

KARAKTERISTIK PEMANASAN PADA PROSES PENGALENGAN CABAI GILING

SKRIPSI

THEA MUTIA

F14070070



**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

BOGOR

2012

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya ini tanpa izin pencipta dan penerbitnya
2. Diperinci mengizinkan dan memperbolehkan sebagian atau seluruh karya ini bila ia dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University
3. Diperinci mengizinkan dan memperbolehkan sebagian atau seluruh karya ini bila ia dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University
4. Diperinci mengizinkan dan memperbolehkan sebagian atau seluruh karya ini bila ia dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University
5. Diperinci mengizinkan dan memperbolehkan sebagian atau seluruh karya ini bila ia dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University
6. Diperinci mengizinkan dan memperbolehkan sebagian atau seluruh karya ini bila ia dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University
7. Diperinci mengizinkan dan memperbolehkan sebagian atau seluruh karya ini bila ia dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University
8. Diperinci mengizinkan dan memperbolehkan sebagian atau seluruh karya ini bila ia dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University
9. Diperinci mengizinkan dan memperbolehkan sebagian atau seluruh karya ini bila ia dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University
10. Diperinci mengizinkan dan memperbolehkan sebagian atau seluruh karya ini bila ia dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University

HEATING CHARACTERISTICS OF CANNED CRUSHED RED CHILI

Thea Mutia, Putiati Mahdar, and Dhiah Nuraini

Department of Mechanical and Biosystem Engineering, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Bogor Agricultural University, IPB Dramaga Campus, PO Box 16680, Bogor, West Java, Indonesia.

Phone 62 8562132099, e-mail: theamutia@gmail.com

ABSTRACT

Red chili pepper (Capsicum annum L.) is one of agricultural products that is used widely in Indonesia. However, the chili has low storage life, causing its price in the market fluctuates. Then, a processing is necessary to resolve this problem. Canned crushed chili is one of prepared foods with such potency to be developed. Crushed chili is classified into low-acid food so it has to be sterilize at temperature above 212 °F. The sterilization process is calculated by using General Method and Ball Method, to determine optimum sterilization condition. The time set for sterilizing crushed chili with can size 202 x 308 is the optimum sterilization time gained using Ball Method, which is 37.54 minutes. This value is greater than the one of General Method, so that it can ensure the adequacy of heat level targeted for sterilizing canned crushed chili. The effects of heating on the quality of crushed chili examined here were vitamin C, colour, viscosity, total microbes, and some variables of sensory test (pungency intensity and hedonic test). Vitamin C content of the pulp and L, a, and b value of its color decreased after the thermal process, while the viscosity increased. The total microbes in crushed chili dropped after thermal process and after storage for 2 weeks there was no sign of microbial growth. The pungency intensity of crushed chili also decreased after the thermal process. The result of hedonic test on organoleptics attributes of processed crushed chili gave significant differences for colour and overall acceptance, but for aroma acceptance there was no significant difference.

Keywords : *canned crushed chili, sterilization, optimum sterilization time, thermal process*



RINGKASAN

Cabai merah (*Capsicum annum* L.) merupakan produk pertanian yang cukup potensial untuk dikembangkan, karena mempunyai banyak kegunaan, baik untuk keperluan rumah tangga maupun obat-obatan. Namun demikian cabai juga mempunyai permasalahan yang memerlukan pemecahan dalam hal penanganannya. Cabai merupakan suatu produk pertanian yang istimewa karena memiliki karakteristik yang mudah rusak sehingga mempengaruhi lamanya penyimpanan. Daya tahan cabai yang rendah ini menyebabkan harga cabai merah di pasaran sangat fluktuatif. Salah satu cara untuk mengurangi fluktuasi harga yang cukup tinggi ini adalah dengan melakukan pengolahan atau pengawetan cabai. Cabai giling dalam kemasan kaleng merupakan salah satu jenis olahan cabai yang cukup potensial untuk dikembangkan. Pada proses pengalengan harus dilakukan proses pemanasan pada suhu yang cukup tinggi untuk menghancurkan mikroba, tetapi tidak boleh terlalu tinggi sehingga membuat produk kehilangan nilai-nilai gizi dari produk akibat pemanasan. Oleh karenanya perlu diketahui parameter pemanasan serta pengaruh pemanasan terhadap produk agar mendapatkan produk pasta cabai dengan mutu yang optimal.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui parameter penetrasi panas selama sterilisasi pada proses pengalengan cabai giling, menentukan waktu sterilisasi optimum cabai giling dalam kemasan kaleng, membandingkan hasil perhitungan antara metode yang berbeda yaitu Metode Umum dan Metode Formula, dan membandingkan hasil pengamatan organoleptik cabai giling sebelum sterilisasi dengan cabai giling setelah sterilisasi.

Penelitian ini dilakukan dengan pembuatan cabai giling, kemudian dilakukan pengukuran pH cabai giling sebelum dikalengkan untuk menentukan waktu sterilisasi dan selanjutnya dilakukan pengukuran total mikroba awal cabai giling sebelum dikalengkan untuk menentukan penurunan mikroba yang dibutuhkan dalam proses pemanasan. Cabai giling digolongkan ke dalam bahan pangan asam rendah ($\text{pH} > 4.5$) sehingga proses termal yang harus diaplikasikan pada pengalengan bahan pangan berasam rendah adalah sterilisasi dengan suhu di atas titik didih air. Dalam penelitian ini suhu sterilisasi yang digunakan 121.1 °C atau 250 °F.

Waktu sterilisasi optimum yang diperoleh melalui metode umum berbeda dengan waktu sterilisasi yang diperoleh melalui metode formula. Waktu sterilisasi cabai giling dalam kaleng ukuran 202 x 308 yang diperoleh melalui metode umum adalah 34 menit untuk ulangan 1 dan 36 menit untuk ulangan 2, sedangkan waktu sterilisasi yang diperoleh melalui metode formula adalah 37.54 menit untuk ulangan 1 dan 33.84 menit untuk ulangan 2. Waktu yang ditetapkan akan diaplikasikan pada sterilisasi cabai giling dalam kaleng ukuran 202 x 308 adalah 37.54 menit karena memiliki nilai yang lebih besar sehingga dapat menjamin kecukupan panas yang telah ditargetkan pada sterilisasi cabai giling dalam kaleng.

Metode umum adalah metode yang paling teliti dalam perhitungan proses termal karena data suhu bahan hasil pengukuran dalam percobaan langsung digunakan dalam perhitungan tanpa asumsi dan prediksi berdasarkan persamaan hubungan suhu dengan waktu, sedangkan dalam perhitungan kecukupan panas dengan metode formula digunakan parameter-parameter yang diperoleh dari data penetrasi panas dan prosedur-prosedur matematik untuk mengintegrasikan *lethal effects*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses termal pada cabai giling akan menyebabkan penurunan nilai warna, vitamin C, dan menaikkan nilai viskositas. Nilai L, a, dan b pada cabai giling dalam kaleng menurun karena terjadi degradasi warna akibat panas selama proses termal. Nilai rata-rata vitamin C cabai giling sebelum proses termal adalah 159.91 mg/100g, setelah proses termal menurun menjadi 78.005 mg/100g dan 77.005 mg/100g. Nilai viskositas cabai giling sebelum diberikan proses termal adalah antara 19500 – 20000 centi poise (cp), sesudah proses termal nilainya naik menjadi 25000 – 28000 cp. Namun dengan diterapkannya proses termal, total mikroba pada cabai giling menurun atau mengalami kematian dan tidak ada pertumbuhan mikroba setelah penyimpanan, sehingga aman untuk dikonsumsi. Total mikroba pada cabai giling sebelum diberikan

proses termal adalah 5.4×10^4 koloni/gram, setelah diberikan proses termal rata-rata total mikroba turun menjadi 6.0×10^1 koloni/gram, dan setelah penyimpanan selama 2 minggu tidak ada pertumbuhan mikroba yaitu dengan nilai rata-rata total mikroba sebesar 4.5×10^1 koloni/gram.

Hasil uji intensitas kepedasan cabai giling pada skala 0-15 cm oleh 30 panelis menunjukkan bahwa intensitas kepedasan menurun dengan adanya pemberian pemanasan pada cabai giling. Cabai giling sebelum sterilisasi memiliki tingkat kepedasan tertinggi yaitu 7.33 diantara kedua cabai giling sesudah disterilisasi baik ulangan 1 maupun 2 yaitu masing-masing 5.56 dan 5.96.

Hasil uji organoleptik oleh 30 orang panelis menggunakan skala kategori (7 skala) menunjukkan bahwa tingkat kesukaan terhadap warna, aroma, dan penerimaan umum cabai giling dipengaruhi oleh perlakuan proses termal. Cabai giling sebelum sterilisasi memiliki nilai kesukaan suka untuk atribut warna (6.23) dan penerimaan umum (5.40), sementara atribut aroma kesukaannya netral (4.57). Cabai giling setelah sterilisasi ulangan 1 memiliki nilai kesukaan netral untuk atribut warna (4.40), aroma (4.07), dan penerimaan umum (4.23). Cabai giling setelah sterilisasi ulangan 2 memiliki nilai kesukaan netral untuk atribut warna (4.70) dan penerimaan umum (4.40), sementara atribut aroma nilai kesukaannya agak tidak suka (3.83). Pemberian proses termal atau sterilisasi menurunkan penilaian terhadap atribut warna dan penerimaan umum, tetapi penilaian untuk atribut aroma memiliki tingkat penerimaan yang tidak berbeda nyata.



KARAKTERISTIK PEMANASAN PADA PROSES PENGALENGAN CABAI GILING

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
pada Departemen Teknik Mesin dan Biosistem,
Fakultas Teknologi Pertanian,
Institut Pertanian Bogor

Oleh :
THEA MUTIA
F14070070

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2012**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya ini tanpa izin pencipta dan penerbitan nomor :
4. Pengutipan harus mencantumkan sumber, nama penulis, judul karya ilmiah, jenis-jenis laporan, jenis-jenis karya atau tulisan atau media
5. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University
2. Dilarang memperjualbelikan dan menyalahgunakan sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University

Judul skripsi : Karakteristik Pemanasan pada Proses Pengalengan Cabai Giling
Nama : Thea Mutia
NIM : F14070070

Menyetujui,

Pembimbing I,

Pembimbing II,

(Ir. Putiati Mahdar, M.App.Sc)
NIP. 130809125

(Ir. Dhiah Nuraini, M.Si)
NIP. 090012851

Mengetahui :
Ketua Departemen,

(Dr. Ir. Desrial, M.Eng)
NIP 19661201 199103 1 004

Tanggal lulus :

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi dengan judul **Karakteristik Pemanasan pada Proses Pengalengan Cabai Giling** adalah hasil karya saya sendiri dengan arahan Dosen Pembimbing Akademik, dan belum diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Bogor, Maret 2012
Yang membuat pernyataan

Thea Mutia
F14070070

© Hak cipta milik Thea Mutia, tahun 2012
Hak cipta dilindungi

Dilarang mengutip dan memperbanyak tanpa izin tertulis dari Institut Pertanian Bogor, sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun, baik cetak, fotokopi, microfilm, dan sebagainya

Hak Cipta (Hak Intelektual) Unsur-unsurnya
1. Dilindungi sebagai karya atau penemuan yang baru dan inovatif
2. Berwujud dan dapat direproduksi
3. Dapat diungkapkan secara publik
4. Berwujud dan dapat direproduksi
5. Dapat diungkapkan secara publik
6. Dapat diungkapkan secara publik
7. Dapat diungkapkan secara publik
8. Dapat diungkapkan secara publik
9. Dapat diungkapkan secara publik
10. Dapat diungkapkan secara publik
11. Dapat diungkapkan secara publik
12. Dapat diungkapkan secara publik
13. Dapat diungkapkan secara publik
14. Dapat diungkapkan secara publik
15. Dapat diungkapkan secara publik
16. Dapat diungkapkan secara publik
17. Dapat diungkapkan secara publik
18. Dapat diungkapkan secara publik
19. Dapat diungkapkan secara publik
20. Dapat diungkapkan secara publik
21. Dapat diungkapkan secara publik
22. Dapat diungkapkan secara publik
23. Dapat diungkapkan secara publik
24. Dapat diungkapkan secara publik
25. Dapat diungkapkan secara publik
26. Dapat diungkapkan secara publik
27. Dapat diungkapkan secara publik
28. Dapat diungkapkan secara publik
29. Dapat diungkapkan secara publik
30. Dapat diungkapkan secara publik
31. Dapat diungkapkan secara publik
32. Dapat diungkapkan secara publik
33. Dapat diungkapkan secara publik
34. Dapat diungkapkan secara publik
35. Dapat diungkapkan secara publik
36. Dapat diungkapkan secara publik
37. Dapat diungkapkan secara publik
38. Dapat diungkapkan secara publik
39. Dapat diungkapkan secara publik
40. Dapat diungkapkan secara publik
41. Dapat diungkapkan secara publik
42. Dapat diungkapkan secara publik
43. Dapat diungkapkan secara publik
44. Dapat diungkapkan secara publik
45. Dapat diungkapkan secara publik
46. Dapat diungkapkan secara publik
47. Dapat diungkapkan secara publik
48. Dapat diungkapkan secara publik
49. Dapat diungkapkan secara publik
50. Dapat diungkapkan secara publik
51. Dapat diungkapkan secara publik
52. Dapat diungkapkan secara publik
53. Dapat diungkapkan secara publik
54. Dapat diungkapkan secara publik
55. Dapat diungkapkan secara publik
56. Dapat diungkapkan secara publik
57. Dapat diungkapkan secara publik
58. Dapat diungkapkan secara publik
59. Dapat diungkapkan secara publik
60. Dapat diungkapkan secara publik
61. Dapat diungkapkan secara publik
62. Dapat diungkapkan secara publik
63. Dapat diungkapkan secara publik
64. Dapat diungkapkan secara publik
65. Dapat diungkapkan secara publik
66. Dapat diungkapkan secara publik
67. Dapat diungkapkan secara publik
68. Dapat diungkapkan secara publik
69. Dapat diungkapkan secara publik
70. Dapat diungkapkan secara publik
71. Dapat diungkapkan secara publik
72. Dapat diungkapkan secara publik
73. Dapat diungkapkan secara publik
74. Dapat diungkapkan secara publik
75. Dapat diungkapkan secara publik
76. Dapat diungkapkan secara publik
77. Dapat diungkapkan secara publik
78. Dapat diungkapkan secara publik
79. Dapat diungkapkan secara publik
80. Dapat diungkapkan secara publik
81. Dapat diungkapkan secara publik
82. Dapat diungkapkan secara publik
83. Dapat diungkapkan secara publik
84. Dapat diungkapkan secara publik
85. Dapat diungkapkan secara publik
86. Dapat diungkapkan secara publik
87. Dapat diungkapkan secara publik
88. Dapat diungkapkan secara publik
89. Dapat diungkapkan secara publik
90. Dapat diungkapkan secara publik
91. Dapat diungkapkan secara publik
92. Dapat diungkapkan secara publik
93. Dapat diungkapkan secara publik
94. Dapat diungkapkan secara publik
95. Dapat diungkapkan secara publik
96. Dapat diungkapkan secara publik
97. Dapat diungkapkan secara publik
98. Dapat diungkapkan secara publik
99. Dapat diungkapkan secara publik
100. Dapat diungkapkan secara publik

