Overlap
 2. % Body hook butting
 3. % Tightness rating
 4. % Juncture rating
- Critical
I

Overlap

$$\% \text{Overlap} = \frac{EH + BH + 1.1te - SL}{SL - 2.2te - 1.1tb} \times 100$$

% Overlap dapat diukur dengan cara memotong/merobek kaleng (*tear down measurement*).

$$\% \text{Overlap} = a/c \times 100$$

Body Hook Butting

$$\% \text{BHB} = \frac{BH - 1.1tb \times 100}{SL - 2.2te - 1.1tb}$$

atau % BHB = b/c x 100

Tightness Rating

Tightness rating adalah kelebihan *residual wrinkle* pada *end hook*, atau sama dengan *unwrinkled length* yang dihitung sebagai % dari total panjang *end hook*. Apabila *second operation* gagal, maka *tightness* rendah.

Juncture Rating

Juncture rating diperoleh dengan mengukur pemendekan dari *end hook* pada *juncture* dengan *side seam*.

Ada 2 major attributes:

1. *Body hook length*
2. *Pressure ridge*

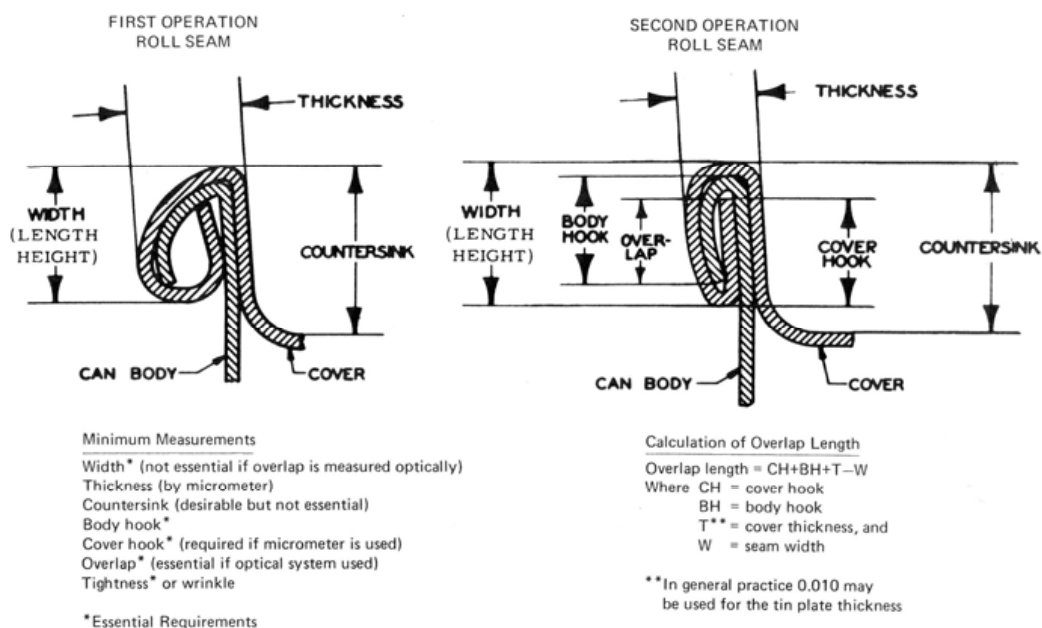
Ada 7 Supplementary attributes:

1. *End hook length*
2. *Seam tickness*
3. *Countersink depth*
4. *Seam length*

5. *Juncture thickness*
6. *External droop*
7. *Free space*

Batas penerimaan menurut *Australian Standard* adalah sebagai berikut.

- | | |
|------------------------------|--|
| 1. % <i>Overlap</i> | 45% minimum (0.75-1.15 mm) |
| 2. % <i>BH Butting</i> | 70% minimum |
| 3. % <i>Tightness Rating</i> | 70% minimum (60-60% min) |
| 4. % <i>Juncture Rating</i> | 50% minimum |
| 5. <i>Pressure Ridge</i> | <i>must be visible and continous</i> (50-100%) |
| 6. <i>External droop</i> | $\leq 20\%$ average seam length |

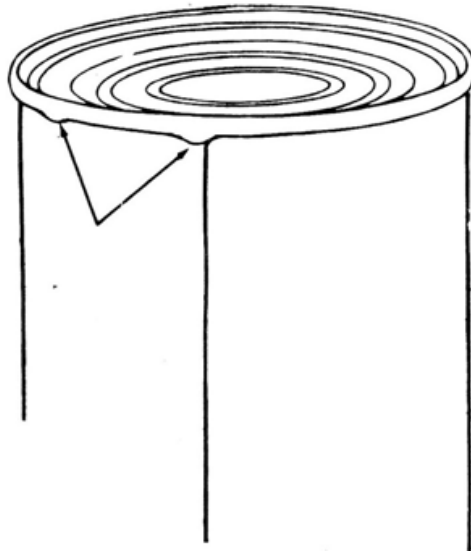


Gambar 9.8 Ukuran-ukuran yang Diperlukan untuk Mengevaluasi Lipatan Rangkap (*Double Seam*)

9.4. Kegagalan Lipatan Rangkap

Ada banyak kegagalan-kegagalan dalam membuat lipatan rangkap (*seam defects*), yang disebabkan karena kegagalan alat pada *first operation* dan *second operation*, kesalahan posisi kaleng, dan kegagalan bekerjanya alat penutup kaleng yang disebabkan karena lemahnya arus listrik. Berikut ini adalah beberapa kegagalan yang sering terjadi (Lopez, 1981).

Droop:



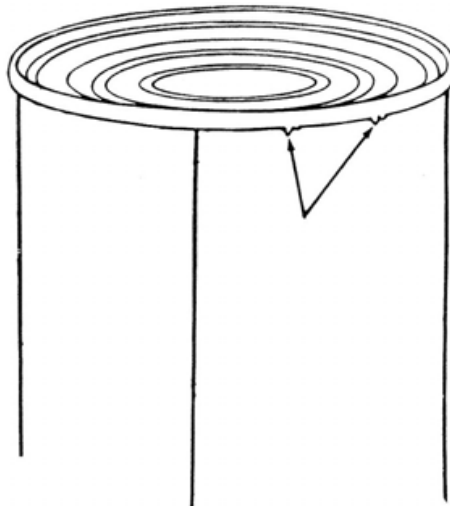
Gambar 9.9 *Droop*

Droop kelihatan seperti melebarnya *double seam* melebihi batas dari normal. *Droop* dapat terjadi pada setiap titik sekeliling *seam*, tetapi umumnya terlihat pada posisi dimana *double seam* melewati *lap* dari *side seam*. Apabila ada *droop* yang sangat kecil di sekitar *junction* ini dapat dipertimbangkan sebagai keadaan yang normal. Apabila *droop* agak besar, maka *cover hook* di bagian tersebut akan lebih pendek dari normalnya, atau tidak ada. Hal ini akan menyebabkan *cross-over juncture rating* dan *overlap* dari *cover* dan *body hooks* pada bagian ini berkurang.

Kemungkinan penyebab *droop*.

1. *Excessive body hook.*
2. *First operation too loose.*
3. *Heavy solder in side seam.*
4. *Worn first operation rolls.*
5. *Cocked can bodies.*
6. *Product trapped in seam.*
7. *Excessive amount of unequal distribution of end lining compound.*
8. *Hard or brittle plate.*

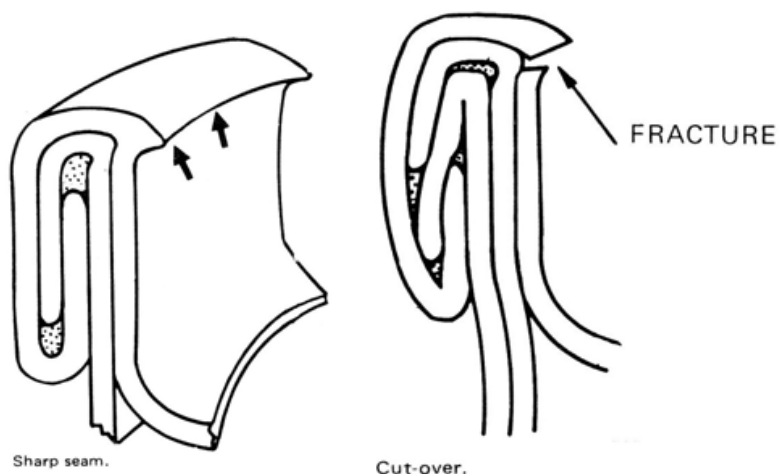
Vee atau Lip:



Gambar 9.10 *Vee atau Lip*

Vees atau *lips* adalah ketidakaturan dalam *double seam*, disebabkan oleh ketidakcocokan dan kadang-kadang tidak adanya *overlap* dari *cover hook* dengan *body hook*, yang terjadi di area kecil dari *seam*. *Cover hook* menjulur melebihi *seam* sejauh radius *cover hook*, dalam satu atau beberapa bentuk V. Kemungkinan penyebab *vee* adalah sama dengan penyebab *droop*.

Sharp seam dan Cut-over.



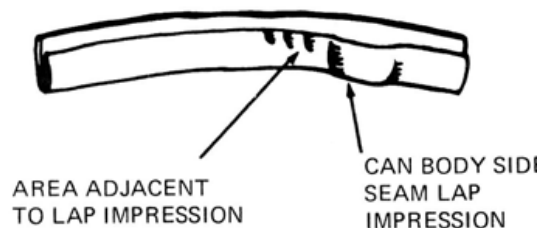
Gambar 9.11 *Sharp Seam dan Cut Over*

Sharp seam adalah penajaman bagian atas-dalam dari *seam*, apakah pada *lap* atau sekeliling *end*. Hal ini disebabkan oleh karena bagian dari *cover* tertekan pada bagian atas dari bibir *seaming chuck*, selama *double seaming*. *Sharp seam* biasanya lebih mudah diraba dari pada dilihat. *Sharp seam* adalah merupakan indikasi dari komplikasi selanjutnya, yaitu *cut over*.

Cut-over adalah *seam* yang cukup tajam hingga menyebabkan retak pada bagian atas, dan biasanya pada bagian *lap*. Kemungkinan penyebab *sharp seams* dan *cut-overs* adalah:

1. *Worn seaming chuck flange.*
2. *First or second operation seaming rolls set too tight.*
3. *Worn seaming roll grooves.*
4. *Excessive solder at can body lap.*
5. *Product in the seam.*
6. *Vertical play in seaming head assembly.*
7. *Incorrect alignment of first operation seaming rolls to seaming chuck.*
8. *Excessive vertical play of first operation seaming roll.*
9. *Excessive base plate pressure.*

Jumped Seam* atau *Jump-over



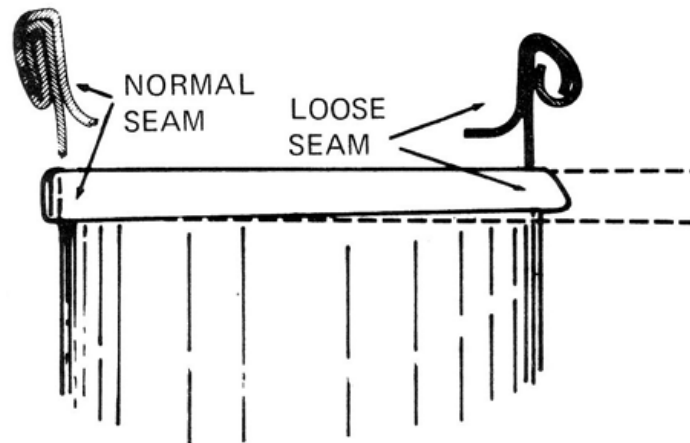
Gambar 9.12 *Jumped Seam* atau *Jump Over*

Jumped seam juga disebut *jump over*, adalah bagian dari *double seam* yang tidak terlipat cukup rapat, biasanya di bagian tepi lap. Ini disebabkan karena melompatnya *seaming roll* setelah melewati lap. Pada waktu pemeriksaan *seam*, harus benar-benar diteliti, karena merupakan area yang sangat kritis untuk kebocoran. Kemungkinan penyebabnya adalah:

1. *Operation of a closing machine at excessive speeds.*
2. *Can lap too tick at double seaming area.*
3. *Excessive solder at can lap.*

4. *Sluggish-acting or broken second operation roll cushion spring.*
5. *Excessive tight first operation roll.*

Deadhead atau Spinner



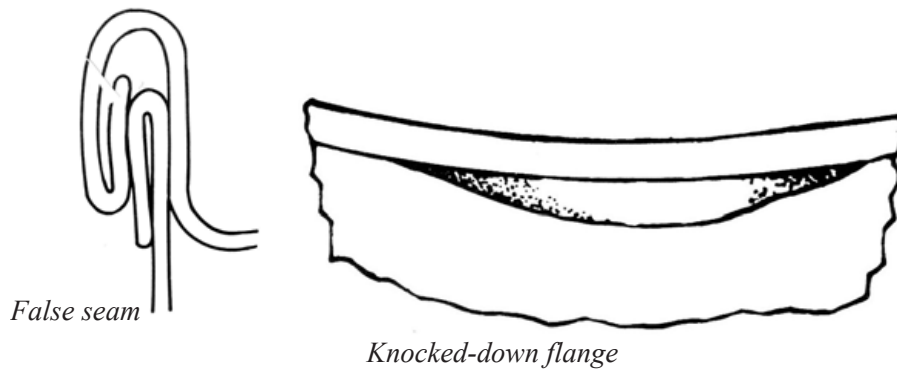
Gambar 9.13 *Dead Head atau Spinner*

Dead head adalah kasus dimana *seam* tidak sempurna yang disebabkan *chuck* berputar dalam *countersink* selama *seaming operation*. Kerusakan *seam* ini disebut juga *spinner*, *skidder*, atau *slip*.

Kemungkinan penyebab adalah:

1. *Incorrect base-plate pressure.*
2. *Improper end-fit with seaming chuck.*
3. *Worn seaming chuck.*
4. *Seaming rolls binding (not free-rotating)*
5. *Oil or grease on chuck.*
6. *Excessive vertical play of seaming chuck spindle.*
7. *Incorrect pin-gauge setting (seaming chuck too high in relation to baseplate).*
8. *Lifters not rotating freely.*

False Seam



Gambar 9.14 *False Seam dan Knocked Down Flange*

False seam adalah *seam* atau bagian dari *seam* yang tidak berlipatan (*unhooked*) dimana *cover hook* yang terlipat menghimpit *body hook* yang terlipat. Keadaan ini tidak selamanya terdeteksi melalui pemeriksaan luar. Karena itu perlu *internal examination* yaitu merobek *seam*. Penyebab *false seam* adalah:

1. *Bent can flange.*
2. *Mushroomed flanges.*
3. *Damaged or bent cover curls.*
4. *Mis-assembly of can and cover.*
5. *Can not centering on seam chuck.*

Kondisi lebih spesifik dari *false seam* adalah:

1. ***Knocked down flange***, biasanya disebabkan oleh terlipatnya *can flange* sebelum *double seaming*.
2. ***Damaged end curl***, adalah kerusakan dihasilkan ketika *end curl* rata pada satu atau beberapa bagian, menyebabkan *curl* terlipat padanya sendiri.

Kemungkinan penyebab adalah:

1. *Damage due to improper handling of end units.*
2. *Improper cover feed or cover track settings.*

Can Body Buckling



Body buckle

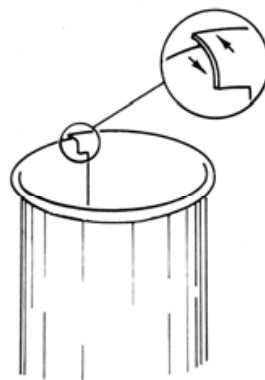
Gambar 9.15 *Can Body Buckling*

Can body buckling adalah keadaan yang ditemukan langsung setelah *seaming* selesai, dimana terlihat seperti *buckled* atau *twisted*. Biasanya terlihat di pinggir *lap*, tetapi pada kasus yang ekstrem terjadi di sepanjang *body*.

Kemungkinan penyebab:

1. *Excessive baseplate pressure.*
2. *Improper pin-gauge setting (chuck too low).*

Cocked Body



Gambar 9.16 *Cocked Body*

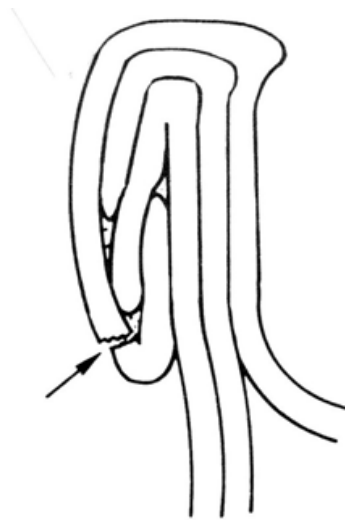
Cocked body terjadi pada waktu badan kaleng keluar dari posisinya pada waktu kaleng dibuat, menyebabkan ketidaksesuaian pada *lap* atau *juncture*.