BIODATA PENULIS



Thea Mutia, lahir di Bandung, 19 Mei 1989. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara, pasangan Wahyuddin Danuwikarsa dan Tristiana. Penulis menamatkan Sekolah Dasar di SD Negeri 5 Cimahi pada tahun 2001. Kemudian, penulis melanjutkan sekolah ke SMP Negeri 3 Cimahi dan lulus pada tahun 2004. Selanjutnya, penulis menamatkan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 2 Cimahi pada tahun 2007 dan pada tahun yang sama penulis diterima masuk IPB melalui Undangan Seleksi Masuk IPB (USMI). Penulis memilih Departemen Teknik Pertanian (sekarang Teknik Mesin dan Biosistem), Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Selama menjalani perkuliahan di IPB, penulis aktif di berbagai kegiatan kemahasiswaan baik akademik maupun non-akademik, seperti menjadi staf *Public Relation* (PR) Himpunan Mahasiswa Teknik Pertanian (HIMATETA) untuk periode tahun 2008/2009 dan Staf di bagian *Human Research and Development* (HRD) untuk periode tahun 2009/2010. Pada tahun 2010, penulis melakukan praktek lapang di PT. Perkebunan Nusantara VIII Kebun Rancabali, Ciwidey, Jawa Barat dengan judul "Aspek Keteknikan Pertanian Pada Proses Pengolahan Teh di PT. Perkebunan Nusantara VIII Kebun Rancabali, Ciwidey, Jawa Barat". Pada tahun 2010 penulis memperoleh dana dari DIKTI dalam Program Kreatifitas Mahasiswa (PKM) dalam bidang Kewirausahaan dengan judul "Usaha AMOFIGA (*Amazing Mobile Filter Glasses*) Sebagai Trend Baru Masyarakat Modern yang Cinta Kesehatan". Penulis kembali memperoleh dana dari DIKTI dalam Program Kreatifitas Mahasiswa (PKM) pada tahun 2011 namun dalam bidang Teknologi dengan judul "Rancangan dan Uji Kinerja Mesin Pemecah dan Pemisah Kulit Polong Kacang Hijau yang Ringan dan *Mobile*". Sebagai tugas akhir untuk memperoleh gelar sarjana di IPB, penulis melakukan penelitian dengan judul "Karakteristik Pemanasan pada Proses Pengalengan Cabai Giling"

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nyalah penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan judul “Karakteristik Pemanasan pada Proses Pengalengan Cabai Giling”. Pengambilan data dilaksanakan di Laboratorium Proses Balai Besar Industri Agro, Cikaret sejak bulan Agustus sampai November 2011.

Dengan selesainya penelitian hingga tersusunnya skripsi ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. Putiati Mahdar, M.App.Sc sebagai pembimbing pertama.
2. Ir. Dhiah Nuraini, M.Si sebagai pembimbing kedua.
3. Dr. Ir. Y. Aris Purwanto, M.Sc sebagai dosen penguji.
4. Pak Sulyaden, Pak Ahmad, Pak Kosasih, Bu Rubiyah, Pak Gatot, Pak Wahid, dan Mas Edi yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.
5. Ayahanda (Wahyuuddin Danuwikarsa), Ibunda (Tristiana), Adik (Pranajati), dan Wida Mandhaga Nugraha yang selalu memberikan dorongan, dukungan, serta doanya kepada penulis.
6. Rahma Utami, Widyaningtias Septianti, Anatasya Mandang, dan Denis Andreas sebagai teman sepenelitian penulis yang sudah berjuang bersama, serta membantu penulis dalam proses penelitian sejak awal hingga akhir.
7. Teman-teman seperjuangan Teknik Mesin dan Biosistem IPB angkatan 44 (2007) “Ensemble” atas kebersamaan di Teknik Mesin dan Biosistem IPB yang tak akan terlupakan.
8. Teman-teman Queen Castle, terutama sesama tingkat akhir Ilah Fadilah, Tri Utami Ratna Puri, Nurisma, dan Mba Dian Purbasari, serta Rina, Rida, Nana, Indah, Yeni dan lainnya yang tiada henti untuk memberi semangat kepada penulis.
9. Dan seluruh pihak yang telah membantu, baik segi moral maupun material yang tidak dapat dituliskan di atas.

Akhir kata penulis berharap semoga tulisan ini bermanfaat dan memberikan kontribusi yang nyata terhadap perkembangan ilmu pengetahuan di bidang teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian.

Bogor, Maret 2012

Thea Mutia

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 TUJUAN	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 BOTANI CABAI (<i>CAPSICUM ANNUUM</i> L.)	3
2.2 PEMANFAATAN CABAI	5
2.3 CABAI GILING	6
2.4 PENGALENGAN	7
2.5 KALENG	9
2.6 FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI EFEKTIFITAS PROSES TERMAL	11
2.7 PARAMETER PEMANASAN	12
III. METODOLOGI	15
3.1 WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN	15
3.2 BAHAN DAN ALAT	15
3.3 METODE PENELITIAN	15
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 PENELITIAN PENDAHULUAN	24
4.2 PENELITIAN UTAMA	26
4.3 PENGAMATAN	34
V. SIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 SIMPULAN	43
5.2 SARAN	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN	46

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Kandungan zat gizi cabai merah segar per 100 gram bahan.....	5
Tabel 2. Penggolongan makanan berdasarkan suhu sterilisasinya (Desrosier 1978).....	8
Tabel 3. Tipe-tipe kaleng untuk pengemasan.....	9
Tabel 4. Komposisi kimia berbagai jenis kaleng.....	10
Tabel 5. Jenis enamel kaleng yang umum digunakan	10
Tabel 6. Perbandingan daya tahan terhadap panas dari beberapa organisme yang penting dalam kerusakan makanan kaleng (Stumbo 1973).....	13
Tabel 7. Faktor konversi hasil pengukuran viskositas.....	22
Tabel 8. Contoh <i>worksheet</i> pada program Microsoft Excel untuk perhitungan waktu sterilisasi.....	34
Tabel 9. Data pengukuran warna cabai giling	37
Tabel 10. Standar mutu mikrobiologi saus cabai	38
Tabel 11. Hasil pengukuran total mikroba pada cabai giling	38

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Cabai merah besar (a), Cabai keriting (b), Cabai hijau (c), Cabai paprika (d), Cabai rawit (e), Cabai rawit domba (f), Cabai hias (g).....	4
Gambar 2. Keadaan cabai giling di pasar dijual dalam keadaan terbuka.....	6
Gambar 3. Alat penggiling cabai di pasar	6
Gambar 4. Kurva kematian jasad renik ordo pertama TDT.....	12
Gambar 5. <i>Chopper</i> (a), timbangan digital (b), kaleng (c), tutup kaleng (d), <i>blancher</i> (e), <i>exhauster</i> (f), alat penutup kaleng (<i>seamer</i>) (g), <i>retort</i> (h), <i>recorder</i> (i), pH meter (j), <i>chromameter</i> (k), <i>viscometer</i> (l).....	16
Gambar 6. Diagram alir proses pembuatan cabai giling dalam kaleng.....	17
Gambar 7. Perbandingan cabai segar (kiri) dan cabai setelah diblansir (kanan)	25
Gambar 8. Proses penutupan kaleng.....	26
Gambar 9. Skema letak termokopel pada titik ½ tinggi kaleng	27
Gambar 10. Kurva perbandingan penetrasi panas pada ketiga titik pengukuran pada proses sterilisasi cabai giling dalam kaleng	27
Gambar 11. Kurva penetrasi panas pasta cabai dalam kaleng (Ulangan 1)	29
Gambar 12. Kurva penetrasi panas pasta cabai dalam kaleng (Ulangan 2)	29
Gambar 13. Kurva hubungan t dan Lr (Metode Umum Ulangan 1)	30
Gambar 14. Kurva hubungan t dan Lr (Metode Umum Ulangan 2)	30
Gambar 15. Kurva hubungan t dan Tr-T dari data penetrasi panas (ulangan 1)	32
Gambar 16. Kurva hubungan t dan Tr-T dari data penetrasi panas (ulangan 2)	33
Gambar 17. Hasil uji pH cabai giling	35
Gambar 18. Hasil uji viskositas cabai giling	36
Gambar 19. Hasil uji total mikroba cabai giling.....	38
Gambar 20. Hasil uji vitamin C cabai giling	39
Gambar 21. Hasil uji intensitas kepedasan cabai giling	40
Gambar 22. Hasil uji hedonik cabai giling (skala 0-7)	41

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Data penetrasi panas pada penentuan titik terdingin (<i>cold point</i>).....	47
Lampiran 2. Rekapitulasi data uji penetrasi panas (Ulangan 1).....	48
Lampiran 3. Rekapitulasi data uji penetrasi panas (Ulangan 2).....	49
Lampiran 4. Hasil pengolahan data uji penetrasi panas dengan Metode Umum (Ulangan 1, Tc3) ...	50
Lampiran 5. Hasil pengolahan data uji penetrasi panas dengan Metode Umum (Ulangan 2, Tc3) ...	51
Lampiran 6. Perhitungan penentuan waktu sterilisasi optimum cabai giling dalam kaleng dengan Metode Formula (Ulangan 1, Tc3).....	52
Lampiran 7. Perhitungan penentuan waktu sterilisasi optimum cabai giling dalam kaleng dengan Metode Formula (Ulangan 2, Tc3).....	54
Lampiran 8. Langkah-langkah pemrograman perhitungan proses termal menggunakan worksheet pada Microsoft Excel	56
Lampiran 9. Rekapitulasi data hasil analisis cabai giling	57
Lampiran 10. Uji keragaman pada uji pH cabai giling	58
Lampiran 11. Uji keragaman pada uji viskositas cabai giling	59
Lampiran 12. Uji keragaman pada uji warna cabai giling	60
Lampiran 13. Uji keragaman pada uji total mikroba cabai giling.....	62
Lampiran 14. Uji keragaman pada uji vitamin C cabai giling	63
Lampiran 15. Hasil uji intensitas kepedasan cabai giling	64
Lampiran 16. Uji keragaman pada uji intensitas kepedasan cabai giling	65
Lampiran 17. Hasil uji hedonik cabai giling.....	66
Lampiran 18. Uji keragaman pada uji hedonik cabai giling	67
Lampiran 19. Format kuisisioner uji intensitas kepedasan.....	70
Lampiran 20. Format kuisisioner uji hedonik	71
Lampiran 21. Dokumentasi penelitian	72

I. PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Cabai merah (*Capsicum annuum* L.) dikenal sebagai salah satu hasil hortikultura yang mempunyai banyak kegunaan, baik untuk keperluan rumah tangga maupun obat-obatan. Dalam berbagai jenis makanan khas Indonesia, cabai merah memegang peranan penting karena warnanya yang menarik serta rasanya yang disukai. Karena itu, cabai merah merupakan produk potensial yang cukup strategis untuk dikembangkan.

Cabai merah dapat tumbuh dengan baik di negara Indonesia sehingga ketika masa panen umumnya diperoleh hasil yang berlimpah. Namun demikian cabai juga mempunyai permasalahan yang memerlukan pemecahan dalam hal penanganannya. Cabai merupakan suatu produk pertanian yang istimewa karena memiliki karakteristik yang mudah rusak sehingga mempengaruhi lamanya penyimpanan. Cabai merah mempunyai kadar air yang cukup tinggi (55-85%) pada saat panen. Selain masih mengalami proses respirasi, cabai merah akan mengalami kelayuan. Sifat fisiologis ini menyebabkan cabai merah memiliki tingkat kerusakan yang cukup tinggi yaitu 40%. Waktu simpan cabai cukup pendek, yaitu sekitar lima hari setelah panen (Sudaro 1999). Daya tahan cabai yang rendah ini menyebabkan harga cabai merah di pasaran sangat fluktuatif. Selain itu cabai merupakan produk musiman, sehingga produksinya tidak kontinyu. Bila musim panen tiba, penawaran cabai terlalu berlebihan sehingga harga turun drastis. Sebaliknya diluar musim panen penawaran cabai sangat berkurang sehingga harga melonjak tinggi. Mengingat hal itu maka perlu cara pengawetan yang dapat menambah nilai jual. Oleh karena itu diperlukan produk olahan agar produk cabai lebih stabil.

Salah satu cara untuk mengurangi fluktuasi harga yang cukup tinggi ini adalah dengan melakukan pengolahan atau pengawetan cabai. Dengan cara ini cabai menjadi lebih tahan lama dalam penyimpanan, sehingga dapat mengisi kekosongan pada saat terjadi kelebihan permintaan pasar. Peningkatan produksi cabai merah dapat dicapai jika diikuti tindakan pengolahan atau pengawetan yang cukup baik.

Di pasaran sebenarnya cabai giling sudah banyak dijual oleh pedagang-pedagang di pasar. Dalam pembuatan cabai giling biasanya ditambahkan garam, bahan pengawet, dan sedikit air. Bahan baku yang digunakan untuk membuat cabai giling adalah cabai yang sudah agak rusak dan garam kasar yang bermutu rendah (Kumara 1986). Cabai giling umumnya dijual dalam wadah plastik terbuka atau dikemas dalam kantung-kantung plastik kecil. Keadaan seperti ini memungkinkan tumbuhnya mikroba penyebab kebusukan, juga memungkinkan tumbuhnya mikroba penyebab penyakit. Karena kondisi sanitasi dan perlakuan yang tidak ditangani secara baik, maka cabai giling yang dijual di pasar tersebut memiliki mutu yang kurang baik. Oleh karena itu daya tahan terhadap penyimpanan cabai giling menjadi sangat rendah. Dengan alasan ini, maka perlu inovasi dalam pengolahan dan pengawetan cabai giling.

Cabai giling dalam kemasan kaleng merupakan salah satu jenis olahan cabai yang cukup potensial untuk dikembangkan. Pengemasan cabai giling dalam kaleng merupakan suatu penemuan yang bermanfaat bagi perkembangan agroindustri di Indonesia. Dalam proses pengalengan terdapat proses sterilisasi yang menggunakan panas pada suhu tinggi dalam waktu yang singkat. Menurut Muchtadi (1994), proses sterilisasi tidak hanya bertujuan untuk menghancurkan mikroba pembusuk dan patogen, tetapi juga berguna untuk membuat produk menjadi cukup masak, dan memenuhi syarat dilihat dari penampilannya, teksturnya, dan citarasa sesuai yang diinginkan. Oleh karena itu, proses pemanasan ini harus dilakukan pada suhu yang cukup tinggi untuk menghancurkan mikroba, tetapi tidak boleh terlalu tinggi sehingga membuat produk kehilangan nilai-nilai gizi dari produk akibat pemanasan. Karenanya

perlu diketahui parameter pemanasan serta pengaruh pemanasan terhadap produk agar mendapatkan produk pasta cabai dengan mutu yang optimal.

Produk cabai giling dalam kaleng dapat berfungsi sebagai stabilisator harga dan pasokan cabai. Pada saat terjadi kelebihan pasokan, industri cabai giling dalam kaleng mampu menyerap produksi tersebut. Sementara pada saat harga mahal dan pasokan kurang, produk ini dapat dilepas untuk memenuhi kebutuhan pasar. Oleh karena itu pengolahan produk cabai giling dalam kaleng diharapkan akan mampu meningkatkan nilai ekonomi cabai.

1.2 TUJUAN

Tujuan penelitian ini adalah

1. Mengetahui parameter penetrasi panas selama sterilisasi pada proses pengalengan cabai giling.
2. Membandingkan hasil perhitungan menggunakan Metode Umum dan Metode Formula.
3. Menentukan waktu sterilisasi optimum cabai giling dalam kemasan kaleng.
4. Membandingkan hasil pengamatan cabai giling sebelum sterilisasi dengan cabai giling setelah sterilisasi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 BOTANI CABAI (*CAPSICUM ANNUUM L.*)

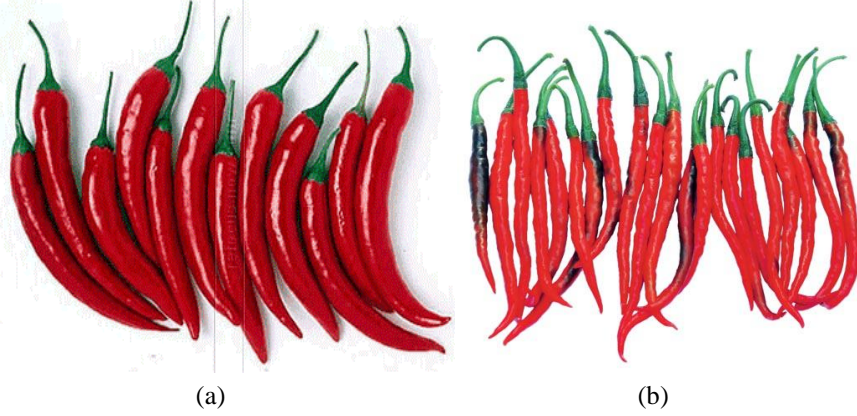
Cabai merupakan tanaman perdu dari famili terung-terungan (Solanaceae). Keluarga ini diduga memiliki sekitar 90 genus dan 2000 spesies yang terdiri dari tumbuhan herba, semak, dan tumbuhan kerdil lainnya. Dari banyaknya spesies tersebut, sebagian besar merupakan tumbuhan negeri tropis. Namun, secara ekonomis yang dapat atau sudah dimanfaatkan baru beberapa spesies saja. Diantaranya yang sangat dekat dengan kehidupan sehari-hari adalah kentang (*Solanum tuberosum L.*), terung (*Solanum melongena L.*), leunca (*Solanum nigrum L.*), tembakau (*Nicotiana tabacum*), dan tomat (*Lycopersicon esculentum Mill.*) (Setiadi 1987).

Diperkirakan tanaman cabai (*Capsicum sp.*) mempunyai lebih kurang 20 spesies yang sebagian besar tumbuh di daerah asalnya (Amerika). Beberapa spesies cabai yang sudah banyak dikenal antara lain cabai besar (*Capsicum annuum sp.*) dan cabai kecil (*Capsicum frutescens*). Cabai besar mempunyai banyak varietas seperti cabai merah (*Capsicum annuum var. longum*), cabai bulat (*Capsicum annuum var. abbreviata*), paprika (*Capsicum annuum var. grossum*), dan cabai hijau (*Capsicum annuum var. annuum*). Cabai merah terbagi lagi menjadi cabai merah besar (*Capsicum annuum L.*) dan cabai keriting (*Capsicum annuum sp*) (Setiadi 1987).

Bentuk dan ukuran buah cabai berbeda-beda tergantung spesiesnya, buah cabai yang sering ditemui dalam kehidupan sehari-hari dapat dilihat pada Gambar 1, contoh untuk spesies cabai besar yaitu cabai besar yang lurus dan bisa mencapai ukuran sebesar ibu jari, cabai keriting, cabai hijau, dan cabai paprika yang mempunyai bentuk seperti buah apel. Sedangkan contoh spesies cabai kecil adalah cabai rawit, cabai rawit domba yang lebih pedas dari cabai rawit biasa, dan bentuk-bentuk cabai hias lain yang beragam (Wiryanta 2008).

Dalam dunia tumbuh-tumbuhan, cabai merah besar diklasifikasikan sebagai berikut:

- Kingdom : Plantae
- Divisi : Spermatophyta
- Subdivisi : Angiospermae
- Kelas : Dicotyledonae
- Ordo : Tubiflorae (Solanales)
- Famili : Solanaceae
- Genus : Capsicum
- Spesies : *Capsicum annuum L.*



Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi pangan nasional, serta meningkatkan kesejahteraan petani dan masyarakat pedesaan.



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)

Gambar 1. Cabai merah besar (a), Cabai keriting (b), Cabai hijau (c), Cabai paprika (d), Cabai rawit (e), Cabai rawit domba (f), Cabai hias (g)

Tanaman cabai merah termasuk tanaman semusim berbentuk perdu, berdiri tegak dengan batang berkayu, dan memiliki banyak cabang. Tinggi tanaman dewasa antara 50 – 90 cm. Tangkai daunnya horizontal atau miring dengan panjang sekitar 1.5 – 4.5 cm. Panjang daunnya antara 4 – 10 cm dan lebar antara 1.5 – 4 cm. Tanaman cabai merah mempunyai daya adaptasi yang baik, karena dapat tumbuh dan berkembang biak di dataran rendah (< 100 m di atas permukaan laut/dpl) maupun dataran tinggi (> 1200 m dpl) (Sabari 1994).

2.2 PEMANFAATAN CABAI

Selain sebagai penyedap makanan, cabai juga digunakan sebagai penggugah selera makan (*appetizer*). Gabungan rasa panas dan pedas yang disebabkan alkaloid *capsaicin* yang dihasilkan kelenjar dalam plasenta di pangkal buah cabai, membuat orang yang memakannya menjadi berkeringat dan bercucuran air mata. Namun setelah itu timbul rasa nyaman. Khasiat penggugah selera makan tersebut sebenarnya dirangsang oleh minyak atsiri yang ditimbulkan cabai saat dikunyah atau oleh aromanya yang terhirup oleh hidung sebelum disantap. *Capsaicin* sendiri merangsang keluarnya air liur di mulut dan merangsang kerja lambung sehingga pencernaan makanan menjadi lancar (Wiryanta 2008).

Cabai juga banyak digunakan untuk terapi kesehatan. Berbagai hasil penelitian membuktikan bahwa buah cabai dapat membantu menyembuhkan kejang otot, rematik, sakit tenggorokan, alergi, juga dapat membantu melancarkan sirkulasi darah dalam jantung. Selain itu, cabai dapat digunakan sebagai obat oles kulit untuk menghilangkan rasa pegal dan dingin akibat rematik dan encok karena bersifat analgesik.

Menurut Wiryanta (2008), khasiat cabai yang begitu banyak tersebut disebabkan oleh senyawa *capsaicin* ($C_{18}H_{27}NO_3$) yang terkandung di dalam buah cabai. Senyawa tersebut bisa dijadikan obat untuk pengobatan sirkulasi darah yang tidak lancar di tangan, kaki, dan jantung. Sewaktu mengonsumsi cabai yang berasa pedas (buah cabai merah mempunyai tingkat kepedasan 100-250000 unit *scoville*), terutama cabai merah dan cabai rawit, suhu tubuh akan meningkat sehingga merangsang metabolisme tubuh. Akibatnya sirkulasi darah menjadi lancar dan aliran nutrisi di jaringan tubuh meningkat. Selain mengandung *capsaicin*, cabai juga mengandung *capsidicin*. Senyawa yang terdapat di dalam biji ini berguna untuk memperlancar sekresi asam lambung dan mencegah infeksi sistem pencernaan. Senyawa lain yang dimiliki cabai adalah *capsicol*. Senyawa ini berguna untuk mengurangi pegal-pegal, rematik, sakit gigi, sesak napas, dan gatal-gatal.

Selain mengandung senyawa-senyawa di atas, cabai juga mengandung gizi berupa protein dan vitamin yang berguna bagi tubuh, seperti yang terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kandungan zat gizi cabai merah segar per 100 gram bahan

No	Kandungan Gizi	Satuan
1	Kalori	31.0 kal
2	Protein	1.0 gram
3	Lemak	0.3 gram
4	Karbohidrat	7.3 gram
5	Kalsium	29.0 mg
6	Fosfor	24.0 mg
7	Besi	0.5 mg
8	Vitamin A	470 (SI)
9	Vitamin C	18.0 mg
10	Vitamin B ₁	0.05 mg
12	Air	90.9 gram
13	Bagian yang dapat dimakan/b.d.d	85 %

Sumber: Direktorat Gizi, Depkes RI (1989) diacu dalam Setiadi (1987)

Dewasa ini cabai tidak hanya dikonsumsi dengan dimakan segar, tetapi sudah banyak diolah menjadi produk olahan seperti saos cabai, sambal cabai, cabai giling, dan bubuk cabai.

2.3 CABAI GILING

Salah satu jenis cabai olahan yang cukup potensial untuk dikembangkan adalah cabai giling dalam kemasan. Cabai giling sebenarnya sudah diproduksi oleh beberapa pedagang di pasar-pasar. Pengawetannya dilakukan dengan menambahkan NaCl 1% dan Na-benzoat 0.02% sebagai zat pengawet pada cabai yang digiling halus. Pembuatan cabai giling dilakukan dengan pemilahan (sortasi) cabai yang baru dipanen, dibuang tangkainya dan dicuci bersih. Selanjutnya cabai digiling sampai halus, kemudian ditambahkan garam dan Na-benzoat sebagai pengawet (Setiadi 1987). Pada proses pembuatan cabai giling di pasar tradisional, cabai digiling menggunakan alat penggiling khusus yang di dalamnya dilengkapi dengan gerinda dari batu yang dapat berputar dan menekan cabai ke segala arah hingga halus. Alat ini digerakkan dengan motor yang berbahan bakar bensin (Wati 1997).



Gambar 2. Keadaan cabai giling di pasar dijual dalam keadaan terbuka



Gambar 3. Alat penggiling cabai di pasar

Dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3, cabai giling tersebut dijual dalam keadaan tanpa kemasan dan dijual kiloan, serta alat penggilingnya pun tidak higienis. Karena kondisi sanitasi dan perlakuan yang tidak ditangani dengan baik, maka cabai giling yang dijual di pasar tersebut memiliki

mutu yang kurang baik. Salah satu penyebabnya adalah tidak adanya perlakuan pemanasan, tidak dikemas dengan baik, serta disimpan pada suhu kamar. Oleh karena itu daya tahan cabai giling selama penyimpanan menjadi sangat rendah.

Produk cabai giling sebenarnya cukup diminati oleh pasar, karena bentuknya yang siap pakai, mudah, dan praktis. Dengan perlakuan pemanasan yang optimal diharapkan dapat meningkatkan mutu dan daya simpan cabai giling. Selain itu fungsi dan sifat produk cabai giling diusahakan dapat menyerupai cabai segar, seperti bentuk fisik dan aromanya sehingga dapat diterima konsumen.

Pada saat terjadi kelebihan pasokan cabai, industri cabai giling mampu menyerap produksi tersebut. Sementara pada saat harga mahal dan pasokan kurang, produk ini dapat memenuhi kebutuhan pasar. Oleh karena itu, selain mampu meningkatkan nilai ekonomi cabai, cabai giling dalam kaleng juga dapat berfungsi sebagai stabilisator harga dan pasokan cabai.

2.4 PENGALENGAN

Menurut Winarno (2004), pengalengan adalah suatu cara pengawetan makanan di dalam suatu wadah tertutup yang dipanaskan dengan menggunakan uap panas sebagai usaha mencegah kebusukan. Pengalengan pada umumnya dilakukan di dalam kaleng yang terbuat dari lembaran baja berlapis timah (Sn) atau dapat dilakukan di dalam gelas, dan kini berkembang cara-cara pengalengan dengan menggunakan sebagian atau seluruhnya dari aluminium.