Mis-Assembly

Mis assembly, menunjukkan kesalahan meletakkan penutup kaleng. Hal ini akan menyebabkan badan kaleng dan penutup tidak masuk sempurna dalam *closing machine*. Karena itu, *seam disconnected*. Kemungkinan penyebab:

1. *Closing machine settings or timing incorrect.*
2. *Sluggish seaming roll levers.*

Cut Seam



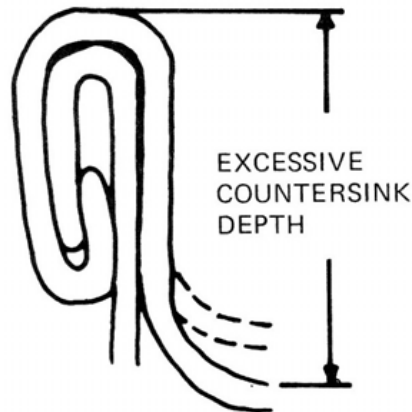
Cut seam at juncture

Gambar 9.17 *Cut Seam at Juncture*

Cut seam adalah keadaan dimana *double seam* retak di lapisan luar. Apabila ini terjadi, harus segera membuat koreksi. Kemungkinan penyebab adalah:

1. *Excessive tight seam.*
2. *Excess solder at can body lap.*
3. *Excessive sealing compound.*
4. *Defective and plate.*

Excessive Countersink Depth



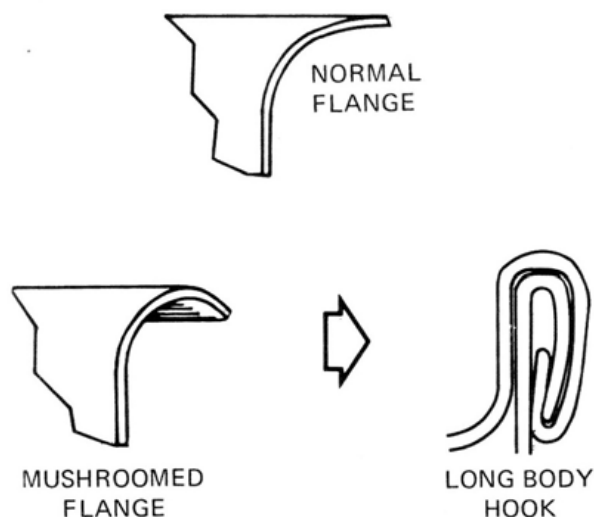
Excessive countersink depth shortens overlap.

Gambar 9.18 *Excessive Countersink Depth Shortens Overlap*

Excessive countersink depth terjadi apabila dimensi melebihi *operating limits*, dan mengakibatkan pemendekan *cover hooks* dan *overlap*. Kemungkinan penyebab adalah:

1. *Excessive baseplate pressure.*
2. *Insufficient (short) pin gauge height.*
3. *Chuck not fully seated in the end unit.*
4. *Improper seaming chuck lip height.*
5. *Improper relation of first operation roll to lip of chuck.*

Mushroomed Flange

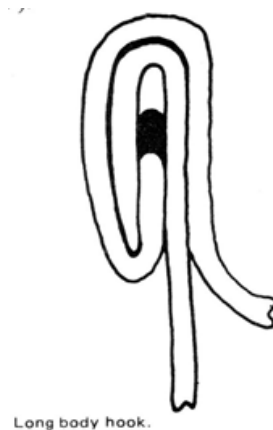


Gambar 9.19 *Mushroomed Flange*

Mushroomed flange adalah istilah untuk *flange* kaleng yang berlebihan, yang akan menyebabkan *body hook* yang panjang. Agak sulit melihat keadaan ini kecuali dilakukan pengujian *cross-section* kaleng. Kemungkinan penyebab adalah:

1. *Poor can handling practices*
2. *Over-flanging*
3. *Damage by can filler.*

Long Body Hooks



Gambar 9.20 *Long Body Hook*

Long body hook adalah keadaan dimana panjang *body hook* melebihi spesifikasi. Kemungkinan penyebabnya adalah:

1. *Excessive lifter pressure.*
2. *Incorrect pin height (pin gauge setting).* *Seaming chuck* terlalu rendah terhadap *lifter baseplate*.
3. *Mushroomed can flange.*

Short Body Hooks



Short body hook.

Gambar 9.21 *Short Body Hook*

Keadaan dimana panjang *body hook* adalah kurang dari spesifikasi. Kemungkinan penyebab adalah:

1. *Insufficient lifter baseplate pressure.*
2. *Incorrect pin height setting. Seaming chuck set too high in relation to lifter baseplate.*
3. *First operation seaming roll set too loosely.*
4. *Improperly formed can flange.*

Long Cover Hook



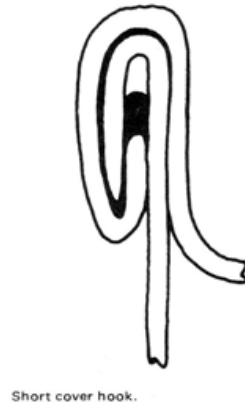
Long cover hook.

Gambar 9.22 *Long Cover Hook*

Long cover hook adalah keadaan dimana panjang *cover hook* melebihi spesifikasi. Kemungkinan penyebab adalah:

1. *First operation roll set too tightly.*

Short Cover Hook

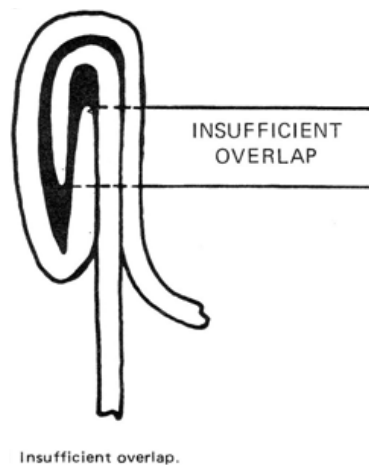


Gambar 9.23 *Short Cover Hook*

Short cover hook adalah keadaan dimana panjang *cover hook* kurang dari spesifikasi. Kemungkinan penyebab adalah:

1. *Poorly curled ends.*
2. *First operation seaming roll set too loosely.*
3. *Excessive lifter pressure.*
4. *Worn first operation seaming roll groove.*
5. *Excessive countersink depth.*

Insufficient Overlap

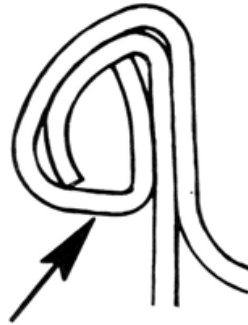


Gambar 9.24 *Insufficient Overlap*

Insufficient overlap terjadi apabila *interlock* antara *body hook* dan *cover hook* adalah kurang dari spesifikasi. Kemungkinan penyebab adalah:

1. *Can body flanges out of specifications.*
2. *Cover end curls out of specifications.*
3. *Poor adjustment of the closing machine.*

Excessively Tight First Operation Seam



Tight first operation seam

Gambar 9.25 *Excessive Tight First Operation Seam*

Excessive tight first operation seam akan menyebabkan: dasar dari *seam* agak datar, dan *seam* yang agak tajam, serta *cover hook* yang tidak sempurna. Kemungkinan penyebab adalah:

1. *Improper setting of the first operation seaming roll.*

Loose First Operation Seam



Loose first operation seam.

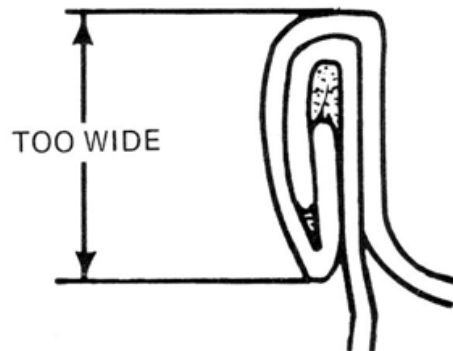
Gambar 9.26 *Loose First Operation Seam*

Apabila *first operation* terlalu lemah, *cover hook* akan tidak kontak dengan badan kaleng, dan akan menghasilkan *tuck up* dari *cover curl* untuk

membentuk suatu *cover hook* dan *overlap*, tidak sempurna. Kemungkinan penyebab adalah:

1. *Improper setting of first operation seaming roll.*
2. *Worn first operation seaming roll profile.*
3. *Worn seaming roll cam or plunger.*
4. *Worn seaming roll pins or bearings.*

Excessively Tight Second Operation Seam



Excessively tight second operation seam.

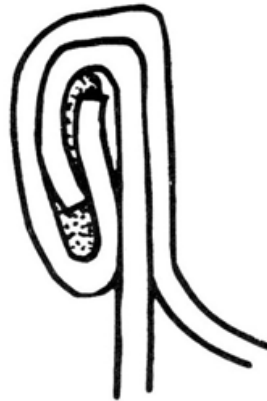
Gambar 9.27 *Excessively Tight Second Operation Seam*

Kelebihan tekanan pada *second operation* tidak akan menghasilkan *seam* yang baik, dan akan menarik metal (*tinplate*), menyebabkan: bertambahnya *width (height or length)* dari *seam*, *unhooking*, atau berkurangnya *overlap*. *Seam* akan lebih mudah bocor dibandingkan dengan *seam* yang dibuat dengan tekanan normal. Keadaan ini lebih banyak terjadi pada bagian lap dari *seam*, dan kaleng lebih sering bocor pada bagian tersebut. Kelebihan tekanan pada *second operation* juga menyebabkan *sharp seam* dan dapat menyebabkan *compound* keluar dari *seam*.

Kemungkinan penyebab adalah:

1. *Improper setting of second operation seaming roll.*
2. *Body and/or end plate abnormally thick.*

Loose Second Operation Seam



Loose second operation seam.

Gambar 9.28 *Loose Second Operation Seam*

Loose second operation akan menghasilkan *double seam* yang akan bocor, karena lipatan metal tidak ditekan secara sempurna dan bersama-sama, serta *compound* tidak dimampatkan untuk mengisi kekosongan dalam lipatan. Kemungkinan penyebab adalah:

1. *Improper setting of second operation seaming roll.*
2. *Worn second operation seaming roll.*
3. *Worn seaming roll cam or plunger.*
4. *Worn seaming roll pins or bearings.*

Fractured Embossed Codes

Fractured embossed codes terjadi apabila metal dari *end* dipotong pada *code mark*. Kemungkinan penyebab adalah:

1. *Mis-alignment of male and female type characters.*
2. *Mis-alignment of type holders.*
3. *Intermixing of new and old type.*
4. *Improper matching of male and female type.*
5. *Too deep a code mark.*

Broken Chuck

Broken chuck terjadi pada waktu bagian dari *chuck lip* rusak, menyebabkan kegagalan *seam* yang sangat banyak, Kemungkinan penyebab adalah:

1. *Severe jam in the closing machine.*
2. *Seaming rolls binding on chuck.*

3. *Metal fatigue in chuck lip.*
4. *Praying against chuck to clear a jam.*

External Inspection (Visual)

External inspection terutama dilakukan terhadap *closing machine*. Kegagalan/keganjilan *double seam* yang perlu diperhatikan untuk memeriksa dan mensetting kembali *closing machine* adalah:

1. *Cut-over or sharpness.*
2. *Skidding or dead heading.*
3. *False seam.*
4. *Droop at cross-over or lap.*
5. *Condition of inside of countersink wall for evidence of broken chuck.*
6. *Dents or scratches on body or double seam.*

Daftar Pustaka

- Ball, C. O. 1927. "Theory And Practise In Processing". *The Canner* 64 (5) : 27 – 32.
- Dewey and Almy Chemical Co. 1974. *Evaluating A Double Seam*. Cambridge: Mass: W. R. Grace and Co.
- Food Processors Institute. 1979. "Canned Foods – Principles of Thermal Process Control, Acidification And Container Closure Evaluation". 3rd Ed. *FPI Berkeley*.
- Herssom, A. C. & Hulland, E.D. 1980. *Canned Food: Thermal Processing And Mikrobiology*. 7th Ed. London: Churchill.
- Lopez, A. 1981. *A Complete Course In Canning*. 11th Ed. USA: The Canning Trade, Baltimore.
- Metal Box Co. Ltd. 1965. "The Formation And Evaluation of Double Seams". 3rd Ed. *Technical communication* No. 15.
- National Canners Association. 1968. "Laboratory Manual For Food Canners And Processors". 2nd Ed. Vol 1 CT: AVI Publishing Co. Inc. Westport Conn.
- National Canners Association. 1975. "Evaluation of Can Double Seams". Part I and II.
- Stumbo, C. R. 1973. *Thermobacteriology in Food Processing*. 2nd Ed. New York: Academic Press.

BAB

10

PENUNTUN PRAKTIKUM

Penuntun praktikum pada bab ini sebagian besar diadopsi dari laboratory Manual for Food Science Laboratory, School of Food Technology, the University of New South Wales 9th edition 1986, dengan modifikasi sesuai perkembangan ilmu dan teknologi dewasa ini, dan ketersediaan peralatan yang lebih modern di laboratorium.

10.1. Pengvakuman dan Pengukuran Vakum Kaleng

Pendahuluan

Makanan kaleng biasanya dikemas dalam sebuah kontainer yang kedap hermetis, dan dalam keadaan vakum. Vakum dapat dilakukan secara mekanis seperti umumnya di pabrik pengalengan makanan, tapi dapat juga secara manual dengan mengisi gas yang permanen di dalam kontainer dengan proses yang menggunakan uap air misalnya mengisi kaleng dengan sirup panas atau brine panas (*hot filling*). Secara mekanis, dapat memanaskan seluruh isi kaleng di dalam *exhaust box* sebelum ditutup atau dengan meniup uap air ke dalam *headspace* sesegera sebelum *seaming* (*steam flow closing*). Penghampaan kaleng secara mekanik, dilakukan secara bersamaan dengan penutupan kaleng (*exhausting and Seaming*), dengan menggunakan *vacuum closing machine*, dapat dipakai untuk beberapa makanan.

Kevakuman makanan kaleng dapat bervariasi dari rendah sampai tinggi, dimana tutup kaleng adalah yang paling ideal sebagai indikasi dari tekanan internal. Apabila tekanan internal yang kurang dari tekanan atmosfer yang disebabkan karena vakum, maka tutup kaleng akan cekung (*end concave*), atau apabila lebih besar akan cembung (*end convex*). Kevakuman kaleng dapat diukur dengan teknik destruktif ataupun teknik non-destruktif.

Tujuan dari percobaan ini adalah:

1. Mendemonstrasikan pengaruh dari beberapa variasi kaleng dan produk terhadap tingkat kevakuman makanan kaleng yang diproduksi.
2. Untuk memberikan ilustrasi penggunaan beberapa tipe alat pengukuran vakum.

Untuk melengkapi latihan ini Saudara harus memasukkan laporan dalam dua minggu setelah selesai praktikum.

Penilaian dialokasikan sebagai berikut

- | | |
|------------------|-----|
| - Bahasa | 5% |
| - Format laporan | 5% |
| - Tes persiapan | 30% |
| - Laporan | 60% |

Persiapan

Kalau Saudara dapat menjawab pertanyaan berikut Saudara betul-betul siap untuk melakukan percobaan ini.

1. Mengapa kaleng makanan harus ditutup dalam keadaan vakum?
2. Apa keuntungan dan kerugian dari “*a high vacuum*”? Bagaimana kisaran dari kevakuman yang dapat diterima terhadap sederetan besar makanan kaleng seperti: *sweetened condensed milk*”, daging, dan ikan?
3. Jelaskan prinsip operasi dari alat kevakuman yang *non-destructive*. Apa *error* yang dapat terjadi dalam pengukuran kevakuman dengan *non-destructive gauge*? Bagaimana setiap alat yang berbeda mengatasi hal tersebut?
4. Jelaskan prinsip dasar operasi sebuah *destructive gauge*, dan beri contoh tipe alat yang *destructive*. Apa *error* yang dapat terjadi dalam pengukuran kevakuman dengan alat destruktif?
5. Jelaskan pemakaian *thermodynamic theory* bagaimana Saudara mengharapkan kevakuman yang bervariasi menurut temperatur produk yang sementara diisi, dan volume *headspace*.

Prosedur Percobaan

Catatan: semua kaleng harus ditutup pada temperatur yang ditentukan. Setelah *seaming*, semua kaleng harus didinginkan di air mengalir sampai dengan temperatur yang sama. Kaleng dapat dibiarkan untuk seimbang sementara alat vakum diuji. Tandai dengan label CE atau CME dari kaleng, dan pakai CME untuk mengukur kevakuman.

A. *Hot filling*

1. Efek dari *headspace*
 - a. Dengan memakai *headspace gauge*, diisi dua kaleng ukuran 74x112,5 mm dengan air pada 80° C untuk masing-masing *headspace* sebesar 5, 9, 13, 15 dan 19 mm.
 - b. Segera tutup kaleng kemudian di-*seal* dengan menggunakan *manual can closer*, tanpa *mechanical vacuum*. Perlu diingat untuk memastikan bahwa kaleng-kaleng tersebut ditutup pada temperatur yang sama.
 - c. Segera dinginkan dengan air mengalir.