Nicholas Apert adalah ilmuwan yang banyak jasanya di bidang pengalengan. Pada tahun 1810, Nicholas Apert memenangkan hadiah dari pemerintah Perancis karena jasanya dalam penggunaan *autoclave* dalam proses sterilisasi. Dialah yang memulai pengalengan di tahun 1812. Mula-mula menggunakan gelas dan botol sebagai wadah pangan yang akan disterilkan dan baru berubah menjadi kaleng dengan bahan *tin-plate* di tahun 1822. Nicholas Apert dikenal sebagai “bapak pengalengan dunia” (Winarno 2004).

Dalam pengalengan makanan, bahan pangan dikemas secara hermetis dalam suatu wadah, baik kaleng, gelas, atau aluminium. Pengemasan secara hermetis yaitu penutupannya sangat rapat, sehingga tidak dapat ditembus oleh udara, air, mikroba atau bahan asing lain. Dengan demikian makanan yang dikalengkan dapat dijaga terhadap kebusukan, perubahan kadar air, kerusakan akibat oksidasi, atau perubahan citarasanya (Muchtadi 1994).

Pada umumnya prosedur pengalengan bahan pangan terdiri dari tahap-tahap: persiapan bahan, blansir, pengisian ke dalam kaleng, pengisian medium, *exhausting*, sterilisasi, pendinginan, dan penyimpanan (Desrosier 1978).

Persiapan bahan dilakukan dengan memilih bahan-bahan yang akan dikalengkan, mencuci, memotong menjadi bagian-bagian tertentu dan mempersiapkan bahan untuk pengolahan selanjutnya.

Blansir pada proses pengalengan merupakan pemanasan pendahuluan pada bahan pangan seperti buah dan sayuran dengan air panas bersuhu di bawah 100°C dalam waktu singkat. Tujuannya adalah untuk menyusutkan volume bahan, memudahkan pengepakan ke dalam wadah (kaleng atau gelas), mengurangi gas (udara) dari jaringan, membersihkan bahan, dan mengurangi kontaminasi awal mikroba (Muchtadi 1994).

Pada pengisian bahan pangan produk yang diisi sampai permukaan yang diinginkan dalam wadah dengan memperhatikan adanya *head space*. *Head space* adalah ruang kosong antara permukaan produk dengan tutup. Fungsinya adalah sebagai ruang cadangan untuk pengembangan produk selama disterilisasi, agar tidak menekan wadah karena akan menyebabkan gelas menjadi pecah atau kaleng menjadi kembung. Medium pengalengan adalah larutan atau bahan lain yang ditambahkan ke dalam produk saat proses pengisian. Jenis- jenis medium yang biasa digunakan adalah larutan garam, sirup,

kaldu, dan minyak. Medium pengalengan tersebut dapat memberikan cita rasa pada produk kalengan dan juga berfungsi untuk mengurangi waktu sterilisasi, dengan cara meningkatkan proses perambatan panas, serta dapat mengurangi korosi kaleng dengan cara menghilangkan udara (Muchtadi 1994). Cruess (1958) diacu dalam Jendrawati (1989) menyatakan garam dan asam yang ditambahkan sebagai medium dapat membantu mempertahankan bentuk, warna, tekstur, cita rasa, dan mengubah pH sayur-sayuran yang dikalengkan.

Exhausting atau penghampaudaraan ialah pengeluaran udara yang terdapat dalam *head space* keluar kaleng. Dalam wadah yang sudah ditutup tidak diinginkan adanya oksigen, karena gas ini dapat bereaksi dengan bahan pangan atau bagian dalam kaleng sehingga akan mempengaruhi mutu, nilai gizi dan umur simpan produk kalengan. Tujuan lain adalah untuk memberikan ruangan bagi pengembangan produk selama proses sterilisasi sehingga pengembangan wadah akibat tekanan produk dari dalam dapat dihindarkan, serta untuk menaikkan suhu produk di dalam wadah sampai mencapai suhu awal (Muchtadi 1994).

Tabel 2. Penggolongan makanan berdasarkan suhu sterilisasinya (Desrosier 1978)

Penggolongan Keasaman	pH	Kelompok Bahan Pangan	Suhu Sterilisasi yang diperlukan
Berasam rendah	7.0	Daging, ikan, susu, unggas	121°C
	6.0	Sayur-sayuran	
	5.0	Sop	
Berasam sedang	4.5		
Asam	4.0	Buah-buahan	100°C
	3.7	Sayur-sayuran, buah-buahan	
Berasam tinggi	3.0	Acar (<i>pickles</i>), selai, jelli	
	2.0	Bahan pangan sangat asam	

Sterilisasi adalah proses yang paling penting dalam pengalengan bahan pangan. Tujuannya selain untuk menghancurkan mikroba pembusuk dan patogen, tetapi juga untuk membuat produk menjadi cukup masak. Faktor yang mempengaruhi sterilisasi adalah jenis mikroba yang dihancurkan, kecepatan perambatan panas sampai ke titik dingin, suhu awal bahan pangan di dalam wadah, ukuran dan jenis wadah yang digunakan, suhu dan tekanan yang digunakan untuk proses sterilisasi, dan keasaman atau pH produk yang dikalengkan (Muchtadi 1994).

Makanan dapat dibagi berdasarkan nilai pH-nya sebagai berikut (Stumbo 1973):

1. Makanan berasam rendah, pH > 5.0
2. Makanan berasam sedang, pH 5.0 - 4.5
3. Makanan asam, pH 4.5 – 3.7
4. Makanan berasam tinggi, pH < 3.7.

Menurut Muchtadi (1994), setelah proses sterilisasi selesai, wadah harus segera didinginkan. Tujuannya adalah untuk memperoleh keseragaman (waktu dan suhu) dalam proses dan mempertahankan mutu produk akhir. Apabila pendinginan terlalu lambat dilakukan, maka produk akan cenderung terlalu masak, sehingga akan merusak tekstur dan citarasanya. Setelah dingin, kaleng diberi label sesuai dengan keinginan produsen, kemudian dikemas dalam karton, atau kotak kayu dalam jumlah tertentu.

2.5 KALENG

Menurut Winarno dan Fardiaz (1980), kaleng (*tin plate*) dibuat dari baja yang dilapisi timah putih (Sn) yang tipis dengan kadar tidak lebih dari 1.00 – 1.25% dari berat kaleng. Penggunaan kaleng memberikan beberapa keuntungan, antara lain : (1) dapat menjaga bahan pangan di dalamnya: makanan di dalam wadah yang tertutup secara hermetis dapat dijaga terhadap kontaminasi oleh mikroba, serangga atau bahan asing lain yang mungkin dapat menyebabkan kebusukan atau penyimpangan penampakan dan citarasanya, (2) dapat menjaga bahan pangan terhadap perubahan kadar air yang tidak diinginkan, (3) dapat menjaga bahan pangan terhadap penyerapan gas oksigen, gas-gas lain atau bau-bauan dan dari partikel-partikel radioaktif yang terdapat di atmosfer, dan (4) untuk beberapa bahan pangan berwarna yang peka terhadap reaksi fotokimia, maka kaleng juga dapat menjaga bahan tersebut terhadap cahaya (Muhtadi 1994).

Kaleng dibuat dalam ukuran dan bentuk yang sangat beragam, dikembangkan oleh kebiasaan tata niaga daripada kebutuhan konsumen. Ukuran kaleng ditunjukkan dengan kode, misalnya 211 x 400. Ini berarti bahwa kaleng tersebut memiliki diameter $2 \frac{11}{16}$ inci dan tingginya $4 \frac{0}{16}$ inci. Bilangan pertama menyatakan diameter dan yang terakhir menyatakan tinggi kaleng. Angka pertama dalam inci, dua angka yang terakhir menyatakan jumlah dari perenambelas (Desrosier 1978).

Menurut Muchtadi (1994), dalam pengalengan suatu produk, penting diperhatikan untuk selalu menggunakan jenis kaleng yang sesuai untuk produk dengan tujuan untuk menghindarkan terjadinya perubahan warna. Tipe-tipe kaleng untuk pengemasan dapat dilihat pada Tabel 3. Jenis kaleng yang umum digunakan memiliki komposisi kimia yang berbeda-beda. Komposisi kimia berbagai jenis kaleng tersebut terdapat pada Tabel 4.

Untuk mencegah reaksi antara kaleng dengan bahan yang dikalengkan, maka kadang-kadang kaleng dilapisi bahan bukan metal yang dinamakan enamel. Lapisan enamel tidak hanya mencegah terjadinya korosi, tetapi juga menghindari kontak antara makanan dengan metal sehingga menghasilkan warna dan cita rasa yang diinginkan (Winarno, Fardiaz 1980). Jenis enamel kaleng dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 3. Tipe-tipe kaleng untuk pengemasan

Klasifikasi Makanan	Sifat Keasaman	Jenis Kaleng
Sangat korosif	Makanan dengan keasaman tinggi/średang (jus apel, acar, dan sebagainya)	Tipe L
Korosif sedang	Makanan dengan keasaman sedang (sayur asin, pir, dan sebagainya)	Tipe MS Tipe MR
Sedikit korosif	Makanan dengan keasaman rendah (kapri, jagung, daging, dan sebagainya)	Tipe MR Tipe MC
Tidak korosif	Makanan tidak asam (produk kering, makanan beku, dan sebagainya)	Tipe MR Tipe MC

Sumber : Ellis (1963) diacu dalam Muchtadi (1994)

Tabel 4. Komposisi kimia berbagai jenis kaleng

Unsur Kimia	Tipe L	Tipe MS	Tipe MR	Tipe MC	Bir
Karbon (C)	0.05-0.12	0.05-0.12	0.05-0.12	0.05-0.12	0.15
Mangan (Mn)	0.25-0.60	0.25-0.60	0.25-0.60	0.25-0.60	0.25-0.70
Belerang (S)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Fosfor (P)	0.015	0.015	0.020	0.07-0.11	0.10-1.15
Silikon (Si)	0.010	0.010	0.010	0.010	0.010
Tembaga (Cu)	0.06	0.10-1.20	0.20	0.20	0.20
Nikel	0.04	0.04	-	-	-
Cromium (Cr)	0.06	0.06	-	-	-
Mb	0.05	0.05	-	-	-
Arsen	0.02	0.02	-	-	-

Sumber : Rahimah (2010)

Tabel 5. Jenis enamel kaleng yang umum digunakan

Nama Enamel	Macam Bahan Pangan	Tipe
Fruit Enamel	Berises, cheriries, dan buah-buahan lain yang memerlukan perlindungan dari garam-garam metal	Oleoresin
C-Enamel	Jagung, kacang kapri, dan bahan pangan yang mengandung belerang	Oleoresin dan pigmen seng oksida
Citrus Enamel	Hasil olahan jeruk dan konsentrat	Oleoresin yang dimodifikasi
Seafood Enamel	Hasil olahan ikan dan pasta daging	Fenolik
Meat Enamel	Daging dan beberapa produk spesial	Epon yang dimodifikasi dan pigmen aluminium
Milk Enamel	Susu, telur, dan hasil olahan susu	Epon
Beverage Can Enamel	Sari buah atau sayuran, buah-buahan yang sangat korosif. Minuman yang tidak mengandung CO ₂	Sistem dua lapis oleoresin dan vinil
Beer Can Enamel	Bir dan minuman yang mengandung CO	Sistem dua lapis oleoresin atau polibutadiena dan vinil

Sumber : Ellis (1963) diacu dalam Muchtadi (1994)

2.6 FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI EFEKTIFITAS PROSES

TERMAL

Menurut Kusnandar *et al.* (2000), di antara faktor-faktor kritis yang mempengaruhi proses termal dan sterilisasi yang perlu diidentifikasi pengaruhnya adalah: (a) karakteristik bahan yang dikalengkan (pH keseimbangan, metode pengasaman, konsistensi/viskositas dari bahan, bentuk/ukuran bahan, aktivitas air, persen padatan, rasio padatan/cairan, formula, ukuran partikel, kekentalan sirup, jenis pengental, dsb), kemasan (jenis dan dimensi, metode pengisian bahan ke dalam kemasan), (b) proses dalam retort (jenis *retort*, jenis media pemanas, posisi wadah dalam retort, tumpukan wadah, pengaturan kaleng, dsb). Beberapa faktor kritis tersebut dijelaskan sebagai berikut:

a) Keasaman (Nilai pH)

Salah satu karakteristik produk pangan yang penting yang menentukan apakah proses termal harus sterilisasi atau pasteurisasi adalah tingkat keasaman yang dinyatakan dengan nilai pH. Untuk produk pangan yang diasamkan, maka prosedur pengasaman menjadi sangat penting, dimana harus menjamin pH keseimbangan dari bahan harus di bawah $\text{pH} < 4.5$. Untuk itu, perlu diketahui metode pengasaman yang digunakan dan jenis *acidifying agent* yang digunakan (misal asam sitrat, asam asetat, asam malat, saus tomat, asam tartarat, dsb). Bila pengasaman dilakukan secara benar, maka dapat diterapkan proses pasteurisasi.

b) Viskositas

Viskositas berhubungan dengan cepat atau lambatnya laju pindah panas pada bahan yang dipanaskan yang mempengaruhi efektifitas proses pemanasan. Pada bahan pangan viskositas rendah (cair) pindah panas berlangsung secara konveksi yaitu merupakan sirkulasi dari molekul-molekul panas sehingga hasil transfer panas menjadi lebih efektif. Sedangkan pada bahan pangan viskositas tinggi (padat), transfer panas berlangsung secara konduksi, yaitu transfer panas yang mengakibatkan terjadinya tumbukan antara yang panas dan yang dingin sehingga efektifitas pindah panas menjadi berkurang. Kemudahan pindah panas pada bahan cair dinyatakan dengan koefisien pindah panas konveksi (h), sedangkan untuk bahan pangan padat dinyatakan dengan koefisien pindah panas konduksi (k).

c) Jenis Medium Pemanas

Pada umumnya proses termal dilakukan menggunakan uap (*steam*) dengan teknik pemanasan secara langsung (*direct heating*). Teknik pemanasan dengan menggunakan uap (*steam*) secara langsung ini dapat dibedakan atas dua macam, yaitu : (i) *steam injection*, yang dilakukan dengan menyuntikkan uap secara langsung kedalam ruangan (*chamber*) yang berisi bahan pangan, dan (ii) *steam infusion*, adalah teknik pemanasan dimana bahan pangan disemprotkan kedalam ruangan yang berisi uap panas.

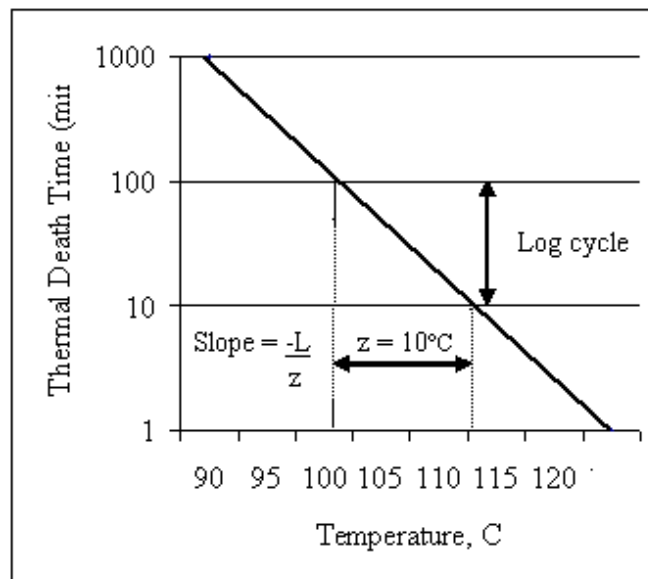
d) Jenis dan Ukuran Kaleng

Jenis kemasan yang digunakan akan mempengaruhi kecepatan perambatan panas ke dalam bahan. Untuk kaleng yang berdiameter lebih besar maka volumenya juga lebih besar dan memerlukan waktu yang lebih panjang untuk memanaskannya dibandingkan kaleng dengan ukuran diameter yang lebih kecil.

2.7 PARAMETER PEMANASAN

Tujuan proses termal adalah memperpanjang daya simpan (awet) dan meningkatkan keamanan produk pangan selama disimpan dalam jangka waktu tertentu dengan cara membunuh mikroorganisme pembusuk atau patogen. Proses termal juga mempengaruhi mutu produk, seperti memperbaiki mutu sensori, melunakkan produk sehingga lebih mudah dikonsumsi, meningkatkan daya cerna protein dan karbohidrat, serta menghancurkan komponen-komponen yang tidak diperlukan (seperti komponen antitripsin pada biji-bijian). Namun, proses termal juga dapat menyebabkan kerusakan komponen gizi (vitamin, protein) dan penurunan mutu sensori (rasa, warna, dan tekstur) sehingga proses termal perlu dikontrol dengan baik (Hariyadi, Kusnandar 2000). Oleh karena itu, pada proses pengolahan pangan dengan panas selalu dihadapkan dengan dua pilihan yang saling bertentangan. Pengaruh waktu pemanasan dan suhu yang semakin tinggi akan memberikan efek pembunuh mikroba yang semakin besar atau kurva pertumbuhan mikroba yang semakin kecil. Tetapi semakin tinggi suhu dan lama waktu proses tentu saja akan semakin besar pula kerusakan gizi dan mutunya. Sehingga dalam pemilihan waktu dan suhu yang tepat untuk proses pengalengan pangan khususnya sterilisasi, harus dapat memutuskan kombinasi suhu dan waktu yang tepat agar mikroba mati atau produk cukup aman dari mikroba patogen dan pembusuk, namun nilai gizinya tidak banyak berubah atau tidak banyak mengalami kerusakan (Jaenah 1994).

Daya tahan panas mikroba umumnya dinyatakan menurut waktu kematiannya oleh panas (*thermal death time*), yang didefinisikan sebagai waktu yang terpendek yang diperlukan pada suhu tertentu untuk menghancurkan sejumlah mikroba di bawah kondisi tertentu. Kematian bakteri oleh panas mengikuti orde logaritma yang berarti bahwa dalam suatu interval waktu tertentu jumlah persentase populasi yang sama akan dihancurkan. Faktor-faktor yang mempengaruhi waktu kematian mikroba oleh panas yang perlu diperhatikan dalam pengalengan makanan adalah: konsentrasi, hubungan antara waktu dan suhu, keasaman dan pH media, pengaruh gula, garam, lemak dan protein, dan pengaruh media. Menurut Bigelow et al. (1920) diacu dalam Jaenah (1994) kecukupan destruksi suatu mikroba per menit pada suhu tertentu adalah berbanding terbalik dengan waktu (menit) yang diperlukan untuk menghancurkan mikroba pada suhu tersebut. Kecepatan kematian merupakan kebalikan dari TDT (*Thermal Death Time*).



Gambar 4. Kurva kematian jasad renik ordo pertama TDT

Proses termal berkaitan erat dengan ketahanan bakteri termasuk spora. Ketahanan bakteri terhadap proses pemasakan umumnya dinyatakan dengan istilah nilai D dan nilai z. Nilai D adalah waktu dalam satuan menit pada suatu suhu tertentu yang diperlukan untuk membunuh sebanyak 90% dari suatu populasi mikroorganisme dalam suatu medium. Sedangkan nilai z adalah perbedaan suhu dalam derajat Fahrenheit yang dibutuhkan untuk menurunkan D sampai merubah satu siklus logaritmik. Nilai D merefleksikan daya tahan suatu mikroorganisme terhadap suatu suhu tertentu, dan nilai z memberikan informasi tentang daya tahan relatif dari suatu mikroorganisme terhadap suhu-suhu destruktif (Heldman, Singh 2001).

Tabel 6. Perbandingan daya tahan terhadap panas dari beberapa organisme yang penting dalam kerusakan makanan kaleng (Stumbo 1973)

	Perkiraan daya tahan terhadap panas	
	D (menit)	Z (kisaran °F)
Bahan pangan berasam sedang dan rendah (pH > 4.5)		
- Thermofilik (spora)		
Asam tawar (<i>flat sour</i>) <i>B. stearotherophilus</i>	D ₂₅₀ 4.0-5.0	14-22
Pembusuk pembentuk gas (<i>gaseous-spoiler</i>) <i>C. thermosaccharolyticum</i>	3.0-4.0	16-22
Pembusuk pembentuk sulfit (sulfit stinker) <i>C. nigrificans</i>	2.0-3.0	16-22
- Mesofilik (spora)		
Pembusuk anaerobik (<i>putrefractive abaeobe</i>) <i>C. botulinum</i> (A, B) <i>C. sporogenes</i>	0.1-0.2 0.1-0.15	14-18 14-18
Bahan pangan asam (pH 3.7 atau 4.0-4.5)		
- Thermofilik (spora)		
<i>B. thermoacidurans</i> (<i>coagulans</i>) (fakultatif mesofilik)	0.01-0.07	14-18
- Mesofilik (spora)		
<i>B. polymyxa</i> , <i>B. Macerans</i>	D ₂₁₂ 0.1-0.5	12-16
- Anaerobik butirik		
<i>C. pasteurianum</i>	0.1-0.5	12-16
Bahan pangan berasam tinggi (pH < 3.7 atau 4.0)		
- Mesofilik (bakteri tidak berspora)		
<i>Lactobacillus spp</i> , <i>Leucomos toc spp</i> , ragi dan jamur	D ₁₅₀ 0.5-1.0	8-10

Kecukupan proses termal bergantung pada karakteristik nilai z mikroorganisme, jumlah mikroorganisme awal pada bahan pangan, dan suhu sterilisasi yang diaplikasikan. Untuk dapat membandingkan kapasitas sterilisasi relatif dari proses termal diperlukan suatu unit letalitas. Dalam hal proses sterilisasi, letalitas total yang menunjukkan kecukupan proses termal dilambangkan dengan F . Nilai F didefinisikan sebagai waktu dalam menit yang diperlukan untuk membunuh sejumlah tertentu suatu mikroorganisme (mencapai tingkat sterilitas) yang mempunyai karakteristik nilai z tertentu pada beberapa suhu referensi tertentu. Apabila proses termal dilakukan pada suhu 121.1°C , maka waktu yang diperlukan untuk mencapai tingkat sterilitas tertentu biasanya dinyatakan dengan nilai F_0 . F_0 disebut juga nilai sterilisasi. Nilai sterilisasi adalah dasar penentuan matematika untuk kecukupan proses termal (Hariyadi, Kusnandar 2000).

Meskipun telah mengetahui waktu dan suhu yang diperlukan untuk menghancurkan suatu populasi mikroba dari kurva TDT dan juga menentukan batas-batas keamanan yang diperlukan, namun belum cukup untuk dapat melakukan proses sterilisasi yang sempurna. Yang perlu diperhitungkan dalam masalah ini yaitu memastikan bahwa setiap partikel bahan pangan di dalam kaleng menerima perlakuan pemanasan yang diinginkan. Dengan demikian masalah pindah panas, yaitu karakteristik dari penetrasi panas ke dalam bahan pangan dan perambatan panas ke seluruh bagian bahan pangan dalam kaleng memegang peranan penting dalam penentuan proses sterilisasi.

Perambatan panas di dalam kaleng pada umumnya berlangsung dengan konduksi, konveksi, atau kombinasi antara konduksi dan konveksi. Pada perambatan panas dengan konduksi, panas berpindah dari satu partikel ke partikel lainnya dengan kontak langsung, dalam hal ini bahan pangan dalam kaleng tidak bergerak dan tidak ada agitasi untuk mencampur bahan pangan dingin dengan bahan pangan panas. Sebaliknya, pada perambatan panas konveksi, terjadi pergerakan dari bahan yang dipanaskan atau terjadi sirkulasi dari bahan pangan dalam kaleng sehingga mempercepat peningkatan suhu dari keseluruhan isi kaleng (Muchtadi 1991).

Pada proses sterilisasi dengan menggunakan *retort*, di mana panas berasal dari bagian luar kaleng, partikel bahan pangan yang terdekat dengan permukaan kaleng akan mencapai suhu sterilisasi lebih cepat daripada partikel bahan pangan yang dekat dengan bagian tengah kaleng. Lokasi dimana partikel bahan pangan paling akhir mencapai suhu sterilisasi disebut titik terdingin (*cold point*). Keberhasilan proses pengolahan yang melibatkan panas dalam produk pangan adalah terpenuhinya kecukupan panas untuk inaktivasi mikroba yang menyebabkan kebusukan dan keracunan. Bagian terdingin (*cold point*) bahan pangan harus menerima panas yang cukup untuk menjamin kecukupan proses termal (Fardiaz 1992).

III. METODOLOGI

3.1 WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

Tempat pelaksanaan penelitian adalah di Laboratorium Proses Balai Besar Industri Agro (BBIA) Cikaret, Bogor dan Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian (TPPHP), Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Penelitian ini dilaksanakan selama 3 bulan, terhitung dari bulan Agustus hingga bulan November 2011.

3.2 BAHAN DAN ALAT

3.2.1 Bahan

Bahan utama dalam penelitian ini adalah cabai merah besar (*Capsicum annuum* L.) dan larutan klorin 200 ppm untuk mencuci dan merendam cabai segar. Cabai segar yang digunakan untuk penelitian ini dibeli di Pasar Anyar – Bogor, Jawa Barat.

3.2.2 Alat

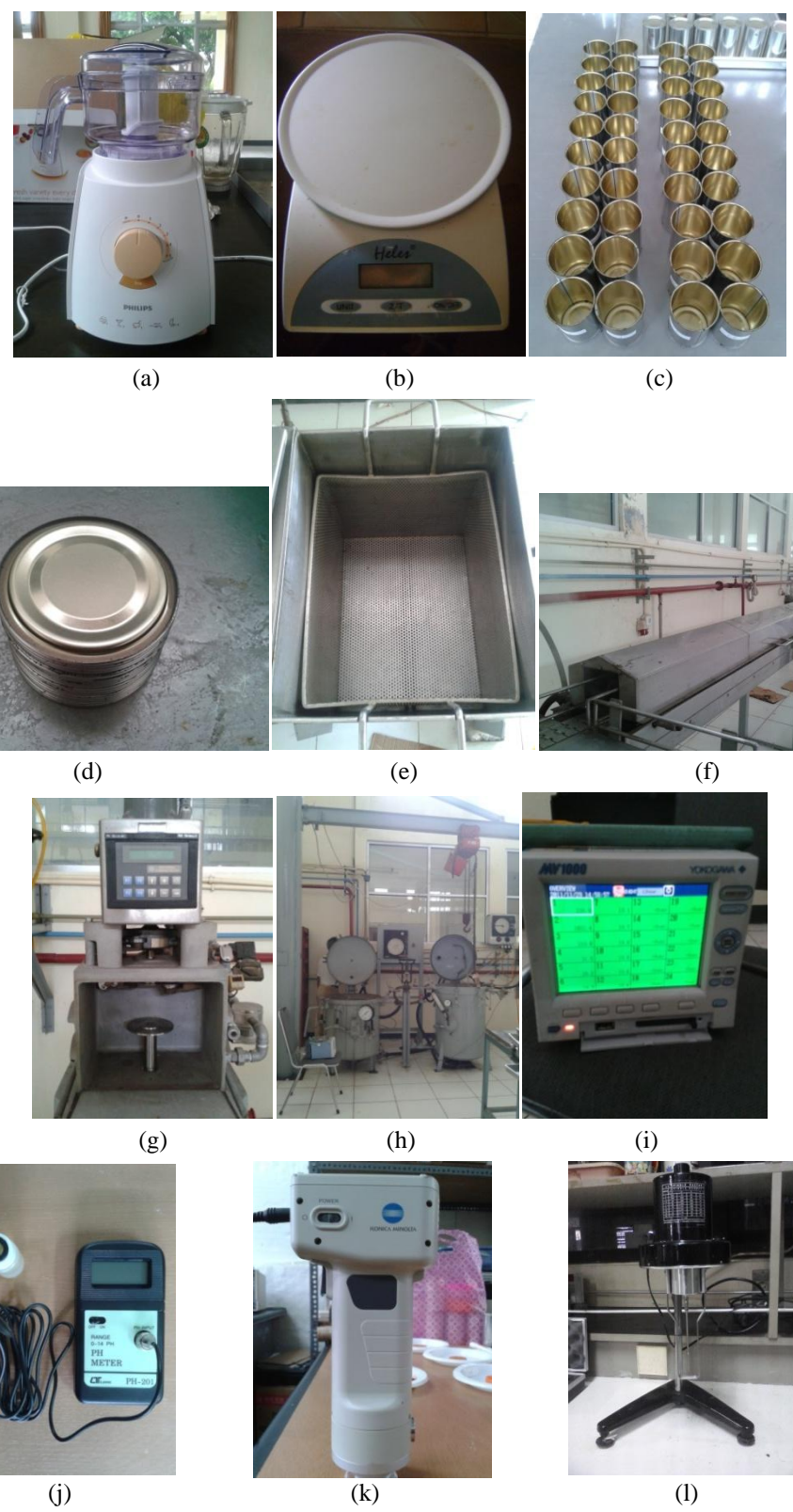
Alat yang digunakan untuk pembuatan cabai giling adalah blender (*chopper*) dan timbangan digital. Sebelumnya cabai segar dicuci dan direndam terlebih dahulu dengan larutan klorin 200 ppm menggunakan ember besar dan gelas ukur untuk mengukur volume air yang digunakan untuk merendam. Peralatan pengalengan yang digunakan pada penelitian ini adalah kaleng ukuran 202 x 308, tutup kaleng, *blancher*, *exhauster*, alat penutup kaleng (*seamer*), dan *retort*. Sedangkan alat untuk mengukur penetrasi panas adalah termokopel dan *recorder*. Alat untuk pengamatan antara lain pH meter, *chromameter*, dan *viscometer*. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5.