2. Efek temperatur produk
 - a. Isi masing-masing dua kaleng sampai dengan *headspace* 5 mm dengan air pada tiap temperatur berikut: 24, 45, 65, 80 dan 95° C. Lakukanlah mulai dari temperatur tertinggi sampai yang terendah.
 - b. Kaleng ditutup dan didinginkan seperti pada butir 1b dan c.
- B. *Steam Flow Closing*
1. Efek dari *headspace*
 - a. Dengan memakai *headspace gauge*, diisi dua kaleng dengan air (*tap water*, harap dicatat temperatur dari air) sampai dengan *headspace* 5 mm. Segera kaleng di-seal dengan *mechanical can closer*, dengan menggunakan *steam flow closure*.
 - b. Ulangi seperti di atas dengan menggunakan masing-masing dua kaleng pada tiap *headspace* berikut: 9, 13, 15 dan 19 mm.
 - c. Dinginkan kaleng-kaleng tersebut segera dengan air kran.
 2. Efek dari temperatur produk

Diseal dua kaleng yang mengandung air (5 mm-*headspace*) dengan menggunakan *steam flow closure* pada tiap temperatur berikut ini: 45, 65, 80 dan 95° C. Lakukanlah mulai dari temperatur yang tertinggi sampai dengan temperatur terendah.
- C. *Penentuan Kevakuman*
- Alat yang digunakan dari beberapa tipe *vacuum gauge* dapat dipakai. Terlebih dahulu uji tiap alat untuk mengetahui cara operasinya. Tentukan kevakuman pada tiap kaleng dengan menggunakan *vacuum gauge*. Kalau tersedia, pakailah *Pinnacle gauge* lebih dahulu dan standardisasi sebelum dipakai. Kemudian pakai *FIRA gauge*, perlu diingat untuk mengoperasikan *compensating air chamber* dan lubangi kaleng dari bagian tengah penutup.

Laporan

Masukan sebuah laporan dalam dua minggu setelah selesai praktikum. Pakai hasil saudara untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut.

1. Apa efek dari temperatur produk dan *headspace* terhadap *vacuum*, untuk a) *manual closure*, dan b) *steam flow closure*? (nilai 40).

2. Apakah keterbatasan secara fisik dari setiap alat sehingga mungkin menyebabkan perbedaan hasil? Kapan setiap alat dapat dipakai untuk menentukan kevakuman? (nilai 15).
3. Pada kondisi bagaimana kevakuman yang paling baik tercapai apabila memakai air sebagai produk? (nilai 5)

Daftar Pustaka

- Bigelow, W. D. and J. R. Esty. 1920. "Thermal Death Point In Relation to Time of Typical Thermophilic Organism". *Journal Infect Diseases*, 27: 602.
- Board, P. W. 1977. *Determination of Thermal Processes For Canned Foods*. 2nd Ed. North Ryde: Metric units. CSIRO Division of Food Research.
- Borrow, G. M. 1966. *Physical Chemistry*. 2d. Ed. New York: McGraw-Hill.
- Brennan J. G. 2006. *Food Processing Hand Book*. Heppenheim: Wiley-VCH Verlag-GmbH & Co. KGaA.
- Hersom A.C. and E.D. Hulland. 1964. *Canned Foods, An Introduction to Their Microbiology*. 5th Ed. New York: Chemistry Publishing Cp.
- Hersom, A.C and E.D. Hulland, 1980. *Canned Foods: Thermal Processing And Microbiology*. 7th Ed. London: Churchill.
- Holdsworth, D. and R. Simpson. 2007. *Thermal Processing of Packaged Foods*. Pullman: Springer.
- Jackson, J. M. and B.M. Shinn. 1979. *Fundamentals of Food Canning Technology*. Westport CT: AVI Publishing Co.
- Kefford, J. C. 1954. "The Laboratory Examination of Canned Foods III". *Internal Vacuum In Cans*. CSIRO Food Res. Quart.14 : 8-18.
- Lopez, A. 1981. *A Complete Course In Canning*. 11th Ed. USA: The Canning Trade, Baltimore.
- Stumbo C.R., J. R. Murphy, and J. Cochran. 1950. "Nature Of Thermal Death Time Curves For P.A. 3679 And Clostridium Botulinum". *Food Technol*. 4: 321.
- Stumbo, C. R. 1973. *Thermobacteriologi In Food Processing*. 2ndEd. New York: Academic Press.
- Teixeira A. 2006. Thermal Processing Of Canned Foods. In: *Thermal Food Processing, New Technologies and Quality Issues*. (Da-Wen Sun, Ed). Boca Raton: CRC Press.

10.2. Penetrasi Panas pada Proses Sterilisasi

Pendahuluan

Tujuan dari proses pemanasan makanan adalah:

1. Untuk membunuh sel vegetatif mikroba atau spora yang terkontaminasi pada makanan dan dapat menyebabkan kerusakan makanan atau berbahaya bagi kesehatan konsumen,
2. Untuk memperkecil kerusakan dari nutrisi dan sifat-sifat organoleptik makanan yang disebabkan oleh reaksi kimia dan enzim.

Tujuan dari praktek ini adalah:

1. Belajar untuk menyiapkan dan menguji *copper-constantan thermocouple*,
2. Belajar untuk mengoperasikan sebuah *autoclave* secara manual,
3. Mendemonstrasikan sifat-sifat pemanasan dan pendinginan dari tiga produk makanan kaleng yang berbeda,
4. Mengevaluasi efisiensi dari proses yang diamati,
5. Menentukan proses yang diberikan efisiensi yang diperlukan.

Untuk melengkapi praktek ini Saudara harus menjawab pertanyaan-pertanyaan pada akhir penuntun ini dan memasukkan laporan dalam dua minggu setelah selesai praktikum.

Penilaian dialokasikan sebagai berikut.

- | | |
|------------------|-----|
| - bahasa | 5% |
| - format laporan | 5% |
| - tes persiapan | 30% |
| - laporan | 60% |

Persiapan

Apabila Saudara dapat menjawab pertanyaan berikut, saudara termasuk sangat siap untuk melaksanakan praktikum ini.

1. Tulislah faktor-faktor utama yang menentukan apakah suatu perlakuan panas diperlukan untuk suatu makanan!
2. Tuliskan faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik pemanasan dan pendinginan suatu makanan kaleng!
3. Apa yang dimaksud dengan nilai D dan Z suatu mikroorganisme?
4. Apa yang dimaksud dengan nilai L suatu mikroorganisme?
5. Apa yang dimaksud dengan *lethal rate* suatu mikroorganisme?

6. Apa yang dimaksud dengan nilai F suatu mikroorganisme?
7. Apa yang dimaksud dengan suatu proses F_0 ?
8. Apa yang dimaksud dengan *lethal value* dari suatu proses?
9. Apa yang dimaksud dengan sebuah proses: x menit pada $y^\circ\text{C}$?
10. Pada kisaran temperatur berapa kaleng biasanya didinginkan setelah sterilisasi, dengan kecepatan bagaimana dan mengapa?

Prosedur Percobaan

Catatan : Saudara akan melakukan bagian A dan B pada kelas terpisah sebelum bagian C dan D.

A. *Persiapan dan Pengujian Thermocouples*

Persiapkan dan uji tujuh *thermocouples* sesuai yang dideskripsikan berikut ini. *Thermocouples* harus paling kurang 1.5 m panjang.

1. Pengujian *thermocouple*

Thermocouple, yang biasanya dipakai untuk mengukur temperatur pada wadah tertutup, sudah dapat dibeli di toko *hardware*, yang terdiri dari *thermocouple* yang dihubungkan dengan kawat ke *recorder* digital. Keakuratan suatu *thermocouple* dapat dicoba dulu dengan mengukur temperatur air panas, dan sebagai kontrol dipakai thermometer air raksa.

Beragam logam dan logam campuran (*alloy*) cocok dipakai pada *thermocouples* seperti: Pt/Pt rhodium, Chromel/Alumel, Fe/Con). Logam yang biasanya dipakai untuk pekerjaan pada temperatur rendah adalah *copper* dan constantan (Cu/Con). Constantan adalah suatu campuran dari 60% copper dan 40% nickel.

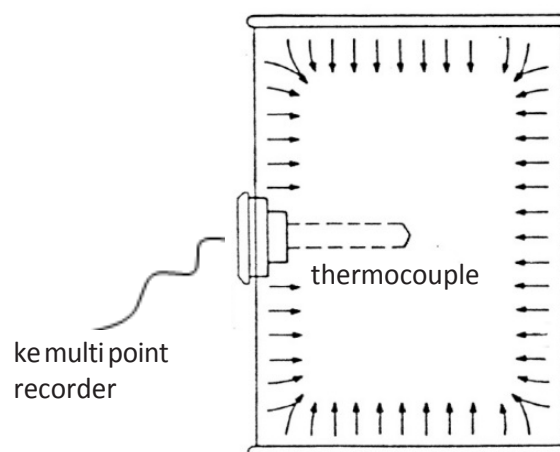
2. Menempatkan *thermocouple* pada kaleng untuk pencatatan temperatur

Thermocouple harus ditempatkan di posisi *the slowest heating point* (Gambar 6.3, Bab VI). Resin yang dipakai untuk menempel lubang dimana *thermocouple* masuk ke dalam kaleng, harus mempunyai sifat cepat keras, stabil terhadap panas dan dapat melekat (menyatu) dengan permukaan logam. Resin yang cocok adalah *rapid setting styrene (plastibornd)* atau *epoxy resins* (Davis Fuller). Resin yang dipakai untuk memperbaiki badan mobil mungkin cocok untuk maksud ini. *Epoxy* resin yang melekat lebih kuat ke logam lebih

baik. Hanya resin sejumlah yang dibutuhkan menutup lubang yang kita siapkan sesuai petunjuk pabrik. Resin harus dicampur pada suatu permukaan bahan yang dapat dibuang (contoh: kertas, atau kardus) dan peralatan yang dipakai untuk pencampuran harus bersih. Resin harus dilekatkan sebelum mengeras untuk mendapatkan *seal* yang baik.

B. Memasang *thermocouple* dalam kaleng untuk mencatat karakteristik pemanasan dan pendinginan

1. Pilih 6 kaleng, dan amplas permukaan kaleng pada titik yang tepat ($\pm 1 \text{ cm}^2$) dan bor sebuah lubang pada titik tersebut, untuk memasukkan *thermocouple*, perlu diingat lagi bahwa *thermocouple* harus ditempatkan pada *the slowest heating point* dalam produk (Gambar 6.3 dan 10.1).
2. Posisi *thermocouple* dalam kaleng seperti pada Gambar 10.1.
3. Siapkan sejumlah sealing resin untuk dengan segera dipakai untuk menutup lubang setelah *thermocouple* dimasukkan.
4. Setelah lubang selesai ditambal dengan resin, secara perlahan kaleng tersebut diisi dengan air panas dan biarkan selama 5 menit dan periksa kalau ada kebocoran. Kalau ada bocor, kaleng harus dikeringkan dan *thermocouple* di-*seal* kembali.
5. Kaleng kemudian diisi dengan produk, dan pastikan tiap kaleng mengandung jumlah yang sama, dan posisi *thermocouple* tidak terganggu.



Gambar 10.1 Posisi *Thermocouple* dalam Kaleng

- C. Persiapan kaleng untuk di proses
1. Isi 2 kaleng masing-masing dengan produk sebagai berikut:
 - a. *Tuna in fresh brine* (2% w/v salt). Isi daging tuna ke dalam kaleng dan berikan *headspace* 5 mm.
 - b. *Cream Style Corn*
Cuci biji jagung yang bebas dari gel pati dengan cara mencuci melalui saringan ukuran 1 mm. Tambahkan lautan 7% tepung yang baru dibuat dan berikan *headspace* 5 mm.
 - c. *Solid pack meatloaf*
Masukan *sausage mince* ke dalam kaleng sambil ditekan, dan berikan *headspace* kira-kira 7 mm.
 2. Tutup kaleng dengan cara vacum
- D. Pencatatan karakteristik pemanasan dan pendinginan makanan kaleng
1. Tempatkan kaleng makanan dalam *retort* dengan posisi menghadap ke atas. Tempatkan *thermocouple* untuk mencatat temperatur *retort*, di samping kaleng tetapi pastikan tidak menyentuh kaleng.
 2. Hubungkan *thermocouple* ke *multipoint recorder*. Sebelum *retort* dioperasikan, pastikan bahwa:
 - a. Semua sambungan *thermocouple* ke *recorder* baik dan berfungsi dengan baik.
 - b. Kaleng yang mengandung jagung dan larutan tepung dikocok dulu.
 3. Catat waktu dari *retort* untuk mencapai temperatur proses (*come up time*).
 4. Proses pada 121.1°C hingga semua produk mencapai temperatur *retort*.
 5. Bila semua produk sudah pada temperatur proses (setelah \pm 70 menit), matikan *retort* dan dinginkan dengan air untuk menjaga tekanan dalam *retort* tetap.
 6. Matikan uap dan beri tekanan dingin dengan menggunakan air dan udara bertekanan. Catat temperatur produk dan *retort*, hingga semuanya di bawah 90° C.
 7. Selesai proses, potong *thermocouple* pada kawat bagian luar kaleng dan kaleng dapat dibuka untuk mengamati isi dan keadaan kaleng.

Laporan

Masukan sebuah laporan dalam 2 minggu setelah praktik, juga jawab pertanyaan-pertanyaan berikut dengan memberikan asumsi, alasan dan perhitungan-perhitungan yang diperlukan.

1. Dalam bentuk *flow diagram*, tunjukkan prosedur untuk operasi secara manual dari suatu retort dimana udara dan air yang bertekanan dipakai untuk pendinginan (nilai =5).
2. Tabulasi data pemanasan dan pendinginan untuk setiap produk (nilai = 5).
3. Buat kurva pemanasan dan pendingin untuk setiap produk (nilai = 5).
4. Dari hasil tersebut di atas, hitung *lethal value* dan *Fo value* untuk proses sebagai berikut: (nilai = 10).
 - a. 20 menit pada 121.1 °C, untuk tuna *pack*.
 - b. 70 menit pada 121.1 °C untuk *corn pack*.
5. Berapa proses yang dibutuhkan untuk memberikan Fo value sebesar 20 menit untuk *solid meat pack*? (nilai =10)
6. Jelaskan bentuk dari kurva pemanasan dan pendinginan yang diperoleh untuk tiap produk (nilai =5)
7. Pertimbangkan pertanyaan berikut ini dengan reference pada *corn pack*:
 - a. Suatu mikroba *flat-sour* dengan nilai $Z=10^{\circ}\text{C}$ dan $D_{121.1^{\circ}\text{C}} = 4$ menit diketahui terkontaminasi pada produk sebanyak 10^3 /kaleng. Apakah proses selama 70 menit di atas tadi dapat mengurangi jumlah bakteri tersebut sampai pada tingkat yang dapat diterima secara komersial? Kehilangan sampai dengan 0.1% dapat ditolerir (nilai =10).
 - b. Kalau mikroba yang terkontaminasi mempunyai nilai $Z = 12^{\circ}\text{C}$, tunjukkan bagaimana Saudara memecahkan masalah tersebut. Diketahui bahwa 5 *decimal reduction* dicapai selama 25 menit pada 121.1°C. Tidak perlu melakukan perhitungan, hanya indikasikan logika Anda, beri alasan-alasan yang diperlukan (nilai=10).

Daftar Pustaka

- Ball, C. O. 1927. "Theory And Practise In Processing". *The Canner* 64 (5) : 27 – 32.
- Board, P. W. 1977. *Determination of Thermal Processes For Canned Foods*. 2nd Ed. North Ryde: Metric Units. CSIRO Division of Food Research.
- Food Processors Institute. 1979. "Canned Foods – Principles of Thermal Process Control, Acidification And Container Closure Evaluation". 3rd Ed. *FPI. Berkeley*.
- Hayakawa, K.I. 1977. "Mathematical Methods For Estimating Proper Thermal Process And Their Computer Implementation". *Adv. Food. Res* 23: 75-141.
- Hayakawa, K. I. 1978. "A Critical Review of Mathematical Procedur For Detaming Proper Heat Sterilisation Process". *Food Technol.* 32 (3): 59-65.
- Herssom, A.C. & Hulland, E.D. 1980. *Canned Food: Thermal Processing And Mikrobiology*. 7th Ed. London: Churchill.
- Stumbo, C. R. 1973. *Thermobacteriology In Food Processing*. 2nd Ed. New York: Academic Press.

10.3. Pengujian Makanan Kaleng Steril (*Commercially Sterile Cans*)

Pendahuluan

Makanan kaleng berasam sedang dan rendah ($\text{pH} > 4,5$) yang sudah mengalami proses pemanasan untuk membunuh spora *Cl. botulinum*, kemungkinan masih mengandung spora dari mikroorganisme yang lebih tahan panas, dimana di bawah kondisi penyimpanan yang normal, akan dapat mengalami germinasi dan bertumbuh. Apabila temperatur penyimpanan berkisar antara 45-55°C, dan kondisi-kondisi lain menunjang untuk pertumbuhannya, maka kerusakan seperti *swell* atau *flat sour* dapat terjadi akibat pertumbuhan spora termofilik seperti *Cl. Thermosaccharolyticum* dan *B. stearothermophilus*.