3.3 METODE PENELITIAN

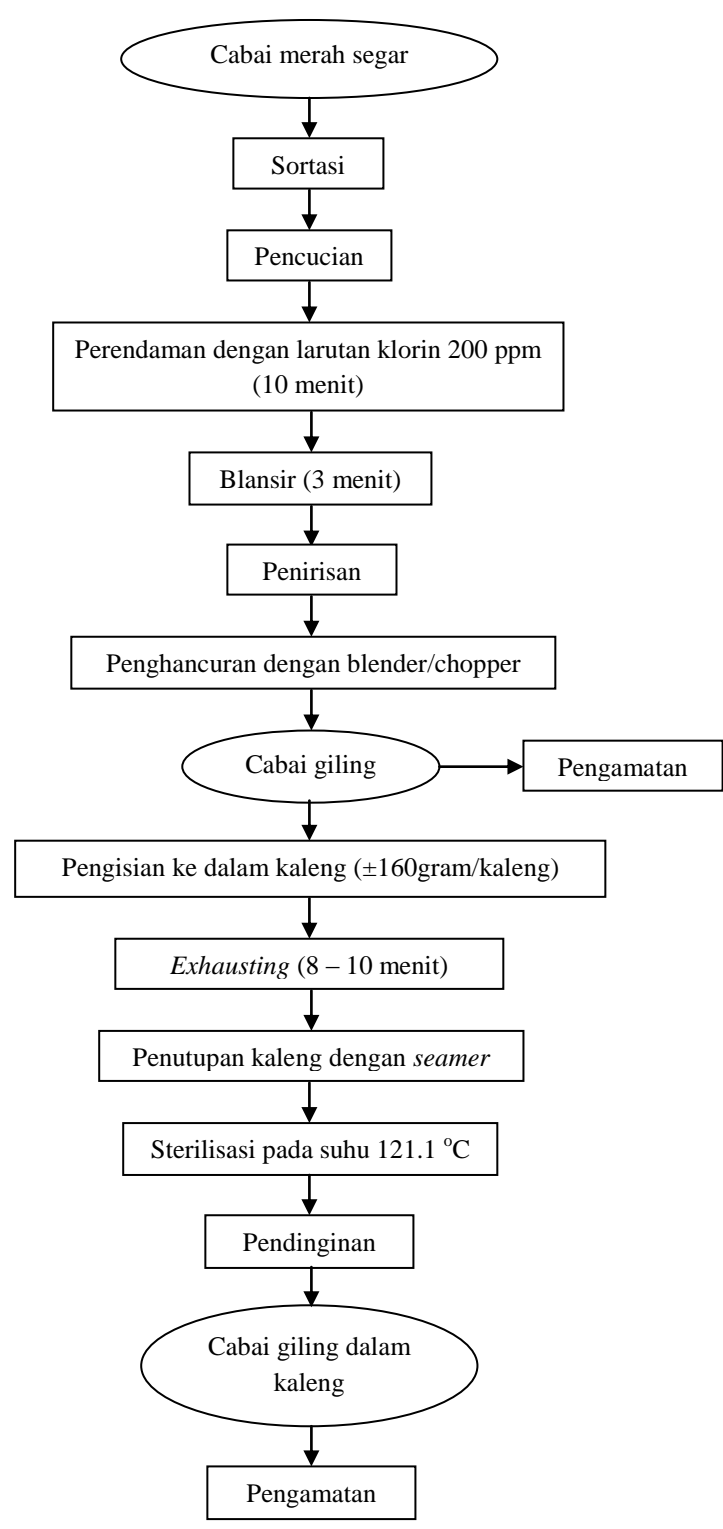
3.3.1 Penelitian Pendahuluan

Pada penelitian pendahuluan dilakukan kajian proses pembuatan cabai giling dalam kaleng yang dapat dilihat pada Gambar 6. Cabai giling sebelum dikalengkan diukur nilai pH-nya untuk menentukan suhu pemanasan apakah dilakukan sterilisasi atau pasteurisasi. Setelah mengetahui pH cabai giling sebelum dikalengkan lalu dilakukan pengukuran total mikroba awal cabai giling sebelum dikalengkan untuk menentukan penurunan mikroba yang dibutuhkan dalam proses pemanasan. Setelah didapat nilai pH dan total mikroba dilanjutkan pada proses pengalengan cabai giling dengan prosedur yang telah ditetapkan berdasarkan nilai tersebut.

Halaman ini adalah bagian dari dokumen yang dibuat untuk keperluan akademik dan penelitian. Untuk lebih jelasnya, silakan kunjungi website kami di www.ipb.ac.id.
 1. Diizinkan untuk digunakan sebagai referensi.
 2. Diperlukan izin untuk penyalinan atau distribusi ulang.
 3. Tidak diperkenankan untuk diperjualbelikan atau digunakan untuk tujuan komersial.
 4. Pengutipan harus mencantumkan sumber dan nama penulis.
 5. Untuk lebih jelasnya, silakan kunjungi website kami di www.ipb.ac.id.
 6. Diperlukan izin untuk penyalinan atau distribusi ulang.
 7. Tidak diperkenankan untuk diperjualbelikan atau digunakan untuk tujuan komersial.
 8. Diperlukan izin untuk penyalinan atau distribusi ulang.
 9. Tidak diperkenankan untuk diperjualbelikan atau digunakan untuk tujuan komersial.
 10. Diperlukan izin untuk penyalinan atau distribusi ulang.



Gambar 5. Chopper (a), timbangan digital (b), kaleng (c), tutup kaleng (d), blancher (e), exhauster (f), alat penutup kaleng (seamer) (g), retort (h), recorder (i), pH meter (j), chromameter (k), viscometer (l)



Gambar 6. Diagram alir proses pembuatan cabai giling dalam kaleng

3.3.2 Penelitian Utama

Pada penelitian utama ditentukan jarak-jarak titik pengukuran penetrasi panas pada tinggi kaleng. Cabai giling diisikan ke dalam masing-masing kaleng ukuran 202 x 308 yang telah disediakan dengan *head space* 6 mm. Kemudian timbang setiap kaleng dengan berat bersih cabai giling 160 gram. Setelah cabai giling dimasukkan ke dalam kaleng, lalu dilakukan *exhausting* selama 8-10 menit. Segera setelah *exhausting* selesai, dilanjutkan dengan penutupan kaleng dengan *seamer*. Cabai giling yang sudah dikemas kemudian dilakukan sterilisasi di dalam *retort*. Sebelum dipanaskan, termokopel dipasang di dalam masing-masing kaleng yang diletakkan pada sumbu vertikal dengan jarak 1/3, 5/12, dan 1/2 pada tinggi kaleng yang diukur dari dasar kaleng untuk menentukan titik terdingin (*cold point*).

Termokopel dihubungkan dengan *recorder* agar dapat mengetahui dan mencatat perubahan suhu yang terjadi di dalam kaleng. Pengukuran suhu dilakukan sejak uap pemanasan diisikan ke dalam *retort* hingga suhu produk mencapai suhu *retort*, dan kemudian dilanjutkan proses pendinginan hingga suhu produk mencapai 35-40°C.

Data yang telah diperoleh diplotkan pada kertas semi logaritma untuk mendapatkan kurva pemanasan dan kurva pendinginan. Dari kurva pemanasan, maka dapat diperoleh nilai T_{ih} , T_{pih} , J_h , dan f_h , sedangkan dari kurva pendinginan maka dapat diperoleh nilai T_{ic} , T_{pic} , J_c , dan f_c yang akan digunakan dalam menentukan waktu sterilisasi optimum. Pengukuran data pemanasan dilakukan di beberapa titik pada sumbu vertikal kaleng yang bertujuan untuk mendapatkan titik terdingin (*cold point*) pada kemasan.

Penelitian utama dilakukan untuk menentukan titik terdingin (*cold point*) pada proses sterilisasi cabai giling dalam kaleng berdasarkan pada penetrasi panas yang terjadi pada masing-masing titik pengukuran. Setelah titik terdingin didapatkan, dilakukan dua kali pengulangan proses pemanasan lagi untuk pengukuran penetrasi panas pada titik terdingin yang sama pada tiga kaleng yang berbeda. Data penetrasi panas yang didapat digunakan untuk menentukan waktu sterilisasi optimum.

Selanjutnya menentukan waktu sterilisasi optimum berdasarkan penetrasi panas dan waktu kematian untuk bakteri yang paling tahan panas pada kondisi bahan pangan. Metode yang digunakan adalah Metode umum (*General Method*) dan Metode Formula (*Ball Method*) untuk kemudian membandingkan kedua hasilnya.

1. Metode Umum (*Improved General Methods*)

Metode umum adalah metode yang paling teliti dalam perhitungan letalitas proses termal karena data suhu bahan hasil pengukuran dalam percobaan secara langsung digunakan dalam perhitungan tanpa asumsi dan prediksi berdasarkan persamaan hubungan suhu dengan waktu. Metode ini tidak digunakan untuk meramalkan hubungan waktu dengan suhu dalam bahan pangan selama pemanasan, sehingga tidak biasa digunakan untuk merancang proses termal, tetapi sering digunakan untuk evaluasi proses termal pada proses yang sedang berjalan di industri pengalengan (Subarna *et al.* 2008).

Target pembunuhan proses termal sering dinyatakan dalam satuan reduksi desimal mikroba, misalnya 12D artinya reduksi mikroba 12 siklus logaritma atau reduksi dari 1 menjadi 10^{-12} . Nilai D adalah waktu pemanasan pada suhu tertentu untuk reduksi mikroorganisme sebanyak 90% atau menjadi 1/10. Dalam persamaan dapat ditulis sebagai berikut.

$$D = \frac{(t_1 - t_2)}{\log a - \log b} \tag{1}$$

Nilai a dan b menunjukkan jumlah mikroorganisme yang tahan setelah pemanasan t_1 dan t_2 menit. Nilai z adalah derajat kenaikan atau penurunan suhu untuk menurunkan atau menaikkan nilai D 10 kali. Dalam persamaan dapat ditulis sebagai berikut:

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

Metode umum didasarkan pada hubungan *lethal rate* (L) dan waktu (t). L adalah tingkat sterilitas mikroba yang disetarakan pada suhu 121.1 °C atau 250 °F (Hariyadi, Kusnandar 2000). L dalam persamaan dapat dilihat pada persamaan (3).

$$L = 10^{\left[\frac{T-250}{z}\right]} \tag{3}$$

Untuk evaluasi dan penetapan proses termal, maka harus diidentifikasi mikroorganisme yang dijadikan target. Kinetika destruksi mikroorganisme yang menjadi target (nilai D, z, dan *lethal rate*) harus diketahui. Untuk perhitungan dengan Metode Umum, letalitas dihitung dengan cara integrasi *lethal rate* terhadap waktu, dalam persamaan berikut (4). F_0 adalah ekuivalen letalitas proses termal dengan waktu pemanasan pada suhu 121.1 °C atau 250 °F.

$$F_0 = \sum_0^t L \Delta t \tag{4}$$

Luasan di bawah kurva hubungan L dan waktu menunjukkan F_0 proses sterilisasi. Luasan kurva dapat ditentukan dengan melakukan pendekatan jumlah luasan trapesium tiap satuan waktu.

Metode umum (trapezoidal) menganggap letalitas antar titik (waktu) yang diukur membentuk garis lurus sehingga letalitas setiap selang waktu adalah luas trapesium dengan tinggi ($t_n - t_{n-1}$), panjang atas dan bawah masing-masing L_n dan L_{n-1} . Perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan *spreadsheet* (Excel). Nilai F_0 merupakan hasil penjumlahan F_0 parsial atau luasan dibawah kurva trapesium.

$$F_0 = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta t}{2} (L_0 + 2L_1 + 2L_2 + 2L_3 + \dots + 2L_{(n-1)} + 2L_n) \tag{5}$$

Perhitungan letalitas proses termal dengan metode umum dapat dilakukan dengan menggunakan program Microsoft Excel dari data penetrasi panas yang telah diperoleh. Berikut langkah-langkah perhitungan letalitas proses termal dengan metode umum dengan bantuan Microsoft Excel :

1. Masukkan data waktu pada satu kolom (misal kolom A). Rentang waktu tidak harus sama.
2. Masukkan data Δt pada kolom berikutnya (kolom B) dengan cara $t_2 - t_1$
 $Excel = A3 - A2$
3. Masukkan data suhu produk pada kolom berikutnya (misalnya kolom C).
4. Pada kolom ketiga (kolom D) masukkan rumus untuk menghitung letalitas dan *copy* untuk baris-baris di bawahnya pada kolom tersebut.

$$Excel = 10^{((B2 - 250) / 18)}$$

5. Pada cell pertama kolom ke-4 masukkan rumus untuk menghitung $\Delta t.L$

$$Excel = B3 * D3$$

6. Untuk menduga nilai letalitas sepanjang proses (F_0), pada kolom berikutnya (E) tulis rumus penjumlahan tersebut, cell di atasnya dengan kolom sebelumnya pada cell tersebut.

$$Excel = E3 + D4$$

2. Metode Formula (Ball Method)

Metode Formula digunakan untuk merancang proses termal karena metode ini dapat meramalkan hubungan waktu dengan suhu dalam bahan pangan selama pemanasan. Untuk perhitungan proses termal menggunakan metode formula, data penetrasi panas diolah sehingga diperoleh karakteristik penetrasi panas dalam pangan yang diproses (f_h, f_c, j_h, j_c). Parameter respon suhu f_h dan f_c menunjukkan laju penetrasi panas ke dalam produk dalam wadah, f_h adalah waktu yang diperlukan kurva penetrasi panas melewati 1 siklus log pada fase pemanasan, dan f_c untuk fase pendinginan. *Lag factor* j_h dan j_c menggambarkan waktu *lag* (kelambatan) sebelum laju penetrasi mencapai f_h dan f_c .