Makanan-makanan asam ($\text{pH} < 4,5$) akan menghambat pertumbuhan banyak mikroorganisme penyebab kerusakan makanan kaleng, dan makanan tersebut biasanya cukup diawetkan dengan pasteurisasi atau proses pemanasan yang rendah. Walaupun demikian, spora bakteri mesofilik dan termofilik mungkin tetap ada, tapi umumnya tidak menyebabkan gangguan kesehatan pada konsumen atau tidak menyebabkan kebusukan karena mereka tidak mampu memperbanyak diri.

Tujuan dari percobaan ini:

1. Menjelaskan kepada mahasiswa teknik pengujian makanan kaleng *commercially sterile*.
2. Menentukan apakah ada mikroorganisme pada produk yang diuji.
Untuk melengkapi praktikum ini, Saudara harus memasukkan laporan dalam waktu dua minggu setelah selesai praktikum.

Penilaian dialokasikan sebagai berikut.

- bahasa 5%
- format laporan 5%
- format laporan 30%
- test persiapan 60%

Persiapan

Kalau Saudara dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut ini berarti Saudara betul-betul siap untuk melaksanakan praktikum ini.

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan *commercial sterility*.
2. Apa kesalahan-kesalahan operasional yang dapat terjadi selama pengalengan dan *processing* yang mengakibatkan kerusakan akibat mikroorganisme?
3. Apakah temperatur penyimpanan makanan kaleng penting dalam kaitannya dengan kerusakan makanan kaleng?
4. Diskusikan faktor-faktor dan mikroorganisme yang biasanya digunakan dalam menentukan proses pemanasan yang diperlukan untuk memproduksi *a commercially sterile product*.
5. Apabila Saudara adalah seorang yang bekerja di pabrik untuk mengecek sterilitas produk komersil, bagaimana prosedur pengujian yang lain dengan yang ada pada praktikum ini.

Prosedur Percobaan

1. Saudara diberikan dua kaleng, satu kaleng adalah *spare can* untuk dikalibrasi dengan *vacuum tester* dan yang lain dipakai untuk pengujian *commercially sterility*.
2. Catat secara detail informasi dari label, kode dan segala sesuatu yang berhubungan dengan kerusakan fisik kaleng, teristimewa pada samping dan lipatan rangkap (*double seams*).

3. Cuci dan sikat seluruh permukaan kaleng, bilas dengan air bersih dan keringkan.
4. Buka *spare can*, kosongkan isinya dan bersihkan bagian dalamnya.
5. Ukur kevacuman pada kaleng yang belum dibuka dengan *can pinnacle vacuum tester* yang sebelumnya telah dikalibrasi dengan *spare can*. (Saudara dapat menggunakan kaleng yang sama, dengan menggunakan *setting* yang sama pada *vacuum tester*, sebelum dan sesudah dibuka).
6. Sterilkan bagian CME dari kaleng normal yang belum rusak dengan menggosok dengan alkohol dan dibakar. Untuk kaleng yang telah kembung, sterilisasi dapat dilakukan dengan menggosok dengan 0,2% HgCl₂, dengan menggosok dengan larutan 2% Iodine dalam 70% alkohol dan dilap dengan kain steril, atau dengan merendam selama 10 menit dalam larutan klorin (500 ppm) dibuffer untuk mendapatkan pH 6,2.

Catatan: Kaleng yang kembung jangan pernah dibakar.

7. Bersihkan, dan kemudian sterilkan pembuka kaleng yang telah disiapkan dengan api, dan keluarkan *tinplate circle* dari penutupnya dengan bantuan *tweezer steril*. Tutup kaleng tersebut segera dengan penutup petri dish yang steril.
8. Untuk persiapan sampel dan pelarut ada berbagai cara yang harus mengikuti cara untuk makanan cair atau padat.
 - a. Apabila isi kaleng mengandung potongan padat (solid) dalam brine, maka secara aseptik dipipet paling sedikit 20 ml brine kedalam tabung reaksi yang steril untuk uji pembiakan selanjutnya. Simpan pada 5°C kalau pekerjaan pembiakan ditunda.
 - b. Untuk solid atau semi-solid, secara aseptik ambil 50 gr kedalam sebuah kantong steril (*sterile stomacher bag*). Tambahkan 50 ml 0,01 peptone sterile kedalam stomacher bag sebelum diblender, untuk memberikan larutan berbanding 1:1 dari sampel asli. Pakai 1 ml dari larutan berbanding 1:1 tersebut dalam pekerjaan mikrobiologi selanjutnya seperti diindikasikan pada Tabel 10.1.
 - c. Untuk produk cair atau semi-cair, biasanya dicampur agar homogen (contoh: bakasang, kecap ikan, jus buah, dan lain-lain). Gunakan 1 ml aliquots dari keseluruhan contoh yang dicampur untuk pekerjaan pembiakan.
 - d. Simpan sebagian sampel untuk *reference* kemudian.

9. Uji isi kaleng untuk penampakan (*appearance*) dan bau (*odour*), dan ukur pH (hancurkan material yang padat dengan air steril secukupnya). **Jangan** sekali-kali mencicipi isi dari kaleng yang sudah rusak.
10. Bersihkan bagian dalam kaleng dengan mendidihkan dalam air yang mengandung *wetting agent* (non-alkali) selama 1 jam. Keringkan seluruhnya pada 105°C dan uji kaleng tersebut untuk kebocoran dengan *vacuum leakage test*. Periksa dimensi bagian sisi dan lipatan rangkap dengan memakai *can seamer micrometer* dan mikroskop, dan catat bila ada ketidak normalan.
11. Persiapkan smear, stain dengan *methylene blue* atau *crystal violet* dan periksa dengan mikroskop. Catat jumlah dan tipe mikroorganisme dengan paling kurang 10 fields. Untuk produk yang mengandung gula, kadang-kadang sulit untuk mencegah film dari pencucian slide selama staining. Gunakan film yang tipis dan keluarkan kelebihan stain dengan merendam slide secara perlahan/hati-hati dalam air di sebuah beaker glas. Jangan mencuci langsung di air ledeng. Jangan di lap! Apabila film akan dicuci selanjutnya, campur material tersebut dengan stain, lalu spread film tipis pada slide dan keringkan. Alternatifnya, uji *unstained* atau *stained wet mount* dengan menggunakan *diluted stain*. Makanan yang mengandung fats, harus di fix pada slide dalam keadaan panas (*heat fixed*). Sementara panas, teteskan dengan xylol pada permukaan dan stain seperti biasanya. Catatan: Pecahkan material yang padat dengan spatula yang steril dan pindahkan sebagian ke slide. Mikroorganisme akan lebih mungkin ditemukan pada permukaan yang padat daripada cairan karena mereka cenderung untuk *settle*.
12. Tentukan pekerjaan pembiakan yang sesuai dari Tabel 10.1, Jangan melakukan tanpa diskusi dengan dosen atau tutor. Ingat bahwa ini adalah produk yang tersedia secara komersial dan Saudara mengharapkannya juga bahwa produk tersebut steril secara *commercial*.
13. Setelah inkubasi selama 24 jam, periksa biakan dengan mikroskop.
14. Diskusikan pertanyaan no.5 dengan tutor Saudara.

Tabel 10.1 Media dan Inokulasi yang Digunakan dalam Pengujian Makanan Kaleng

Media	Wadah	Pengenceran	Temp. inkubasi °C	Mikroba
<i>Dextrose tryptone Agar</i>	<i>Petri dishes</i>	10^0 & 10^{-1}	50	<i>flat sours (thermophilic spores)</i>
<i>Brain heart agar</i>	<i>Petri dishes</i>	10^0 & 10^{-1}	37 and 50	<i>aerobic bacteria</i>
<i>Brain heart agar</i>	<i>Petri dishes</i>	Heated * 10^0 & 10^{-1}	37 and 50	<i>aerobic spores</i>
<i>Brain heart Broth</i>	<i>Test tubes</i>	10^0 or 1:1	37 and 50	<i>sterility for aerobes</i>
<i>Acidified potato dextrose agar</i>	<i>Petri dishes</i>	10^0 & 10^{-1}	30	<i>Yeasts and moulds</i>
<i>Pork infusion agar (liquify before use)</i>	<i>Deep tubes approx. 4 cm agar</i>	10^0 & 10^{-1}	37 and 50	<i>anaerobes</i>
<i>pork infusion agar (liquify before use)</i>	<i>Deep tubes approx. 4 cm</i>	Heated * 10^0 & 10^{-1}	37 and 50	<i>anaerobic spores</i>
<i>Cooked *** meat (O₂ free)</i>	<i>test tubes (stratified) ****</i>	10^0 or 1:1	37 and 50	<i>Sterility check for anaerobes</i>
<i>Liver broth</i>	<i>Test tubes</i>	Heated * 10^{-1}	37 and 50	<i>Aerobic spores</i>
<i>Liver broth</i>	<i>Test tubes (stratified) ****</i>	Heated * 10^{-1}	37 and 50	<i>anaerobic spores</i>

* Panaskan cairan atau padatan selama 10 menit pada 80°C. Encerkan menjadi 10^{-1} dan biakan.

** Tambah 1 ml asam tartarat 10% steril pada setiap botol (100ml) agar meleleh. Sebelum dituang ke cawan petri. pH terakhir 3,5. Buang semua media yang diasamkan, jangan dipakai sebagai media asam yang dihidrolisa.

*** Hampakan media *cooked meat*, dengan memanaskan pada air mendidih, sebelum dipakai, Keluarkan oksigen dengan cara *stratifying* dengan *nutrient agar* atau paraffin 1-2 cm. Tuang perlahan pada sisi *sloping tube* dan biarkan bercampur dan menjadi asam pada bagian permukaan 1 cm, untuk mencegah pengeringan dan menjadi kering dan terpisah.

**** *Stratify liver broths with plug of nutrient agar* (lihat ***).

Laporan

Sebuah laporan teknis diperlukan yang harus menyatakan semua hasil uji. Dalam mempersiapkan laporan, Saudara pertimbangkan bahwa Saudara adalah sebagai petugas teknis yang melakukan sebuah survei pasar untuk kebutuhan Kementerian Kesehatan (BPOM) dan Saudara mempresentasikan laporan saudara pada manajer laboratorium dan

staf. Saudara harus menentukan apakah produk tersebut *commercially sterile* atau tidak dan bagaimana Saudara menyimpulkan.

Daftar Pustaka

- Arnoldi, A. 2001. Thermal Processing and Food Quality: Analysis and Control. In: *Thermal Technologies in Food Processing*. (Richardson, P. Ed). Cambridge: Woodhead Publishing Limited.
- Board, P. W. 1977. *Determination of Thermal Processes For Canned Foods*. 2nd Ed. North Ryde: Metric Units. CSIRO Division of Food Research.
- Herson, A. C & Hulland E. D. 1980. *Canned Foods: Visual Processing And Microbiology*. 7th Ed. London: Churchill.
- Holdsworth, D. and R. Simpson. 2007. *Thermal Processing of Packaged Foods*. Pullman: Springer.
- Kefford, J. C. 1954. "The Laboratory Examination of Canned Foods III". *Internal Vacuum in Cans*. CSIRO Food Res. Quart. 14 : 8-18.
- Lopez, A. 1981. *A Complete Course In Canning*. 11th Ed. USA: The Canning Trade, Baltimore.
- National Cannery Association. 1968. "Laboratory Manual for Food Cannery and Processors". 2nd Ed. Vol 1 Westfort CT: AVI Pub Co.
- Stumbo C.R., J. R. Murphy, and J. Cochran. 1950. "Nature of Thermal Death Time Curves For P.A. 3679 And Clostridium Botulinum". *Food Technol.* 4: 321.

10.4. Diagnosa Kerusakan Makanan Kaleng

Pendahuluan

Pada percobaan ini Saudara diberikan satu kaleng ikan yang disiapkan untuk simulasi suatu tipe kerusakan tertentu. Tujuan dari percobaan ini adalah untuk mendiagnosa penyebab dari kerusakan dan untuk mendapatkan kesimpulan Saudara dari data yang didapat dari pengujian mikrobiologis isi kaleng di samping pengujian terhadap lipatan rangkap kaleng dan kerusakan fisik kaleng lainnya.

Untuk menyempurnakan percobaan ini Saudara diharapkan memasukkan jawaban dari pertanyaan bersama-sama dengan laporan, dalam waktu 2 minggu setelah selesai percobaan laboratorium.

Penilaian dialokasikan sebagai berikut.

Bahasa	5%
Format	5%
Test persiapan	30%
Laporan	60%

Persiapan

Apabila Saudara menjawab dengan benar pertanyaan-pertanyaan berikut, Saudara akan lebih siap untuk melakukan percobaan ini.

Tulis sebuah tinjauan pustaka yang tidak lebih dari 5 halaman, dengan menggunakan referensi yang diajukan di sini dan jawab pertanyaan berikut ini.

1. Sebutkan mikroba yang umum diasosiasikan dengan kerusakan makanan kaleng, dan yang spesifik dengan kerusakan ikan kaleng?
2. Apa signifikansi dari media yang dipakai dalam percobaan ini untuk isolasi mikroba yang berhubungan dengan makanan kaleng?

Prosedur Percobaan

Beberapa hal yang perlu perhatian khusus:

1. Jangan memanaskan kaleng yang cembung, gunakan larutan 0,2% HgCl_2 yang telah disiapkan untuk sterilisasi. Gunakan *funnel* steril dan *puncturing rod* yang telah disiapkan untuk melubangi kaleng yang cembung. Biarkan *funnel* di tempatnya dan *rod* dengan perlahan ditarik dan biarkan berbuih untuk menghentikan. Bawa pelubang kaleng dalam aluminium dish yang telah disiapkan.
2. Kaleng kemungkinan mengandung mikroba patogen atau mengandung toksin, dan teknik yang khusus harus dilakukan. Jangan mendeteksi kerusakan makanan kaleng dengan cara mencicipi. Letakkan pipet yang sudah dipakai dalam larutan untuk mensterilkan yang telah disiapkan dalam tabung, dan makanan yang telah terkontaminasi dalam tempat yang telah disiapkan.
3. Semua kaleng berisi ikan dalam *brine* atau minyak.
4. Walaupun Saudara hanya diberikan satu kaleng, tetapi ada baik bila mengambil beberapa kaleng sampel untuk pengujian. Satu kaleng yang Saudara uji disiapkan untuk simulasi suatu kerusakan

sedapat mungkin sama seperti pada kenyataan. Saudara harus dapat menentukan penyebab dari kerusakan, berdasarkan pada informasi yang didapatkan dari pengujian.

5. Tipe dari kerusakan yang disimulasi dapat saja sebagai tipe dari kerusakan makanan secara umum, dan tidak harus tipe yang khusus.
6. Semua kaleng harus yang sudah rusak. Tidak ada kaleng yang baik di antara sampel. Isi dari beberapa kaleng mungkin masih steril, dan harus dipertimbangkan sebagai suatu kaleng yang menunjukkan tanda kerusakan.
7. Pada percobaan yang lain Saudara akan menggunakan media dan kondisi yang lebih luas untuk menguji suatu *commercially sterile can* untuk dua alasan:
 - 1) sebagai koreksi pada teknik saudara, dan
 - 2) untuk melihat apakah ada mikroorganisme yang ditemukan.

Metode ini tidak harus dipakai untuk pengujian rutin dari kaleng yang rusak. Catatan di bawah ini tentang metode dari diagnosa kerusakan makanan kaleng, harus diikuti.

1. Pengujian mikroskopis secara langsung harus dilakukan untuk mendapatkan suatu perkiraan dari jumlah mikroorganisme yang ada dan pengenceran sampel untuk plating yang akan dilakukan. Kalau tidak ada mikroba ditemukan, maka tes sterilitas kemudian harus dilakukan. Biasanya, viabilitas organisme apa pun harus diperiksa.
2. Apabila mikroorganisme anaerob adalah yang hendak ditumbuhkan di tabung bagian dalam, maka diperlukan agar yang dalamnya hanya 4 cm.

Metode Diagnosa Makanan Kaleng

Tujuan dari pemeriksaan makanan yang rusak setelah dikemas dan diproses dalam kaleng atau kontainer glass adalah:

1. Untuk menentukan apakah kaleng/kontainer tersebut mengandung mikroorganisme;
2. Untuk menentukan apakah mikroorganisme tersebut mampu untuk *survive* pada proses pemanasan yang diberikan; dan

3. Untuk mendiagnosa penyebab kerusakan, seperti: *post-process infection*, *under-processing*, *pre-process spoilage*, *chemical* atau *physical spoilage*, atau *overfilling*.

A. Pengujian Bakteriologis Kaleng yang Telah Rusak

1. Sejarah dari Sampel

Semua hal tentang makanan kaleng tersebut secara detail harus dilaporkan sebagai berikut.

- a. Kode makanan

Laporan tentang kode sangat dibutuhkan dalam hal penyelidikan atau perbandingan selanjutnya. Semua Kaleng/kontainer harus ditandai secara permanen (misalnya digores) waktu diterima sehingga tiap sampel akan diidentifikasi kemudian secara pasti.