Persamaan umum hubungan suhu produk dengan waktu pemanasan pangan dalam wadah adalah sebagai berikut:

$$(T_r - T) = (T_r - T_i) 10^{-\left(\frac{t}{f_h}\right)} \tag{6}$$

Atau:

$$\log(T_r - T) = (T_r - T_i) - \frac{t}{f_h} \tag{7}$$

dimana:

t = waktu proses

T = suhu produk (pada titik terdingin)

T_r = suhu retort saat proses

T_i = suhu awal produk

f_h = waktu diperlukan kurva penetrasi panas melewati 1 siklus log

Ball menggunakan fakta bahwa nilai sterilitas porsi pemanasan dari proses termal merupakan fungsi dari slope (kemiringan) kurva pemanasan (f_h) dan perbedaan suhu medium pemanas dengan suhu produk pada akhir pemanasan $(T_r - T) = g$. Dari persamaan hubungan suhu produk dengan waktu pemanasan, maka diturunkan persamaan berikut:

$$t_B = (f_h) \log (Jh \cdot Ih / g) \tag{8}$$

$$t_B = \text{waktu proses, } \log Jh = \log(T_r - T_{p_{ih}}) / (T_r - T_i), Ih = T_r - T_i \tag{9}$$

Dari tabel atau kurva hubungan f_h dan waktu pemanasan pada suhu retort untuk mencapai sterilitas yang diinginkan ($U = F_0/L_r$) dengan nilai g , dapat ditentukan nilai g , sehingga nilai t_B

dapat dihitung. Atau sebaliknya jika waktu proses (t_B) telah diketahui, nilai sterilitas proses (F_0) dapat dihitung. Pertama dihitung log kemudian nilai sterilitas letalitas proses $F_0 = (f_h \times L_r)/(f_h/U)$.

Ball formula method menggunakan asumsi:

$$f_h = f_c, \quad j_c = 1.41$$

dimana transisi pemanasan ke pendinginan berupa parabola pada plot semilog dan suhu medium pendinginan 180 °F di bawah suhu medium pemanasan.

$$B \text{ atau } t_B = \text{Ball processing time} = 0.42 t_c + t_p$$

$$t_h = \text{total heating time} = t_c + t_p$$

$$t_c = \text{come up time} = \text{waktu sejak uap dimasukkan sampai retort mencapai suhu proses}$$

$$t_p = \text{operator time} = \text{waktu sejak suhu retort mencapai suhu proses diinginkan sampai suplai uap dihentikan.}$$

Stumbo memasukkan nilai j_c dalam perhitungan proses termal tanpa asumsi, sehingga akan berbeda dengan metode Ball jika nilai j_c tidak sama dengan 1.41. Tabel hubungan f_h/U dengan nilai g atau nilai log (g) pada berbagai nilai j_c telah tersedia.

Untuk perhitungan harus diingat bahwa bentuk persamaan umum hubungan suhu dengan waktu adalah

$$\log(T_r - T) = (T_r - T_{pih}) - \frac{t}{f_h} \quad (10)$$

dimana:

t = waktu proses

T = suhu produk (pada titik terdingin)

T_r = suhu retort saat proses

T_{pih} = suhu awal semu berdasarkan kurva linier

f_h = waktu diperlukan kurva penetrasi panas melewati 1 siklus log

Dalam Metode Formula, data suhu – waktu dari percobaan penetrasi panas diplotkan pada kertas semi-logaritma. Untuk memperoleh kurva pemanasan, perbedaan antara suhu *retort* dan suhu bahan pangan di dalam kaleng diplotkan pada skala logaritma sebagai fungsi dari waktu pada skala linier. Hal ini dapat dilakukan dengan memutar kertas semi-logaritma 180°, kemudian garis tertinggi diberi tanda dengan suhu *retort* dikurangi satu derajat (°F), setelah itu plotkan data pengamatan yang diperoleh. Untuk memperoleh kurva pendinginan, perbedaan antara suhu bahan pangan di dalam wadah dengan suhu air pendingin diplotkan pada skala logaritma sebagai fungsi dari waktu pada skala linier. Dalam hal ini kertas semi-logaritma dibiarkan pada posisi normal dan garis terbawah diberi tanda dengan suhu air pendingin ditambah satu derajat (°F), setelah itu plotkan data pengamatan yang diperoleh.

Jika ingin kertas semilog dalam posisi normal sehingga dapat menunjukkan bahwa hubungan linier adalah antara nilai log perbedaan suhu proses (retort) dan suhu bahan atau ditulis log ($T_r - T$) dengan waktu, bukan log suhu bahan atau log (T) dengan waktu, sebelumnya harus dihitung nilai-nilai suhu retort dikurangi suhu produk pada setiap titik pengukuran.

3.3.3 Pengamatan

1. pH (Anonimus 1979)

Pengukuran derajat keasaman dilakukan dengan bantuan pH meter. Alat terlebih dahulu distandarisasi dengan menggunakan larutan *buffer* pH 4.0 dan pH 7.0. Sampel diambil ± 100 ml dalam gelas piala. Elektroda pH meter dicelupkan ke dalam sampel, kemudian dilakukan pembacaan nilai pH sampel setelah diperoleh nilai yang konstan.

2. Viskositas (Anonimus 1996)

Viskositas diukur dengan *viscometer* model Brookville (BM) dengan nomor seri 8542, produksi KEIKI Co. LTD.-Japan. Sebelum digunakan untuk mengukur kekentalan, *viscometer* harus distandarisasi terlebih dahulu. Tahap pertama standarisasi adalah memilih “Nomor Jarum *Viscometer*” (NJV) dan menentukan kecepatan putar (rpm) jarum tersebut. Semakin kental larutan, maka semakin besar NJV dan rpm yang harus dipilih. NJV dan rpm dipilih bila skala pembacaan berada pada *range* 0-100.

Bila alat telah distandarisasi, jarum *viscometer* dicelupkan pada contoh hingga tanda tera dan jarum skala diletakkan pada posisi nol, kemudian alat dioperasikan. Pembacaan skala dilakukan bila posisi jarum skala tetap (konstan) selama tiga kali putaran. Angka hasil pembacaan skala selanjutnya harus dikonversikan dengan faktor konversi yang telah ditetapkan.

Tabel 7. Faktor konversi hasil pengukuran viskositas

No Jarum <i>Viscometer</i>	Kecepatan Putaran Jarum (rpm)			
	60	30	12	6
1	1	2	5	10
2	5	10	25	50
3	20	40	100	200
4	100	100	500	1000

3. Warna (Anonimus 1984)

Analisa warna dilakukan dengan “*Color Measurement and Difference Calculation/ Digital Display System*” model MINOLTA CAMERA seri CR 200 diproduksi Minolta Co. LTD. – Japan. Secara otomatis alat ini mengukur tingkat kecerahan (L), intensitas warna merah (a), dan intensitas warna kuning (b). Standar pembanding yang digunakan adalah warna merah.

4. Total Mikroba (Fardiaz 1984)

Sebanyak 10 g contoh diencerkan dengan pelarut garam fisiologis (NaCl 0.85%) steril menjadi beberapa seri pengenceran. Hasil pengenceran contoh diambil 1 ml dengan pipet steril dan dimasukkan dalam cawan petri steril. Ke dalam cawan petri tersebut dituangkan media *Plate Count agar* (PCA) steril (45°C) ± 10 ml dan cawan diputar secara

horizontal. Setelah agar membeku, pupukan diinkubasi pada suhu 35°C selama 24-28 jam. Total mikroba merupakan jumlah seluruh koloni yang tumbuh dalam media tersebut.

5. Kadar Vitamin C (Jacobs 1958)

Sebanyak 10 gram sampel diencerkan dalam Erlenmeyer 100 ml hingga tanda tera. Filtrat dikocok dan disaring, lalu sebanyak 25 ml substrat dititrasi dengan larutan Iod 0.01 N dengan menggunakan indikator kanji 1%.

$$\text{Kadar vitamin C (mg)} = \frac{V \times 0.88 \times p \times 100}{a}$$

V = ml Iod N yang digunakan

P = faktor pengenceran

a = berat sampel (g)

6. Uji Organoleptik

a. Uji Intensitas Kepedasan

Uji intensitas kepedasan cabai giling ditentukan secara organoleptik untuk mengukur tingkat kepedasan yang dirasakan dari cabai giling dalam kaleng dan cabai giling sebelum dikalengkan. Sebanyak 30 orang panelis tidak terlatih (namun telah terbiasa dengan pengujian sensori) diminta untuk memberikan penilaian terhadap tingkat kepedasan cabai giling dengan mencicipi sampel cabai giling, kemudian panelis menilai atribut kepedasan masing-masing cabai giling dengan cara memberikan tanda pada garis (*unstructured-line scale*) untuk menunjukkan intensitas yang dirasakan. *Unstructured-line scale* yang digunakan adalah garis horizontal sepanjang 15 cm (Meilgaard *et al.* 1999), titik 0 cm menunjukkan *none* (tidak ada rasa pedas sama sekali) dan titik 15 cm menunjukkan *very* (sangat pedas sekali).

b. Warna, Aroma, dan Penerimaan Umum

Uji organoleptik yang digunakan adalah uji kesukaan yang disebut juga uji hedonik. Panelis dimintakan tanggapan pribadinya tentang kesukaan atau sebaliknya (ketidaksukaan) terhadap cabai giling meliputi warna, aroma, dan penerimaan umum. Panelis yang digunakan merupakan panelis tidak terlatih (namun telah terbiasa dengan pengujian sensori) sebanyak 30 orang. Skala hedonik yang digunakan yaitu pada kisaran 1 sampai 7 berdasarkan tingkat kesukaan.

Keterangan : 1 = sangat tidak suka
2 = tidak suka
3 = agak tidak suka
4 = netral
5 = agak suka
6 = suka
7 = sangat suka.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 PENELITIAN PENDAHULUAN

Pada penelitian pendahuluan dilakukan kajian pembuatan cabai giling untuk kemudian dikalengkan. Cabai giling dibuat dengan bahan baku cabai merah besar (*Capsicum annuum* L.) yang diperoleh dari penjual cabai di Pasar Anyar, Bogor, Jawa Barat. Cabai yang dibeli dengan keadaan sudah diambil tangkainya ini kemudian disortasi, yaitu dengan memisahkan cabai segar dengan cabai yang sudah agak rusak atau patah.

Setelah diperoleh cabai yang baik, cabai dicuci dengan air sampai kotoran yang melekat hilang. Setelah bersih dari kotoran, cabai kemudian direndam dengan larutan klorin 200 ppm selama 10 menit untuk mengurangi tingkat kontaminasi mikroba yang ada pada cabai. Penanganan lepas pasca panen cabai di Indonesia umumnya masih sangat sederhana. Cabai yang baru dipanen biasanya ditempatkan di tanah, sehingga dapat mengakibatkan tingkat kontaminasi yang tinggi. Kontaminasi dapat pula terjadi selama pengangkutan (distribusi) dan tempat-tempat penjualan cabai di pasar biasanya tidak bersih, sehingga sangat memungkinkan tingkat kontaminasi yang tinggi. Cabai yang baik seharusnya dibatasi tingkat kontaminasi mikroba. Menurut Govindarajan (1985), standar cabai harus membatasi jumlah bakteri dan kapang; selain itu harus tidak mengandung mikroba penyebab penyakit. Rempah-rempah dinyatakan bermutu baik secara mikrobiologik jika jumlah mikroba tidak lebih dari 1.0×10^5 koloni/gram.

Klorinasi merupakan desinfeksi yang umum digunakan pada beberapa komoditi hasil pertanian. Pada umumnya senyawa-senyawa penghasil klorin merupakan sanitaiser yang kuat dengan aktifitas spektrum luas (Jenie 1988). Sebelum direndam dengan larutan klorin, cabai giling sebelum dikalengkan memiliki rata-rata jumlah total mikroba sebanyak 2.8×10^5 koloni/gram atau $> 1.0 \times 10^5$ koloni/gram. Setelah direndam dengan larutan klorin 200 ppm selama 10 menit, rata-rata jumlah total mikroba cabai giling menjadi 5.4×10^4 koloni/gram atau $< 1.0 \times 10^5$ koloni/gram.

Proses pembuatan cabai giling selanjutnya setelah cabai direndam dengan larutan klorin adalah proses blansir. Tujuan dari proses blansir untuk pembuatan cabai giling ini adalah menyusutkan volume bahan, mengurangi gas (oksigen) dari jaringan, mengurangi kontaminasi mikroba, memperbaiki citarasa dan warna, melunakkan tekstur agar memudahkan proses selanjutnya dan merupakan proses pembersihan terakhir sebelum bahan dikalengkan. Proses blansir yang dilakukan berupa perendaman cabai segar di dalam air panas (70 - 90 °C) selama 3 menit. Setelah proses blansir selesai dilakukan, cabai-cabai tersebut kemudian ditiriskan agar proses pemasakan bahan dapat dihindarkan. Perbandingan cabai segar dengan cabai setelah diblansir dapat dilihat pada Gambar 7. Setelah ditiriskan, cabai kemudian digiling sampai halus menggunakan *chopper*, hingga menjadi cabai giling yang diinginkan.