- b. Proses

Untuk bagian ini terutama semua yang menyangkut *manufacturing* secara detail, terutama proses pemanasan terhadap makanan tersebut. Nilai *F_o equivalent* dari proses dapat diperkirakan atau dikalkulasi. Pengetahuan tentang proses pemanasan adalah penting dalam mempertimbangkan hasil uji mikrobiologis. Untuk sejarah sebelumnya, perlu diketahui secara detail tentang penyimpanan: lamanya, temperatur, dan kondisi penyimpanan; apakah kerusakan terjadi pada *batch* tertentu atau pada *process line* tertentu, dan informasi tentang total buangan dalam *batch* tersebut. Data-data yang dikumpulkan dari pertanyaan-pertanyaan yang kritis dari seorang ahli akan menunjuk masalah dan menghindari penyelidikan laboratorium yang tidak perlu, atau paling kurang membantu pemeriksa dalam merencanakan diagnosanya.

- c. Inkubasi

Beberapa masalah kerusakan dapat terjadi dari adanya bakteri *thermophilic* yang *survive* dari pemanasan. Inkubasi kaleng pada 50°C untuk periode sampai dengan 2 minggu dapat dipakai untuk merangsang dan mempercepat pertumbuhan spora dalam produk, dengan demikian menyederhanakan untuk mendeteksi.

2. Penampakan luar

Catat penampakan pada kondisi awal sebagai kondisi pada saat diterima atau kondisi pada saat kaleng dibuka.

Percobaan ini didesain untuk sterilitas atau tes inkubasi di samping diagnosa kerusakan. Biasanya kaleng yang rusak dapat dibuka tanpa inkubasi. Catat setiap tanda kebocoran dan tipe dari *swelling* (*hard, soft, breathers, springer, flipper* atau *buckled*).

Berat sebelum dibuka harus dilaporkan sebab kelebihan pengisian (*overfilling*) dapat ditentukan dengan membandingkan berat yang biasanya dari pengisian isi kaleng dengan perbedaan antara berat kaleng sebelum dibuka dan berat dari kontainer setelah kosong. Kevakuman kaleng juga dapat diukur pada saat ini.

3. Pembukaan kaleng

Kaleng dapat dibuka dengan menggunakan teknik yang aseptik. Saudara harus dapat melakukan cara tersebut dengan baik. Adalah pengalaman yang baik untuk Saudara membuktikan keandalan teknik yang dipakai dengan menguji kaleng makanan yang diketahui steril.

a. Membersihkan kontainer

Bersihkan seluruhnya dengan sabun dan air, bila perlu digosok.

b. Sterilisasi permukaan yang akan dibuka

Kaleng biasanya dibuka pada bagian CME yang tidak ada tanda cacat, dan biasanya pada dekat akhir dari tanda solder pada lipatan rangkap.

i. *Flat or slight swell*

Gosok permukaan dengan alkohol dan panaskan dengan api pada ujung kaleng (pegang pada posisi berlawanan) untuk kontainer gelas, harus lakukan seperti pada poin ii.

ii. *Swell or hard swell*

Sterilkan dengan cara menggosok dengan kapas steril yang dicelup dalam larutan merkuri klorida (Hg Cl₂, 0,2%, mengandung sedikit detergen untuk membantu tetap basah), larutan klorin (200mg/l) atau larutan fenol (5%), dan keringkan permukaan dengan lap/kapas steril.

Keluarkan kelebihan tekanan gas dalam kaleng dengan menggunakan sebuah *inverted filter funnel* yang steril

dilengkapi dengan paku panjang (Herson and Hulland, 1969), atau dilap dengan lap steril sekitar bagian yang terbuka. Tutup kaleng yang telah dilubangi dengan lap steril.

iii. *Opening Instrument*

Pembuka kaleng yang dipakai harus khusus yang tidak merusak lipatan rangkap. Pembuka kaleng disterilkan dengan merendam dalam alkohol dan dibakar. Segera setelah sterilisasi bagian permukaan kaleng dan pembuka kaleng, keluarkan penutup kaleng dengan pembuka kaleng dan tutup bagian yang terbuka dengan petridish yang steril.

iv. *Isi Kaleng*

Pindahkan secara aseptik sampel ke dalam tabung atau botol yang bermulut lebar. Sampel tersebut dibutuhkan untuk uji pembiakan bila diperlukan untuk menciptakan keadaan alami dari mikroorganisme pembusuk, dan isolasi mikroorganisme untuk studi selanjutnya.

Pipet dengan mulut lebar dipakai untuk memindahkan sampel cair atau semi cair, sedangkan alat spesial (*cork-borer type*) dipakai untuk memindahkan potongan-potongan makanan dari kaleng besar atau kemasan padat. sampel yang besar (20-30 gr atau 20-30 ml) sebaiknya diambil karena banyak uji yang diperlukan. Sampel tersebut dapat dipakai segera atau disimpan pada 2°C, sementara pengamatan pH dan mikroskopis dilakukan untuk menentukan apakah uji pembiakan diperlukan.

4. Penampakan makroskopis atau ketidaknormalan

Buat catatan untuk ketidaknormalan warna, bau, penampakan secara umum (seperti *sloppiness* dibandingkan dengan kaleng yang tidak rusak) dan kekeruhan dari bagian cair. *Brine* yang keruh pada kaleng sayuran adalah sering merupakan indikasi dari pertumbuhan bakteri. Segala kekurangan dari ketidaksamaan dari satu kaleng terhadap yang lain adalah menunjukkan adanya kerusakan.

5. pH

Derajat keasaman atau pH adalah parameter yang sangat penting dan harus diukur dengan sebuah pH meter elektroda gelas untuk semua kaleng/kontainer. Untuk produk cair, pengukuran dilakukan pada contoh dari cairan tersebut. Untuk produk yang solid, dibuat lebih dahulu menjadi semi-fluid dengan mencampur dengan *aqudest* dengan berat yang seimbang. Perbandingan pH antara kaleng yang rusak dengan yang normal adalah diagnosa yang berguna terutama dalam menentukan kerusakan *flat-sour*. Selanjutnya, kebanyakan tipe kerusakan makanan menyebabkan perubahan pada pH, dimana penurunan pH adalah lebih umum daripada kenaikan pH. Kisaran pH yang normal pada produk yang belum rusak, disajikan pada Tabel 10.2. Pada kondisi yang bebas bakteri, inkubasi pada 50°C biasanya menyebabkan penurunan pH beberapa persepuluh unit pH.

6. Pengujian Mikroskopis

Pengujian mikroskopis secara langsung barangkali lebih penting di antara berbagai pengujian untuk mendeteksi kerusakan pada produk yang diproses dengan pemanasan, paling tidak ini adalah yang paling cepat dan biasanya hanya merupakan pengujian yang diperlukan dalam pekerjaan rutin. Sebuah 2 mm *oil-immersion objective* dengan total pembesaran kira-kira 1.000 x dipakai dengan menggunakan cahaya yang biasa atau *phase contrast microscope*, pengujian dari contoh *unstained* terutama dengan fase kontras biasanya sangat berguna, dengan adanya organisme yang *motile* menunjukkan bahwa organisme dalam produk masih hidup.

a. Persiapan slide

Smears. Letakan satu tetes produk (yang cair) atau material yang basah pada slide yang bersih dan sebarkan menjadi suatu lapisan film tipis dengan slide yang lain seperti pada persiapan *smears* darah.

Tabel 10.2 Nilai pH dari Beberapa Makanan Kaleng Komersial

Makanan	Rerata pH	Makanan	Rerata pH
Apples	3.4	Passionfruit juice	2.7-3.2
Apricots	3.7-4.0	(<i>P. edulis</i> , sim)	
Asparagus	5.0-5.5	Pears	4.3
Beans		Pickle	2.7-3.1
Fresh	5.3(4.9-5.5)	Pineapple	3.4
Strained	5.1	Pineapple juice	3.5
Baked+/- pork	5.3	Potatoes	5.1-5.5
Green	5.1	Potato salad	4.3
Green, pickled	3.5	Plums	3.3-3.7
Soy	6.4	Prune juice	3.9
Beef, corned	5.8-5.9	Raspberries,	2.7-3.5
Beets	5.1-5.7	Loganberries	
Cabbage, red	4.2	Relish	3.0
Carrots	5.1-5.5	Rhubarb	3.1
Cheese	4.8-5.5	Sauerkraut	3.5
Cherries	3.2-4.0	Shrimps	6.7-7.0
Chicken	6.2	Soups	
Corn	6.2-6.5	Bean	5.4
Crabmeat	6.8	Beef-broth	6.0
Frankfurters	6.2	Chicken	5.7-6.4
Fruit cocktail	3.8	Mushroom	6.4
Graperfruit	3.2-3.4	Oyster	6.6
Graperfruit juice	3.2	Pea	6.0
Ham, spiced	6.1	Tomato	4.6
Lime juice	4.2	Vegetable	5.1
Luncheon meat, pork	6.1	Spaghetti in	5.4
Milk, evaporated	6.1	Tomate sauce	
Mushroom	6.3	Tomatoes	4.4
Onions, acidified	4.4-4.7	Tomato juice	4.2
Boiled and acidified		Tomato puree	4.4
Orange & Grapefruit	3.4	Tuna	5.8
Segments		Vegetables, mixed	5.5
Orange juice	3.7		
Orange pulp	3.4		
Peaches	3.7-3.8		

Biarkan kering dengan memanaskan pada api. *Smears* tipis yang disiapkan dengan cara ini, cenderung mencegah adanya sisa-sisa mikroorganisme dan memberikan fiksasi yang lebih baik karena banyak film yang baik cenderung tercuci selama *staining*. *Smears* dari produk daging akan mengandung bahan lemak tapi film yang tipis dapat dibuat. Menghilangkan lemak dengan pelarut lemak seperti alkohol atau aseton biasanya tidak diperlukan.

b. *Staining*

Teknik *staining* yang paling berguna yang dipakai dalam mikrobiologi adalah *gram stain*. Modifikasi Hucker dari stain dibuat seperti berikut.

- i. *Smear* yang telah dibuat distain dengan larutan ammonium oksalat kristal violet untuk 1 menit.
- ii. Dibilas dengan air leding.
- iii. Basahi slide dengan larutan gram's iodine untuk 1 menit.
- iv. Cuci dan keringkan.
- v. Hilangkan warna dengan etanol 95% selama 30 detik.
- vi. Keringkan dan counterstain dengan safarin selama 10-30 detik.
- vii. Cuci dan keringkan.

Wet mouth. Teteskan 1 tetes cairan pada slide dan tutup dengan *coverslip*. Ini teristimewa berguna untuk produk dalam sirup yang mengandung gula tinggi, yang mana biasanya tercuci selama *staining*, kalau *smear* dengan cara *heat fixed*. Tipe persiapan ini dapat dipakai tanpa *staining* untuk *test motility* atau *phase contrast microscopy*. Teknik *hanging drop* disarankan untuk studi motility. Dengan teknik ini fokus pertama adalah pada pinggiran dari tetesan dan banyak mikroorganisme akan kumpul di bagian *interface*. *Scanning* kemudian dapat dilakukan pada keseluruhan tetesan.

c. Metode membersihkan slides

Slide yang sudah dipakai dapat dibersihkan seperti berikut. Rendam dalam xylol untuk menghilangkan *immersion oil*, didihkan 10 menit dalam larutan detergen alkalin, kemudian bilas, dan panaskan pada campuran dari konsentrasi *chromic*

acid dan asam sulfat panas. Bilas seluruhnya pada air mengalir, kemudian dengan aquades dan simpan dalam alkohol 95%. Tetapi dalam percobaan ini Saudara tidak perlu membersihkan slide yang Saudara pakai.

d. Interpretasi

Dari pengujian *smears*, ahli bakteriologi mencari jawaban terhadap pertanyaan-pertanyaan berikut.

- i. Apakah ada cukup mikroorganisme sehingga menyebabkan kerusakan misalnya 10 atau lebih per *field*?

Interpretasi untuk produk yang sudah busuk biasanya sederhana. Sering produk yang busuk akan mempunyai 20-100 organisme per *microscope field*. Jumlah yang paling besar biasanya diasosiasikan dengan organisme yang kecil dan hampir selalu tipe *non-sporing*. Karena bakteri pembentuk spora relatif besar, maka jumlah yang ada pada makanan kaleng yang rusak karena *under-processed* umumnya lebih kecil dari pada kerusakan pada produk yang sama karena kebocoran. Hal yang sama, produk yang asam akan rusak oleh ragi (*yeast*) yang merupakan organisme relatif besar kemungkinan mengandung jumlah yang kecil per *field*. Pada beberapa produk yang normal, *slides* jelas bebas dari bakteri, dan banyak yang diamati tanpa menemukan satu atau dua organisme. Pada produk yang lain, kondisi normal untuk beberapa alasan, diasosiasikan dengan jumlah besar organisme, dan Saudara perlu mengetahui informasi tentang beberapa produk yang tidak rusak sebagai acuan, seperti pada Tabel 10.3.

- ii. Apakah ditemukan *single type organism* atau *mixed types* atau *non-heat resisten*?

Non-acid product

Kalau kerusakan oleh karena sejumlah besar *cocci* atau tipe *heat labile* yang lain, yang mana dapat dikenali secara *microscopically*, kesimpulan kemungkinan karena *post-processing contamination*. Ini dapat diverifikasi tanpa disangsikan lagi kalau *non-sporing organism* ditemukan pada pembiakan atau *test motility*. Untuk produk yang *under-processed*, bakteri bentuk *rods* akan ditemukan dalam semua

kaleng. Walaupun organisme-organisme itu memproduksi spora pada kondisi pembiakan yang cocok, adalah suatu kekecualian dan bukan aturan untuk menemukan organisme pembentuk spora dalam kontainer. Pembiakan yang dibuat dari makanan kaleng yang rusak sebagai akibat *under-processing* harus dinyatakan sebagai biakan murni dari organisme tersebut.

Acid products

Campuran organisme *non-sporing* disarankan sebagai indikasi *post-process contamination*, sementara tipe yang sama dari organisme *non-sporing* pada semua wadah menunjukkan *under-processing* atau tidak ada proses pemanasan sama sekali.

Tabel 10.3 Pengujian Mikroskopis Makanan Kaleng yang Tidak Rusak

Product	Normal product shows on each microscopic field (x1000)		
	None or few organisms	A few organisms on most fields	More than 3 or 4 organisms in most fields
<i>Tomatoes</i>	+	+	
<i>Tomato juice</i>	+	+	+
<i>Citrus juice</i>	+	+	
<i>Carrots</i>	+		
<i>Parsnips</i>	+		
<i>Beetroot</i>	+		
<i>Cabbage</i>		+	+
<i>Potatoes, diced</i>	+		
<i>Potatoes, whole</i>	+	+	
<i>Baked beans</i>		+	+
<i>Meat and cereals</i>	+		
<i>Meat and vegetables</i>		+	
<i>Meat</i>		+	
<i>Fish</i>	+	+	
<i>Soup</i>	+	+	+

iii Apakah pembiakan bakteri perlu?

Kalau sejarah dari kerusakan dan informasi yang lain menunjukkan *post-process contamination* dan pengamatan

mikroskop menunjang hal ini, maka akan tidak perlu untuk membuat biakan. Kesimpulan ini dapat diambil tanpa disangsikan lagi kalau dapat dilihat bahwa organisme *non-sporing* ada pada produk. Walaupun demikian, pengujian lipatan kaleng akan diperlukan untuk menentukan alasan untuk kebocoran kaleng.

7. Pengujian Biakan

a. Metode

Inokulasi dalam jumlah yang sesuai (10^{-1} , 10^{-3} , dan 10^{-5} g produk, tergantung pada pengamatan mikroskopik) ke dalam media berikut ini dan inkubasi pada 30°C dan 50°C untuk 48-72 jam.

b. Media

Produk berasam rendah ($\text{pH} > 4.5$)

i. Routine

Brain heart agar plates, untuk aerobik.

Pork infusion atau *yeast extract starch agar in deep tubes* untuk anaerobik.

ii. Special media untuk beberapa tipe kerusakan yang dicurigai

Flat sour: dextrose tryptone agar

Thermophilic anaerobes producing H_2S : sulphite agar

Thermophilic anaerobes of the saccharolytic type: corn liver medium or potato dextrose agar deep tubes.

Produk asam ($\text{pH} < 4.5$)

i. Routine

Acidified potato dextrose agar plates atau *malt extract agar plates* yang mengandung *oxytetracycline*, cocok untuk pekerjaan rutin untuk ragi (*yeast*) dan kapang (*fungi*)

Pork infusion atau *yeast extract starch agar deep tubes.*

ii. Spesial

Osmophilic organisme pada produk yang mengandung gula yang tinggi: *potato dextrose agar* dengan penambahan sukrosa (50%w/w)

Lactobacilli dan *acid-tolerant bacteria*: *tomato juice agar.*

c. Pencatatan

Catat jumlah koloni dari berbagai media pada tiap pengenceran dan temperatur pada bagian belakang dari laporan. Indikasikan tipe dari organisme yang diamati dalam koloni pada *smears*. Ringkaskan pekerjaan pembiakan pada bagian muka laporan. Inokulasi dari berbagai pengenceran berbeda ke dalam media padat memberikan:

- i. Pengecekan teknik yang digunakan.
- ii. Suatu perkiraan dari jumlah yang tepat dari organisme dalam produk. Produk yang rusak/busuk umumnya mengandung 10^7 atau 10^8 organisme per gram dan suatu indikasi kasar dari jumlah yang ditemukan sangat penting dalam menguji hasil. Beberapa termofilik (seperti *B. stearothermophilus*) bertumbuh cepat dan mati, dan dapat lysis, dan hanya sejumlah kecil dari padanya dapat ditemukan pada makanan kaleng yang rusak.
- iii. Isolasi dari koloni tunggal adalah untuk pengujian atau studi selanjutnya. Pengujian koloni tunggal harus mengindikasikan apakah ada beberapa tipe atau hanya satu tipe, dan apakah organisme membentuk spora atau tidak membentuk spora, aerobik atau anaerobik. Catat apakah organisme termofilik atau mesofilik atau menghasilkan gas. Apabila kaleng dalam keadaan flat, atau tidak ada mikroorganisme ditemukan dengan mikroskop, *broth* media yang tepat harus diinokulasi secara langsung dengan 1-2 gr produk untuk *test sterility* atau dibuat pengayaan dari organisme yang *survive* dalam kaleng, dengan menumbuhkan pada medium yang disenangi seperti *cooked meat medium* (anaerobik) atau *brain heart broth* (aerobik).

d. Interpretasi

Produk berasam rendah

- i. *Smears* dan pembiakan menunjukkan campuran dari organisme tidak membentuk spora, misalnya tipe *heat labile* seperti *cocci*, *cocco-bacilli*, *non-sporing rods*, kapang dan ragi. Apabila proses diketahui cukup untuk membunuh tipe *heat-labile*, maka adanya *living non-sporing organisms* adalah

mutlak disebabkan karena organisme itu masuk kedalam kaleng setelah processing misalnya kaleng tersebut bocor. Pada prakteknya semua kasus dari diagnosa ini ditunjang oleh test kebocoran dan pengujian lipatan kaleng, dan juga dari sejarah kasus tersebut.

- ii. Smear dan biakan menunjukkan *single type* dari organisme pembentuk spora, misalnya tipe yang tahan panas pada semua kaleng yang rusak, data ini menunjukkan dengan jelas *under-processing*. Untuk memastikan diagnosa ini, sangat perlu menentukan ketahanan panas dari organisme/spora di dalam produk dan evaluasi tentang data penetrasi panas produk pada kondisi proses untuk mengetahui apakah proses yang diberikan cukup atau tidak cukup.

Produk asam

Organisme yang survive pada proses yang diberikan, biasanya pemanasan yang rendah (*light process*) untuk makanan asam, kemungkinan tipe *heat-labile* selain tipe *spore-formers*, karena itu suatu keputusan yang jelas antara kebocoran kaleng (*leaky containers*) dan pemanasan yang kurang (*under-processing*) kemungkinan tidak mudah.

Kalau pengujian suatu biakan murni dari tipe yang tidak membentuk spora pada semua kaleng yang rusak, dan kaleng-kaleng makanan tersebut menunjukkan tidak ada kebocoran, tidak ada kegagalan dalam *seaming* (*faulty seams*), maka indikasi ***under-processing*** sangat kuat. Ini memerlukan konfirmasi seperti di atas.

B. Pengujian Dimensi Lipatan Kaleng dan Kebocoran Kaleng

Apabila lipatan kaleng dicurigai mengalami kegagalan/kekurangan kaleng harus diuji untuk kebocoran dan dimensi lipatan diperiksa dengan teknik yang dijelaskan tersendiri tentang karakteristik dari lipatan rangkap kaleng (Praktikum 10.5).

C. Diagnosa Kerusakan

Kunci untuk mengetahui kemungkinan penyebab kerusakan makanan kaleng sudah dijelaskan pada Bab VII dan VIII. Apabila

penyebab yang dicurigai dari kerusakan adalah kebocoran melalui kegagalan *seaming*, maka diagnosa harus dilakukan dengan menguji lipatan rangkap kaleng, terutama pada bagian penutup kaleng (CE).

Laporan

Saudara harus mempresentasikan hasil dalam bentuk sebuah Laporan Teknis (*technical report*), yang mana harus dimasukkan 2 minggu setelah selesai diagnosa.

Untuk membantu Saudara dalam menulis laporan Saudara harus menganggap bahwa Saudara adalah seorang ahli yang bekerja pada perusahaan pengalengan makanan. Manajer laboratorium Q.C. menugaskan Saudara untuk menemukan penyebab dari kerusakan dari satu *batch* ikan kaleng.

Laporan saudara dialamatkan langsung kepada manajer yang mempunyai/menguasai pengetahuan proses termal dan mikrobiologi. Perlu disertakan penjelasan dari pendekatan analisis Saudara dan justifikasi dari kesimpulan Saudara. Juga dalam *technical reports* biasanya dicantumkan rekomendasi untuk kegiatan selanjutnya.

Daftar Pustaka

- Herson, A. C & Hulland E. D. 1980. *Canned Foods: Thermal Processing And Microbiology*. 7th Ed. London: Churchill.
- National Cannery Association. 1968. "Laboratory Manual for Food Canners and Processors". 2nd Ed Vol 1. Westport CT: AVI Pub Co.
- Stumbo, C. R. 1973. *Thermobacteriology In Food Processing*. 2nd Ed. New York: Academic Press.

10.5. Pengujian Kaleng, Anatomi Tinline, dan Pembentukan Lipatan Rangkap

Pendahuluan

Kaleng yang paling banyak dipakai mengemas makanan untuk proses pemanasan adalah kaleng *open-top* yang dibuat dari tinline. Sifat-sifat dari tinline sehingga merupakan bahan yang ideal adalah sebagai berikut.

1. Kuat dan rigid.
2. Kemampuan untuk dikerjakan pada kecepatan tinggi (untuk konstruksi badan dan dasar kaleng, dan pembentukan *double and side seams*).
3. Tahan karat pada kondisi penyimpanan yang normal.
4. Penampilan menarik.
5. Tetap baik pada tekanan dan temperatur yang tinggi.
6. Mudah didekorasi.

Open-top tinfoil terdiri dari badan kaleng yang disolder dari luar, lapped side seam (atau akhir-akhir ini *cemented* atau *spot welded*), dan dua penutup atau *ends*, satu biasanya sudah di-*seam* oleh pabrik pembuat kaleng (CME) dan yang lain di-*seam* setelah diisi makanan, oleh pabrik pengalengan makanan (CE). *Seaming* dilakukan dalam dua operasi (*1st and 2nd operations*) dan suatu campuran senyawa karet dipakai pada *end seams* untuk memastikan bahwa sudah tertutup rapat.

Pengujian terhadap *double seam* adalah suatu prosedur *quality control* yang esensial bagi pabrik pengalengan makanan untuk memastikan bahwa operasi penutupan kaleng menghasilkan *seam* yang baik setiap saat.

Kegunaan dari praktek ini adalah:

1. Untuk lebih mengenal beberapa teknik yang dipakai untuk menguji keutuhan dari *tinfoil lacquers*.
2. Untuk lebih mengenal konstruksi dari wadah yang terbuat dari *tinfoil*.
3. Untuk mengembangkan kemampuan memotong, merobek, dan menguji *double seams*.
4. Untuk mengembangkan suatu kemampuan untuk mendiagnosa kegagalan-kegagalan *double seam*.

Saudara akan mendapatkan kegunaan tersebut melalui dua tahap. Pertama akan terlibat mempelajari teknik-teknik pengujian *can seam* (Bagian A & B dari praktikum ini), dan tahap kedua, akan menerapkan teknik-teknik tersebut untuk memecahkan masalah (Bagian C).

Untuk melengkapi praktek ini Saudara harus melakukan praktek dalam grup dan menjawab pertanyaan-pertanyaan untuk setiap bagian. Laporan Saudara harus dimasukkan dalam waktu 2 minggu setelah praktek selesai.

Penilaian dialokasikan sebagai berikut.

Bahasa	5%
Format	5%
Test persiapan	30%
Laporan/Pertanyaan	60%

Persiapan

Apabila Saudara dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut, saudara akan mempunyai persiapan yang baik untuk praktikum ini.

1. Dengan menggunakan gambar, tunjukkan *term* berikut ini.

<i>Beading</i>	<i>Lap</i>
<i>Body hook</i>	<i>Overlap</i>
<i>Chuck</i>	<i>Pressure ridge</i>
<i>Countersink</i>	<i>Sean thickness</i>
<i>Coverhook</i>	<i>Second operation</i>
<i>Cross over</i>	<i>Vee</i>
<i>Cut over</i>	<i>Wrinkle</i>
<i>Droop</i>	<i>Bodyhook butting</i>
<i>First operation</i>	<i>Tightness rating</i>
<i>Flange</i>	<i>Juncture rating</i>
2. Jelaskan kriteria utama yang diusulkan untuk menguji *acceptability* dari *tinplate can double seams*. Beri alasan-alasan untuk itu.

Percobaan Laboratorium

A. Uji Integritas dari Tinplate dan Lacquers

Informasi tentang integritas tinplate telah dijelaskan pada Bab IX.

B. Tinplate Anatomi dan Formasi Double Seam

1. Pemeriksaan mesin penutup kaleng (*can closer*)

Peralatan penutup kaleng yang ada di laboratorium diperiksa, terutama spesifikasi untuk ukuran kaleng yang dapat diproses. Untuk praktek ini sebaiknya dipakai tipe manual.
2. Pengujian ketepatan pembentukan *seams*

Tiap mahasiswa harus melakukan *seaming* sebuah kaleng kosong pada mesin penutup kaleng manual yang sudah di-*setting* dengan benar.

Sebuah kaleng yang sudah ditutup dengan CE yang sudah diberi tanda akan disiapkan untuk Saudara dan ini dapat dipakai untuk melakukan pengujian-pengujian sebagai berikut.

1) Pengujian terhadap dimensi CE.

Setelah belajar metode yang tepat untuk memakai sebuah *can seam micrometer* ukur pada sepuluh (10) titik sekitar lipatan tetapi jangan pada jarak 1 cm dari lipatan samping (*side seam*): dimensi dari lebar *seam*, panjang *seam* dan *countersink*. Catat dimensi tersebut dan hitung rata-rata dan standar deviasi (SD).

2) Pengujian kebocoran

Saudara harus catat bahwa dipakai metode yang berbeda pada pengujian lipatan kaleng dari kaleng yang rusak dan yang tidak rusak. Metode-metode tersebut secara ringkas dijelaskan berikut ini (dalam prentun ini Saudara hanya memakai *vacum testing*)

Pemeriksaan kebocoran pada kaleng yang tidak rusak

Kebocoran dari kaleng yang sudah di-*seal* dapat diuji dengan metode *vacum (vacuum testing)* atau metode tekanan (*pressure testing*).

Pressure testing: terdiri dari sebuah alat pengukur tekanan dengan sebuah *compressed air inlet* dan sebuah pelubang kaleng (*can puncturing*) dan *holding device*. Penutup kaleng dilubangi dan *puncturing point* ditekan ke bawah ke *rubber seal* dan kemudian diputar untuk mengunci. Sebelum air bertekanan dijalankan, periksa apakah *pressure controller/reduce* ada pada posisi bebas sehingga tekanan udara berbahaya tidak masuk ke dalam kaleng. Jalankan udara dan naikan tekanan dalam kaleng sedikit demi sedikit hingga mencapai 210 kPa (30psi) maksimum. Kaleng ditaruh di dalam air pada sebuah kontainer dengan demikian lubang dapat dideteksi dengan melihat adanya gelembung-gelembung udara yang keluar dari kaleng.

Vacum testing: terdiri dari sebuah *perspex sheet* yang dipasang dan di-*seal* dengan karet, dan lampu. Salah satu ujung kaleng (yang berlawanan dengan bagian yang akan diuji) dipotong dengan jalan memotong kaleng, kemudian kaleng diisi dengan air, dan *perspex lid* ditempatkan di atas bagian yang

dibuka dan kemudian divakumkan. Bocor akan ditunjukkan dengan adanya aliran gelembung-gelembung. Metode ini lebih sensitif dari pada *pressure testing*. Karena dalam keadaan vakum gelembung lebih besar, sehingga mudah dilihat.

Pemeriksaan kebocoran pada kaleng rusak

Ketika kita menguji kaleng yang sudah rusak, lubang pada kaleng dapat kelihatan, atau mungkin tersumbat dengan material kering. Cara berikut ini adalah untuk memindahkan isi kaleng, untuk mencegah kerusakan pada bagian lain.

Setelah dibilas, kaleng yang kosong direndam dalam air mendidih yang sudah ditambahkan sedikit *wetting agent* (seperti teepol) dan dididihkan untuk 1 jam. Ini akan menghilangkan makanan yang tersumbat. Setelah dididihkan, kaleng dikeringkan pada oven 100°C selama 1 jam.

3) Pengujian secara visual *cross section* dari *CE seam*

Pengujian dari *seam* dilakukan secara rutin pada lap dan bagian berlawanan dengan lap.

a. *Sections* dipotong dengan menggunakan gergaji otomatis atau gergaji intan.

Pemotongan dengan gergaji otomatis sebagai berikut (Perhatian: pakailah kacamata pengaman).

- Dengan pembuka khusus, potong penutup agar terpisah, pada kira-kira 1 cm dari *seam*.
- Posisikan kaleng untuk pemotongan, dengan sudut kecil.
- Hidupkan gergaji, tekan *seam* dengan lembut tapi pegang kuat melawan putaran pisau gergaji.
- Tarik kaleng dengan satu gerakan perlahan.
- Secara perlahan keluarkan potongan tadi dari badan kaleng, dipastikan bahwa *seam* tidak rusak.
- Potong bagian *body* dengan *tin snips*.

Pemotongan dengan gergaji intan, sebagai berikut.

- Tempatkan kaleng pada permukaan rata dan gunakan pemotong dengan sudut 45° terhadap *seam*, dan potong tegak lurus terhadap *seam*.

- Buat potong kedua, jarak dari potong pertama dengan sudut yang sama kira-kira 1 cm di bawah *seam*.
 - b. *Section* kemudian digosok bagian permukaan tegak lurus ke *seam*. Gosok dengan kertas pasir dan selesaikan dengan kertas pasir yang paling halus.
 - c. Kemudian diperiksa dengan menggunakan *seam microscope*.
 - d. Ukur panjang *seam*, lebar, *bodyhook*, *coverhook*, dan *overlap*. Indikasikan komponen-komponen penting dari *seam*.
- 4) Pengujian Visual dari potongan ke bawah dari CE *seam*
Sebagai pedoman dapat dibaca dengan seksama Bab IX, dan Gambar 10.2 untuk cara merobek *double seam*.
- a. *Seam* dirobek ke bawah sebagai berikut.
 - Dengan pembuka khusus yang disiapkan, keluarkan *can end*, pastikan menyisahkan kira-kira 1 cm dari *end* tetap dengan *seam*.
 - Dengan sepasang jepitan, dengan tarikan ke atas dan keluar, tarik sisa *end* keluar dari kaleng sepanjang bagian atas dari *countersink*.
 - Kalau *seam* tersebut belum di-*section*, potong melalui bagian yang berlawanan dengan *lap*.
 - Pisahkan *coverhook* dari *seam*.
 - b. Dengan menggunakan *can seam micrometer*, catat dimensi dari *bodyhook* dan *coverhook* pada 10 titik sepanjang *hooks*.
 - c. Hitung karakteristik dari *seam* sebagai berikut, dengan menggunakan 10 ukuran sepanjang *hooks*. Hitung rata-rata dan SD bila mungkin.
 - i. $Overlap = BH + CH + 1.1 te - SL$, dan

$$\% Overlap = \frac{(BH + CH + 1.1 te - SL)}{SL - 1.1 (te + tb)} \times 100$$

Dimana BH = *bodyhook length*
 CH = *coverhook length*
 te = *end plate thickniss*
 SL = *seam length*
 tb = *body plate thickness*

ii. % *Bodyhook butting*, dimana

$$\% \text{ Bodyhook butting} = \frac{BH - 1.1 \text{ tb}}{SL - 1.1 (te + tb)} \times 100$$

iii. % *Juncture rating*, dimana

$$\% \text{ Juncture rating} = \frac{CHAJ \times 100}{CHOJ}$$

CHAJ = panjang *coverhook* pada *juncture* atau *lap*.

iv. Perkirakan *wrinkle rating* pada skala 0 sampai 10, pada 10 titik yang berbeda sepanjang *cover hook*.

v. % *Tightness rating*, dimana

% *Tightness rating* = (100-% *wrinkle rating*), dan

% *Wrinkle rating* = 10 x *the wrinkle rating*.

Catatan : Perhitungan karakteristik *seam* harus dilakukan dari hasil pengukuran dengan mikrometer, seperti perhitungan *overlap*, %*overlap* dan % *body hook butting*.

2. Pengujian *Side Seam*

- Dengan menggunakan gergaji, potong sebuah *section* pada *side seam*.
- Licinkan dan buka *section* tersebut.
- Ukur dengan menggunakan *can seam microscope*.
- Catat *hook lengths*, *overlap*, lebar dan ketebalan.

C. Pengujian dan Diagnosa *Double Seam*

Perhatian yang kurang untuk mengontrol dimensi *can seam*, dapat menyebabkan insiden dan kerugian besar akibat kerusakan makanan kaleng. Kaleng mempunyai tiga *seams*, dua diantaranya biasanya dibuat di pabrik kaleng oleh pembuat kaleng, yaitu *side seam* dan *CME*. Bukan suatu hal yang tidak mungkin, *seams* tersebut mengalami kegagalan dan bertanggung jawab terhadap kerusakan. Saudara sebagai ahli teknologi makanan mungkin diminta untuk menentukan apakah demikian. Dengan demikian, pengetahuan untuk menjalankan mesin penutup kaleng dan pengukuran dimensi kaleng adalah sangat diperlukan.

Pada praktiknya, ketika *seams* menunjukkan gejala kegagalan, operasi penutupan tetap menunjukkan penutupan yang hermetik. Dalam kasus demikian, ahli teknik tergantung dari pengalamannya

tentang *performance* dari *abnormal seams* selama *processing* dan penyimpanan, untuk mengambil keputusan untuk meluluskan kaleng tersebut.

Kaleng dengan *CE seams* yang dicurigai akan disiapkan dan akan diidentifikasi dengan nomor kode. Setiap mahasiswa harus mengambil satu kaleng dan menguji *CE seam*.

1. Ukur dan catat karakteristik berikut dari *CE seam* yang dicurigai dengan menggunakan metode yang dijelaskan pada Bagian B.
 - *length, width, dan countersink.*
 - *cross section opposite the lap* dan pada *lap* itu sendiri.
 - *wrinkle.*
 - dimensi dari *bodyhook, coverhook* dan *overlap.*
 - ada atau tidak adanya kebocoran.
2. Juga hitung berikut ini dengan cara yang sama seperti pada bagian B:
 - *overlap.*
 - *% overlap.*
 - *bodyhook butting.*
 - *% tightness rating.*
 - *% juncture rating.*
3. Buat laporan disertai gambar dari profil kaleng.
4. Setiap anggota kelompok harus mempunyai catatan dari dimensi dan karakteristik yang dilaporkan untuk setiap *double seam* yang diuji oleh kelompok.

Dengan mengetahui bahwa *seams* dapat mengalami salah satu atau lebih kegagalan yang ditulis berikut ini, setiap mahasiswa harus mendiagnosa kegagalan dari operasi penutupan kaleng.

Kegagalan operasi penutupan kaleng sebagai berikut.

1. Tekanan baseplate normal, 1st operation normal, 2nd operation kurang (*loose*).
2. Tekanan baseplate normal, 1st operation kurang, 2nd operation normal.
3. Tekanan baseplate normal, 1st operation normal, 2nd operation kuat (*tight*).

4. Tekanan baseplate normal, 1st operation kuat, 2nd operation normal.
5. Tekanan baseplate kurang, 1st operation normal, 2nd operation normal.
6. Tekanan baseplate kuat, 1st operation normal, 2nd operation normal.
Catatan: beberapa indikasi kegagalan penutupan kaleng, dapat juga dilaporkan.

Laporan

Masukan laporan Gabungan bagian A, B, dan C dalam dua minggu setelah selesai praktikum. Baca Bab IX dengan saksama dan pakailah hasil Saudara untuk menjawab pertanyaan berikut.

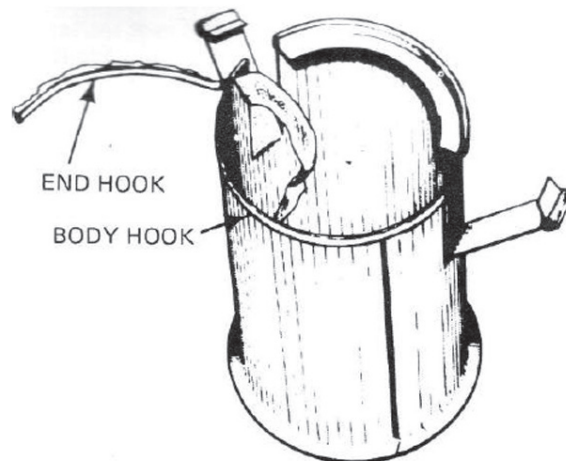
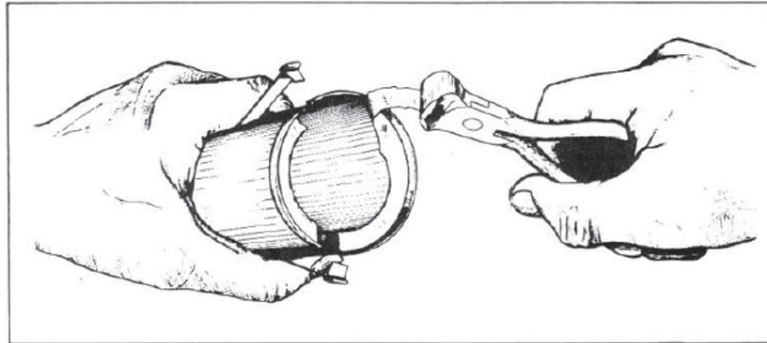
1. Ringkaskan materi praktikum Saudara (nilai 10).
2. Sekarang Saudara sudah familiar dengan mikrometer dan mikroskop, tunjukkan metode pengukuran yang mana lebih akurat dan yang mana lebih tepat. Berikan alasan dari jawaban Saudara. (nilai 4).
3. Dengan memakai data yang Saudara kumpulkan dari *double seam* yang benar, tunjukkan apabila dua alat yang dipakai untuk menguji dimensi *seam*, memberikan hasil yang berbeda. Saudara harus memakai *t-test* untuk melakukan uji perbedaan ini. Lakukan tes tersebut hanya pada *seam length* dan *seam width* saja. Beri komentar pada hasil tersebut dan juga saran dan alasan yang sesuai. (nilai 15).
4. Jelaskan disertai gambar, dimensi dari komponen *double seam* yang gagal. (nilai 15).
5. Diagnosa kegagalan yang dialami oleh *seam* tersebut dan indikasikan bagaimana Saudara mengambil kesimpulan itu. (nilai 10).
6. Bandingkan dimensi dari *seam* yang gagal dengan kriteria batas minimum untuk *double seams*, dan catat kalau ada di antara *seams* tersebut yang dapat diterima. Justifikasi pernyataan saudara. (nilai 6)

Daftar Pustaka

- Board, P. W. and Steele, R. J. 1980. "Assessment of Can Double Seams: Metric Tables And Monograms". *CSIRO Food Res. Q.* 40: 35-42.
- Dewey and Almy Chemical Co. 1974. *Evaluating A Double Seam*. Cambridge: Mass: W.R. Grace and Co.

Metal Box Co. Ltd. 1965. "The Formation And Evaluation of Double Seams". 3rd Ed. *Technical Communication* No. 15

National Canners Association. 1975. "Evaluation of Can Double Seams". *Part I and II*.



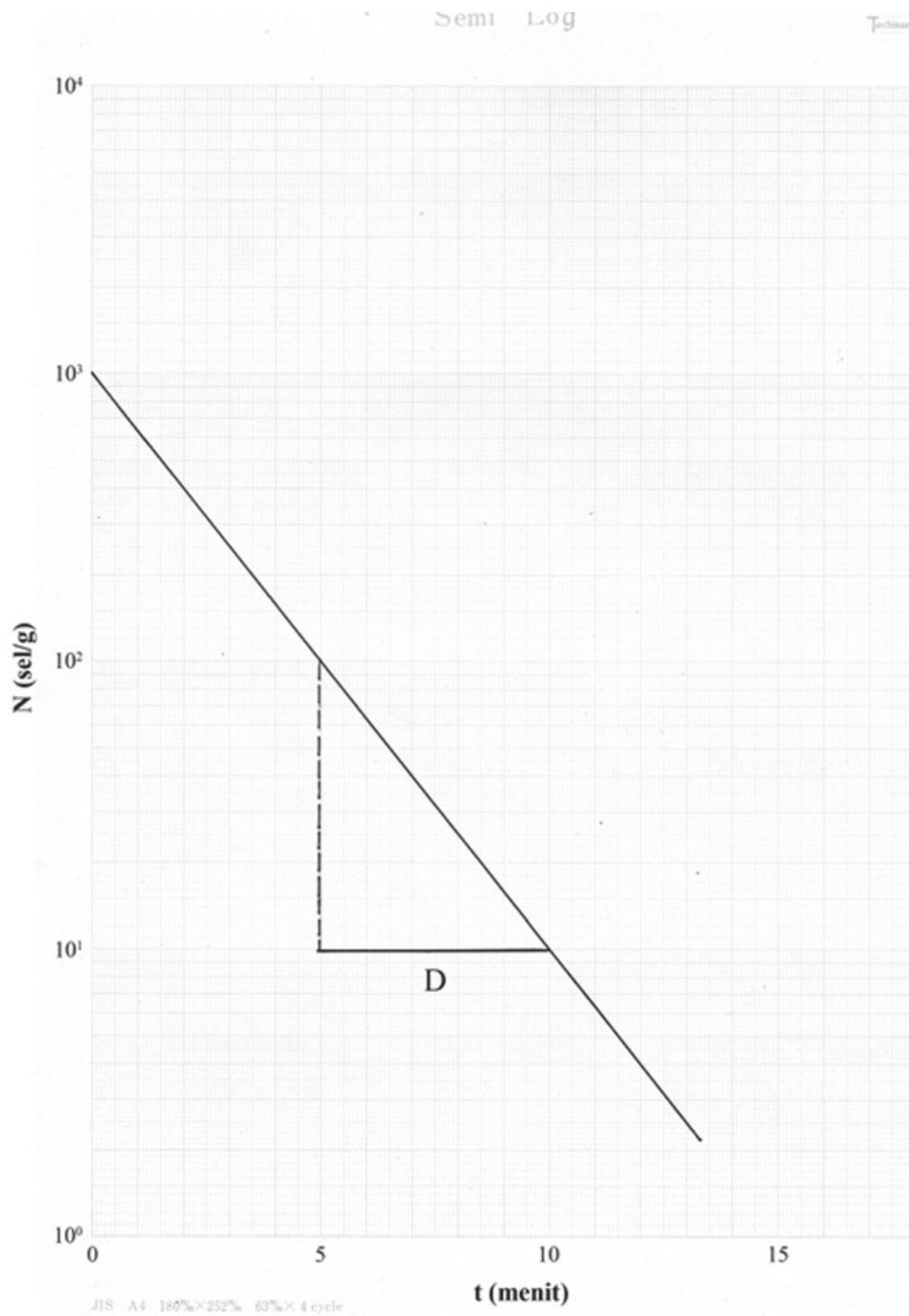
Gambar 10.2 Cara Merobek Kaleng untuk Pemeriksaan *Double Seam*

Sumber: Dewey and Almy Chemical Co. 1974 Dalam: Lopez 1981.

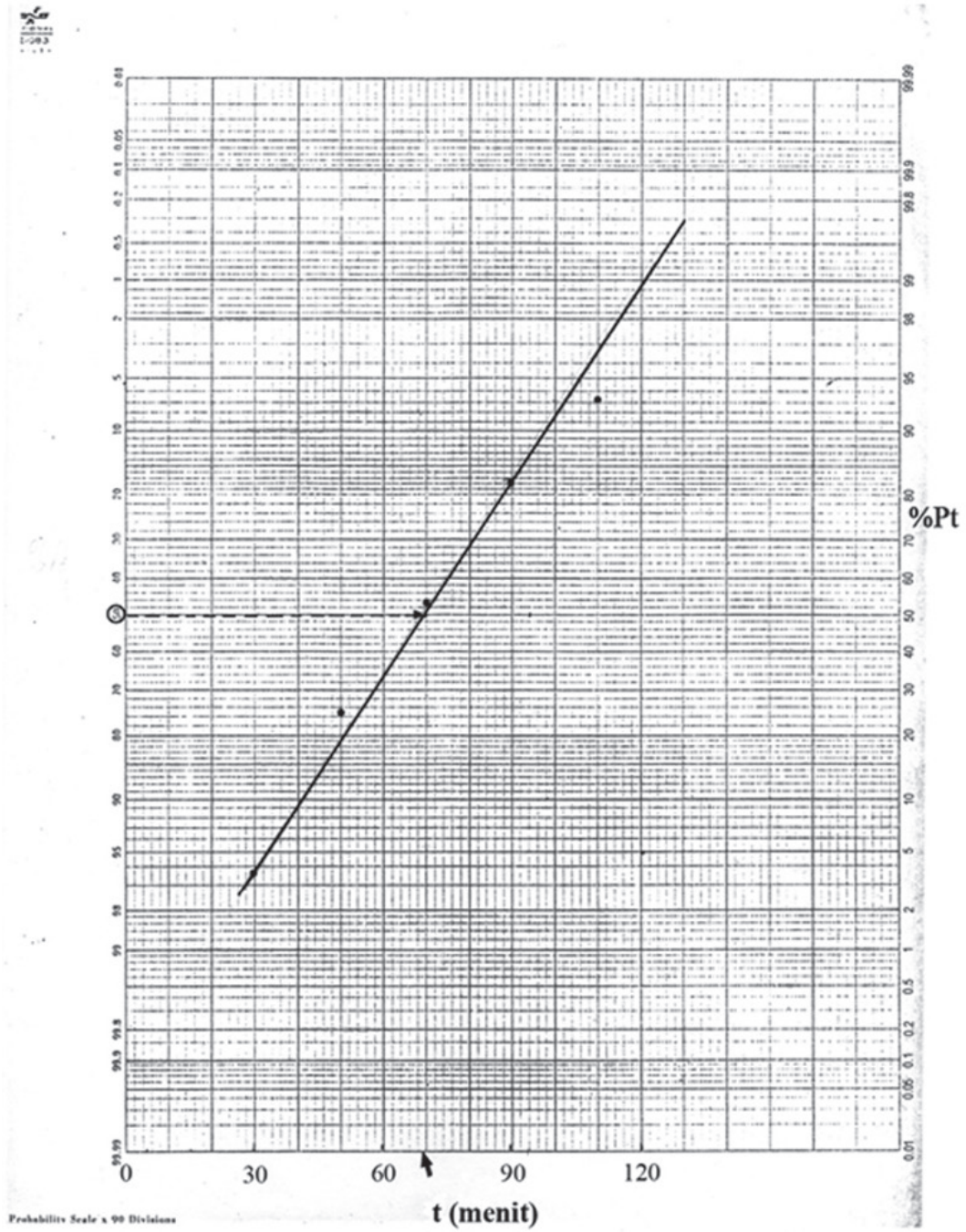


LAMPIRAN

Lampiran 1. Kurva Kematian Bakteri, Menggunakan Kertas Semi-Logaritma



Lampiran 2. Menentukan t_{50} Menggunakan *Arithmetic Probability Paper*.

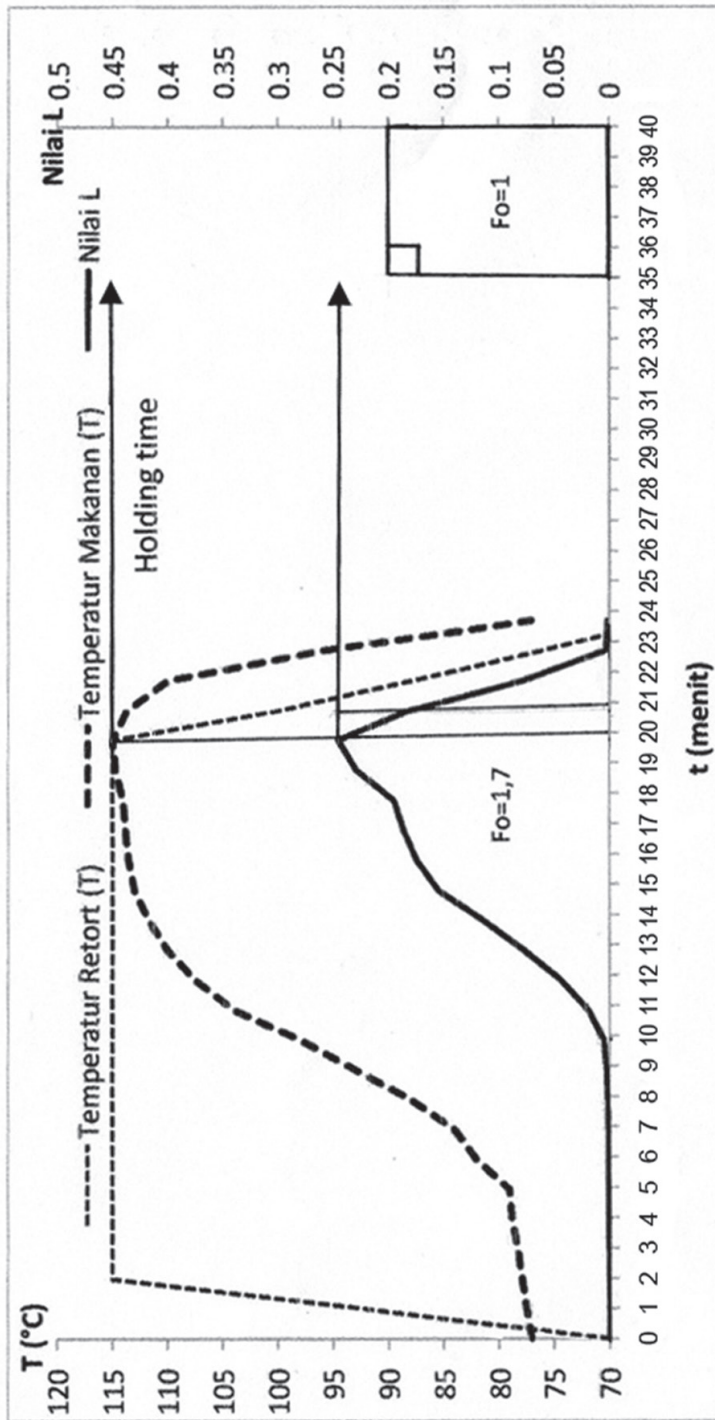


Lampiran 3. Tabel *Lethal Rate* ($T_{ref} = 121.1^{\circ}\text{C}$ and $z = 10^{\circ}\text{C}$) (Holdsworth and Simpson, 2007).

$T (^{\circ}\text{C})$	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
90	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
91	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
92	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002
93	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
94	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
95	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
96	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004
97	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005
98	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.006	0.006	0.006
99	0.006	0.006	0.006	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.008
100	0.008	0.008	0.008	0.008	0.009	0.009	0.009	0.009	0.009	0.010
101	0.010	0.010	0.010	0.010	0.011	0.011	0.011	0.011	0.012	0.012
102	0.012	0.013	0.013	0.013	0.013	0.014	0.014	0.014	0.015	0.015
103	0.015	0.016	0.016	0.017	0.017	0.017	0.018	0.018	0.019	0.019
104	0.019	0.020	0.020	0.021	0.021	0.022	0.022	0.023	0.023	0.024
105	0.025	0.025	0.026	0.026	0.027	0.028	0.028	0.028	0.029	0.030
106	0.031	0.032	0.032	0.033	0.034	0.035	0.035	0.036	0.037	0.038
107	0.039	0.040	0.041	0.042	0.043	0.044	0.045	0.046	0.047	0.048
108	0.049	0.050	0.051	0.052	0.054	0.055	0.056	0.058	0.059	0.060
109	0.062	0.063	0.065	0.066	0.068	0.069	0.071	0.072	0.074	0.076
110	0.078	0.079	0.081	0.083	0.085	0.087	0.089	0.091	0.093	0.095
111	0.098	0.100	0.102	0.105	0.107	0.110	0.112	0.115	0.117	0.120
112	0.123	0.126	0.129	0.132	0.135	0.148	0.141	0.145	0.148	0.151
113	0.155	0.158	0.162	0.166	0.170	0.174	0.178	0.182	0.186	0.191
114	0.195	0.200	0.204	0.209	0.214	0.219	0.224	0.229	0.234	0.240
115	0.245	0.251	0.257	0.263	0.269	0.275	0.282	0.288	0.295	0.302
116	0.309	0.316	0.324	0.331	0.339	0.347	0.355	0.363	0.372	0.380
117	0.389	0.398	0.407	0.417	0.427	0.437	0.447	0.457	0.468	0.479
118	0.490	0.501	0.513	0.525	0.537	0.550	0.562	0.575	0.589	0.603
119	0.617	0.631	0.646	0.661	0.676	0.692	0.708	0.724	0.741	0.759
120	0.776	0.794	0.813	0.832	0.851	0.871	0.891	0.912	0.933	0.955

121 0.977 1.000 1.023 1.047 1.072 1.096 1.122 1.148 1.175 1.202
122 1.230 1.259 1.288 1.318 1.349 1.380 1.413 1.445 1.479 1.514
123 1.549 1.585 1.622 1.660 1.698 1.738 1.778 1.820 1.682 1.905
124 1.950 1.995 2.042 2.089 2.138 2.188 2.239 2.291 2.344 2.399
125 2.455 2.512 2.570 2.630 2.692 2.754 2.818 2.884 2.952 3.020
126 3.090 3.162 3.236 3.311 3.388 3.467 3.548 3.631 3.715 3.802
127 3.890 3.981 4.074 4.169 4.266 4.365 4.467 4.571 4.677 4.786
128 4.898 5.012 5.129 5.248 5.370 5.495 5.623 5.754 5.888 6.026
129 6.166 6.310 6.457 6.607 6.761 6.918 7.079 7.244 7.413 7.586
130 7.762 7.943 8.128 8.318 8.511 8.710 8.913 9.120 9.333 9.550
Further values may be calculated from the formula $L = 10(T - 121.1)/z$.

Lampiran 4. Kurva Temperatur Makanan (T) dan Nilai L Terhadap Waktu (T) pada Soal No. 1A (Butir 6.3).



Lampiran 5. Tabel Waktu (T), Temperatur (T), dan Nilai L, dari Soal No. 1A (Butir 6.3).

Waktu/Menit (t)	Temperatur/°C (T)	Nilai L*
0	77	-
5	79	-
8	88	-
9	93	0,002
11	104	0,019
13	110	0,078
15	113	0,155
18	114	0,195
20	115	0,245
22	110	0,078
23	96	0,003
24	77	-
25	68	-

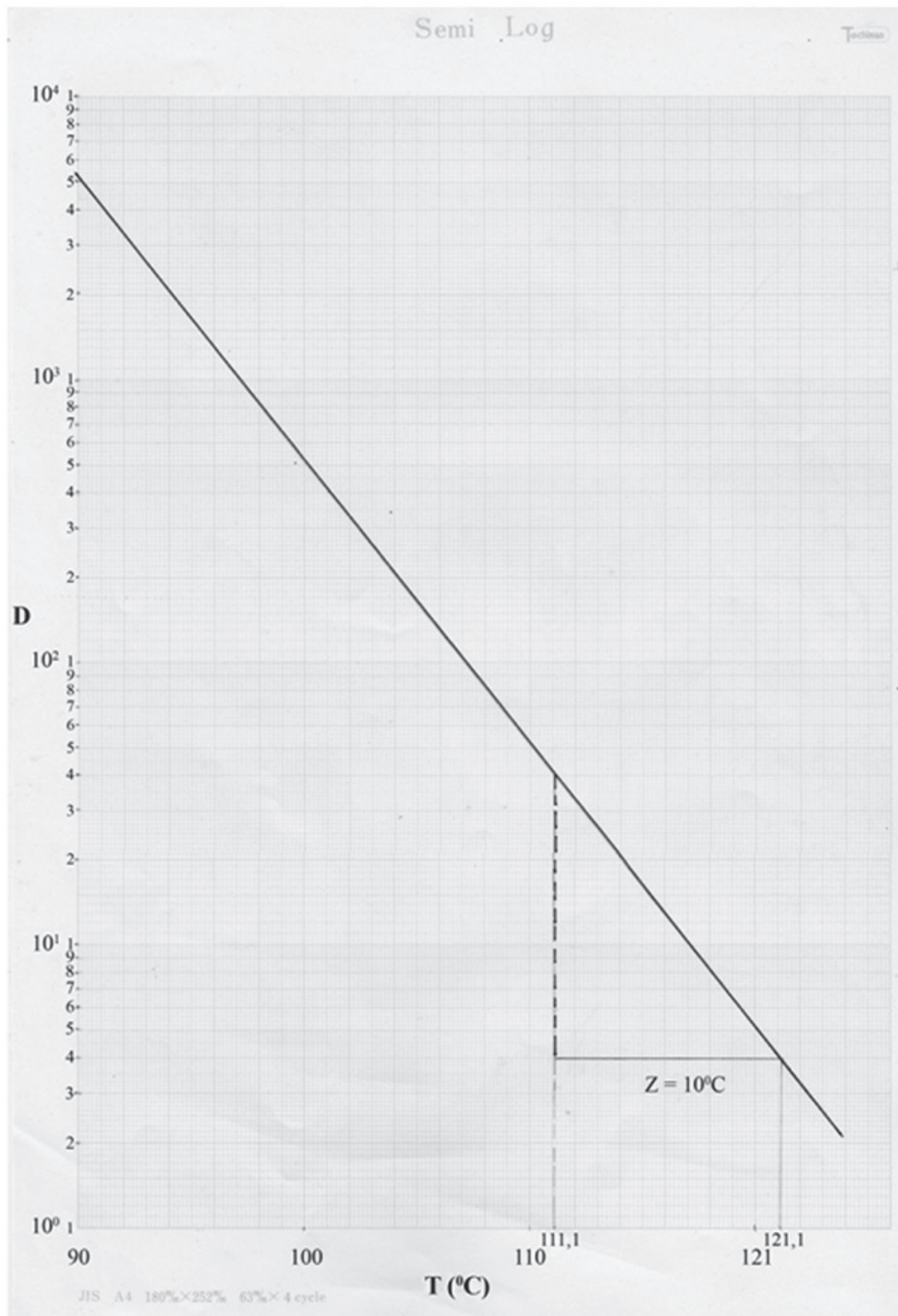
*Dari tabel Board di Lampiran 3.

Lampiran 6. Tabel Untuk Menghitung $\sum \Delta Tl$, Soal No. 1A (Butir 6.3).

Waktu/Menit (t)	Temperatur/°C (T)	Nilai L*	ΔTl
0	77	-	-
5	79	-	-
8	88	-	-
9	93	0,002	0,002
11	104	0,019	0,038
13	110	0,078	0,156
15	113	0,155	0,310
18	114	0,195	0,585
20	115	0,245	0,490
22	110	0,078	0,156
23	96	0,003	0,003
24	77	-	-
25	68	-	-
$\sum \Delta Tl$			1,740

*Dari tabel Board di Lampiran 3.

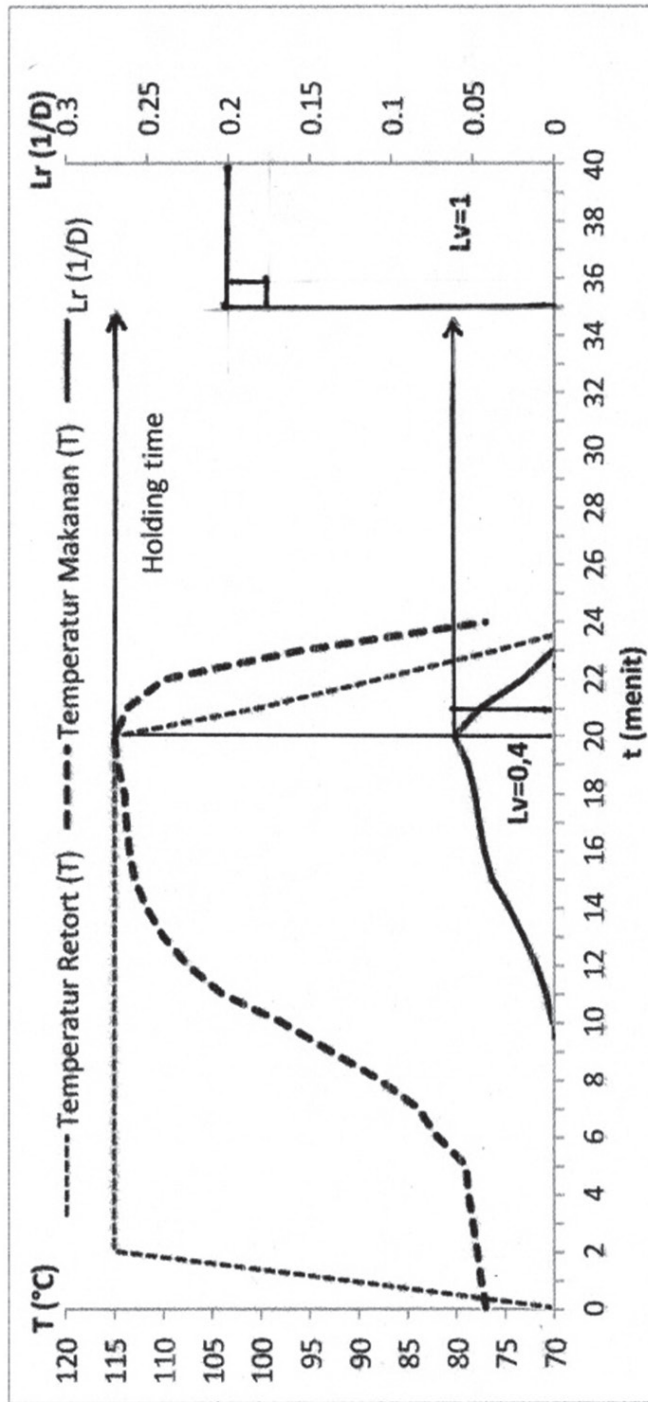
Lampiran 7. Kurva TDT Bakteri X pada Soal No. 1B (Butir 6.3).



Lampiran 8. Tabel waktu (t), Temperatur (T), dan Nilai D dari Bakteri x pada Soal no. 1b (butir 6.3)

Waktu/menit (t)	Temperatur/°C (T)	D	Lr (1/D)
0	77		
5	79		
8	88		
9	93		
10	98	825	0,0012
11	104	210	0,0048
13	110	52	0,019
15	113	26	0,038
18	114	20.5	0,049
20	115	16.3	0,061
22	110	52	0,019
23	96	1294	0,0008
24	77		
25	68		

Lampiran 9. Kurva Temperatur Makanan (T) dan Nilai Lv Terhadap Waktu (T) Pada Soal No. 1B (Butir 6.3).



Lampiran 10. Tabel untuk Menghitung $\sum \Delta T_{lr}$, Soal No. 1B (Butir 6.3).

Waktu/menit (t)	Temperatur/ °C (T)	D	Lr (1/D)	ΔT_{lr}
0	77	-	-	-
5	79	-	-	-
8	88	-	-	-
9	93	-	-	-
10	98	825	0.0012	0.0012
11	104	210	0,0048	0,0096
13	110	52	0,019	0,038
15	113	26	0,038	0,076
18	114	20.5	0,049	0,147
20	115	16.3	0,061	0,122
22	110	52	0,019	0,038
23	96	1294	0,0008	0,0008
24	77	-	-	-
25	68	-	-	-
$\sum \Delta T_{lr}$				0,4326

BIODATA PENULIS



Prof. Ir. Siegfried Berhimpon, M.S., M.App.Sc., Ph.D., lahir di Tahuna, 9 Juni 1949, Guru Besar pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Sam Ratulangi, Manado. Alumnus pertama Fakultas Perikanan (Ir) Unsrat, Afiliasi IPB, lulus pada 30 Desember 1974. Menjadi dosen di Fakultas Perikanan Unsrat tahun 1975. Pada tahun 1980-1982 menyelesaikan MS Ilmu Pangan di IPB, tahun 1986-1987 menyelesaikan MAppSc Food Technology di UNSW Australia, 1987-1990 menyelesaikan Ph.D. Marine Food Science di UNSW. Jabatan antara lain: Sekretaris Fakultas Perikanan Unsrat (1975-1977), Pembantu Dekan I (1977-1980), Kuasa Dekan (1979-1980). Ketua Unit Pengelola PS Ilmu Kelautan Unsrat (1991-1995), Dekan Fakultas Perikanan Unsrat (1995-1999), Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Unsrat (1999-2002), Ketua Badan Pengelolaan Pesisir dan Laut Terpadu (BPPLT) Provinsi Sulawesi Utara (2003-2009), Direktur Politeknik Nusa Utara (2006-2011), Direktur Politeknik Negeri Nusa Utara (2011-2014), Direktur Program Pascasarjana Unsrat (2009-2014). Ketua PATPI Cabang Sulawesi Utara (1995-2014). Peneliti dan memperoleh beberapa skim penelitian antara lain: Hiba Bersaing (1991-1005), MP3EI (2013-2015), Rispro LPDP (2014-sekarang), PUSN (2018-2020). Penulis juga mempunyai pengalaman sebagai konsultan, antara lain: Consultant for Postharvest Training, the

Indonesia Cold Chain Project. 2003-2005. Winrock International, USDA, ACDI-VOCA; Senior Policy Specialist pada proyek “Coastal Resource Management Project” (CRMP-II) – USAID, Mitra Pesisir Sulawesi Utara (Juni 2004 – Juni 2005); Consultant Capture Value Fisheries project, A joint capacity Development project by Department of Marine and Fisheries (DKP) and Wageningen U R Centre for Development Innovation, Wageningen University, Nederland (2009-2011).

Sebagai penulis anggota pada buku: *Pengolahan Hasil Pertanian, BKS-PTN Intim*, 1985, dan buku: *Sanitasi dan Hygiene Hasil Laut*, 2017, ISBN: 987-602-60359-5-0; Kontributor pada buku: *Pangan Indonesia Yang Diimpikan (Kumpulan artikel pemikiran anggota Patpi)* 2016, PATPI, ISBN: 978-602-6250-14-8; Kontributor pada buku: *Ensiklopedia Produk Pangan Indonesia*, 2017, IPB Press, ISBN:978-602-440-183-2.