Setelah cabai giling selesai dibuat, selanjutnya dilakukan pengukuran pH cabai giling sebelum dikalengkan untuk menentukan suhu sterilisasi yang diperlukan. Dari hasil pengukuran pH tiga sampel cabai giling sebelum dikalengkan didapat hasilnya masing-masing adalah 4.86, 5.02, dan 5.00, sehingga cabai giling digolongkan ke dalam bahan pangan asam rendah (pH > 4.5). Oleh karena itu proses termal yang harus diaplikasikan pada pengalengan bahan pangan berasam rendah adalah sterilisasi, dengan mikroba standar yang digunakan untuk perhitungan adalah *Clostridium botulinum* yang tahan panas dan dapat membentuk spora. Makanan berasam rendah dapat disterilkan dengan suhu 121.1 °C atau 250 °F agar bakteri *Clostridium botulinum* tidak dapat hidup. *Clostridium botulinum* merupakan bakteri pembusuk anaerob dengan daya tahan terhadap suhu 121.1 °C atau 250 °F (nilai D) sebesar 0.1 – 0.2 menit dan nilai z sebesar 14 – 18 °F atau kisaran 7.6 – 10 °C. Menurut Stumbo (1973) mikroba standar

yang digunakan dalam bahan pangan asam rendah ($pH > 4.5$) adalah *C. botulinum* dengan nilai $D_{121} = 0.2$ dan nilai $z = 18$ dengan 12 siklus logaritma untuk menjamin mikroba patogen atau pembusuk tersebut dapat dimatikan seluruhnya.

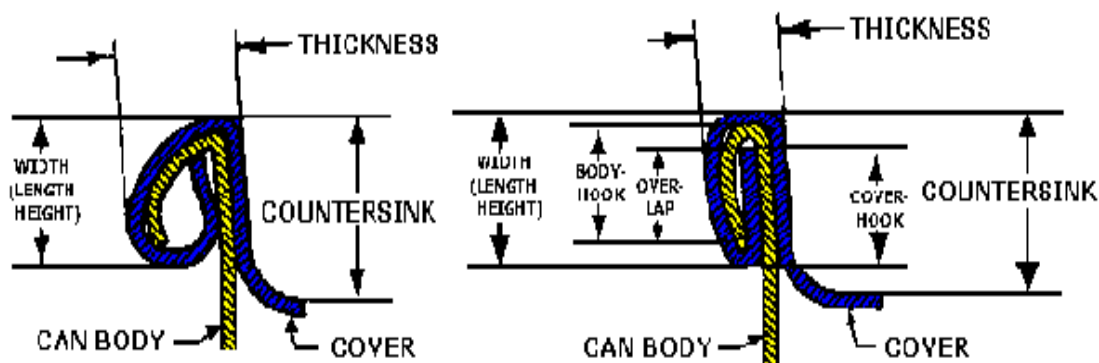


Gambar 7. Perbandingan cabai segar (kiri) dan cabai setelah diblansir (kanan)

Setelah dilakukan penuangan cabai giling ke dalam kaleng ukuran 202 x 308 dengan berat bersih cabai giling 160 gram dan *headspace* 6 mm, kemudian dilakukan proses *exhausting* dengan suhu dalam ruang *exhausting* adalah 80 – 90 °C dan berlangsung selama 8 – 10 menit. Suhu cabai giling ketika keluar dari *exhauster* di atas 60°C yaitu 64.2°C untuk ulangan 1 dan 60.8°C untuk ulangan 2. Hal ini penting diperhatikan sebab pada suhu di bawah 60°C dikhawatirkan terjadi pertumbuhan mikroba, baik mikroba mesofilik maupun termofilik yang tumbuh pada kisaran suhu 35-55°C sehingga akan menambah jumlah awal mikroba yang akan berpengaruh terhadap keberhasilan sterilisasi. Tujuan *exhausting* adalah untuk menghilangkan sebagian besar udara dan gas-gas lain dari dalam kaleng sesaat sebelum dilakukan penutupan kaleng. Udara (oksigen) di dalam ruang kosong kemasan perlu dihilangkan. Cara memperoleh keadaan hampa di dalam kemasan adalah dengan mengganti udara di dalam kemasan dengan mengganti udara di dalam ruang atas dengan uap yaitu dengan cara menguapkan isi kemasan secukupnya, kemudian menutup kemasan dalam keadaan panas. Udara dikeluarkan dari kemasan dengan uap dan uap mengembun, maka volume oksigen akan menjadi sangat rendah. Ruang hampa (*headspace*) pada kaleng berguna untuk merapatkan penutupan kaleng, karena pada waktu uap air mengembun di dalam kaleng, maka tekanan di dalam ruang hampa menjadi turun, sehingga tekanan atmosfer dari luar akan menekan tutup kaleng dan penutupan menjadi kuat (Winarno *et al.* 1980).

Setelah proses *exhausting* kaleng segera ditutup dengan rapat dan hermetis pada suhu yang relatif masih tinggi. Proses penutupan kaleng merupakan hal yang penting karena daya awet produk dalam kaleng sangat tergantung pada kemampuan kaleng untuk mengisolasi produk di dalamnya dengan udara luar. Proses penutupan kaleng dilakukan secara hermetis dengan menggunakan *double seamer* yaitu proses di mana terjadi penggabungan badan kaleng dengan tutup. Proses dimulai dengan operasi pertama yaitu meletakkan kaleng dan tutup kaleng yang akan dirapatkan di atas *base plate*, kemudian kaleng akan terangkat dan bergabung dengan tutup kaleng. Setelah bergabung, maka rol 1 akan menyentuh lekukan pada tutup kaleng sehingga tutup terlipat ke bawah lalu membengkok lagi keatas seiring dengan perputaran mesin. Setelah itu rol 1 menjauh, kemudian dilakukan operasi kedua, yaitu rol 2 bekerja dengan menekan lipatan yang sudah terbentuk pada operasi pertama yang diikuti dengan mesin

yang terus berputar. setelah rol 2 selesai, maka rol 2 bergerak menjauh lalu base plate bersama-sama kaleng yang telah tertutup bergerak turun, dan proses penutupan kaleng selesai (Kusnandar *et al* 2006). Proses penutupan kaleng ditunjukkan oleh Gambar 8.



Gambar 8. Proses penutupan kaleng

Segera setelah proses penutupan kaleng dilanjutkan proses sterilisasi pada suhu 121.1°C (250°F) untuk membunuh mikroba pembusuk dan patogen dalam kaleng. Kemudian dilakukan proses pendinginan secepatnya setelah proses sterilisasi selesai untuk mencegah pertumbuhan bakteri, terutama bakteri termofilik. Pendinginan dimulai dengan membuka saluran air pendingin dan selesai bila suhu air dalam retort telah mencapai 38 – 42 °C.

4.2 PENELITIAN UTAMA

1. Penentuan Titik Terdingin (*cold point*)

Penentuan titik terdingin pada proses sterilisasi cabai giling dalam kaleng dapat dilihat berdasarkan pada kecepatan penetrasi panas yang terjadi pada masing-masing titik pengukuran. Penetrasi panas pada cabai giling dalam kaleng tidak lepas dari sifat-sifat termal dari cabai itu sendiri seperti nilai difusivitas panas (α), panas spesifik (C_p), konduktivitas panas (k), dan panas laten yang merupakan parameter kunci dalam menentukan kondisi operasi yang optimal. Namun dalam penelitian ini tidak perlu diketahui nilai-nilai tersebut karena hanya akan digunakan data-data suhu penetrasi panas pada titik terdingin.

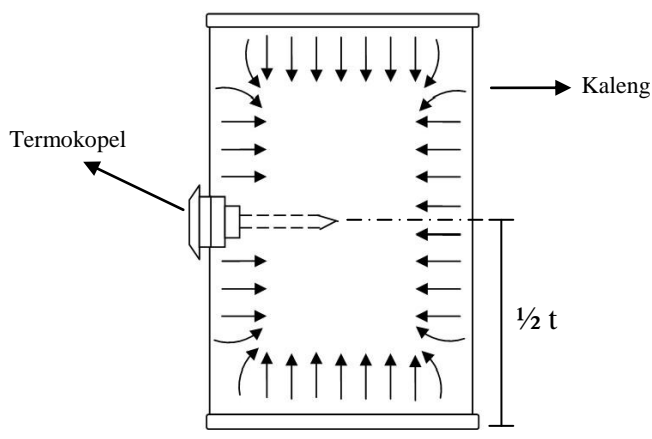
Sebenarnya panas dipindahkan dengan jalan konduksi dari uap ke dalam kaleng, dan dari kaleng ke dalam isinya. Isi kaleng yaitu cabai giling akan mengembangkan panas dengan cara konduksi. Pemanasan konduksi berarti panas dipindahkan oleh aktivitas molekuler melalui substansi ke substansi yang lain. Jika cabai giling dalam kaleng memiliki kadar air yang tinggi, maka cairan tersebut akan membantu perpindahan panas yaitu panas dihantarkan dari kaleng ke molekul-molekul air di dalam kaleng, sehingga perpindahan panas akan lebih cepat.

Hukum termodinamika kedua menyatakan bahwa tenaga panas mengalir hanya dalam satu arah yaitu benda yang panas ke benda yang dingin. Menurut Desrosier (1978), perbedaan antara suatu benda panas dan suatu benda yang dingin menghasilkan suatu bentuk tenaga. Bila suatu benda panas dan benda dingin dibiarkan dalam keadaan yang seimbang, maka benda panas akan jadi dingin dan benda yang dingin akan menjadi panas. Oleh karena itu, penentuan titik terdingin dilakukan hingga suhu pada titik terdingin dapat mencapai suhu *retort*.

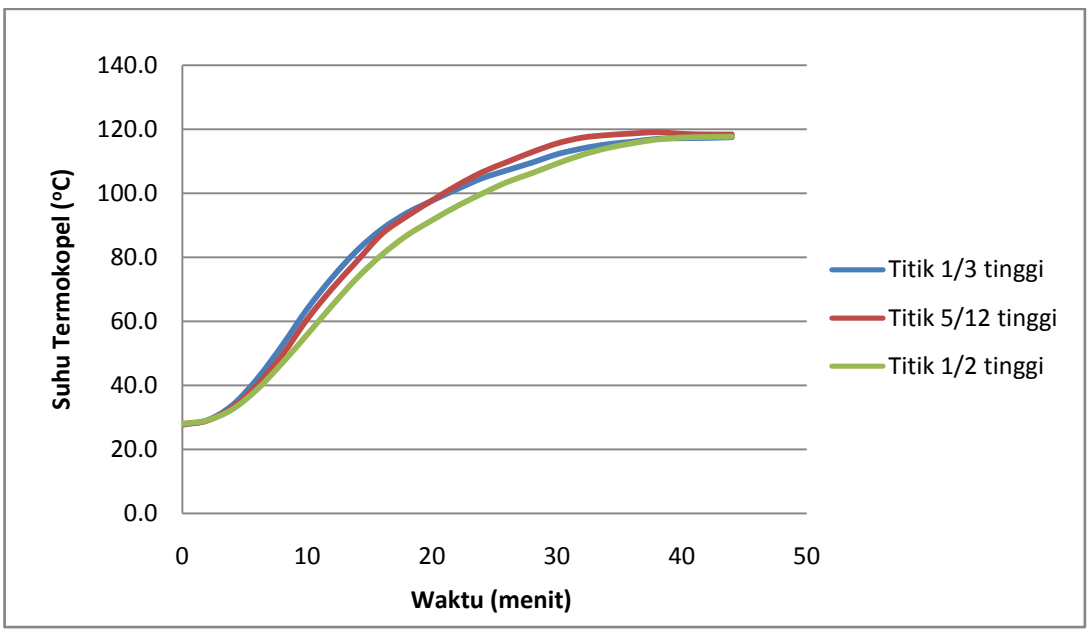
Kecepatan penetrasi panas selama sterilisasi diukur dengan mengamati titik terdingin pada cabai giling dalam kaleng dengan tahap-tahap pengalengan yang dilakukan sama dengan

penelitian sesungguhnya. Titik-titik yang diukur kecepatan panasnya dengan termokopel yaitu titik 1/2, 1/3, dan 5/12 tinggi kaleng ukuran 202 x 308 yang diukur dari bagian dasar kaleng. Berdasarkan hasil uji penetrasi panas (Lampiran 1) pada ketiga titik pengukuran tersebut dapat diketahui bahwa titik yang memiliki kecepatan peningkatan suhu paling rendah (titik terdingin) selama proses pemanasan adalah titik 1/2 tinggi kaleng yang diukur dari dasar kaleng. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 10.

Titik 1/2 tinggi kaleng selanjutnya akan menjadi titik acuan untuk proses penentuan waktu sterilisasi optimum pada uji penetrasi panas ulangan pertama dan kedua. Hal ini didasarkan pada asumsi bahwa jika titik terdingin dalam *retort* telah mencapai kecukupan panas, titik-titik lain dalam *retort* juga telah mencapai kecukupan panas. Selain itu, keberhasilan proses pengolahan yang melibatkan panas dalam produk pangan adalah terpenuhinya kecukupan panas untuk inaktivasi mikroba yang menyebabkan kebusukan dan keracunan. Bagian terdingin (*cold point*) bahan pangan harus menerima panas yang cukup untuk menjamin kecukupan proses termal.



Gambar 9. Skema letak termokopel pada titik 1/2 tinggi kaleng



Gambar 10. Kurva perbandingan penetrasi panas pada ketiga titik pengukuran pada proses sterilisasi cabai giling dalam kaleng

2. Penentuan Waktu Sterilisasi Optimum dengan Metode Umum (*Improved General Methods*) dan Metode Formula (*Ball Methods*)

Target mikroba dalam uji penetrasi panas ini adalah *Clostridium botulinum*. Nilai D_C *botulinum* yang digunakan adalah 0.2 menit dengan nilai z sebesar 18°F . Dalam penelitian ini diharapkan terjadi penurunan jumlah *C. botulinum* sebanyak 12 siklus logaritma (proses 12D). Oleh karena itu nilai F_0 yang ditargetkan dalam proses sterilisasi cabai giling dalam kaleng adalah $12 \times 0.2 = 2.4$ menit.

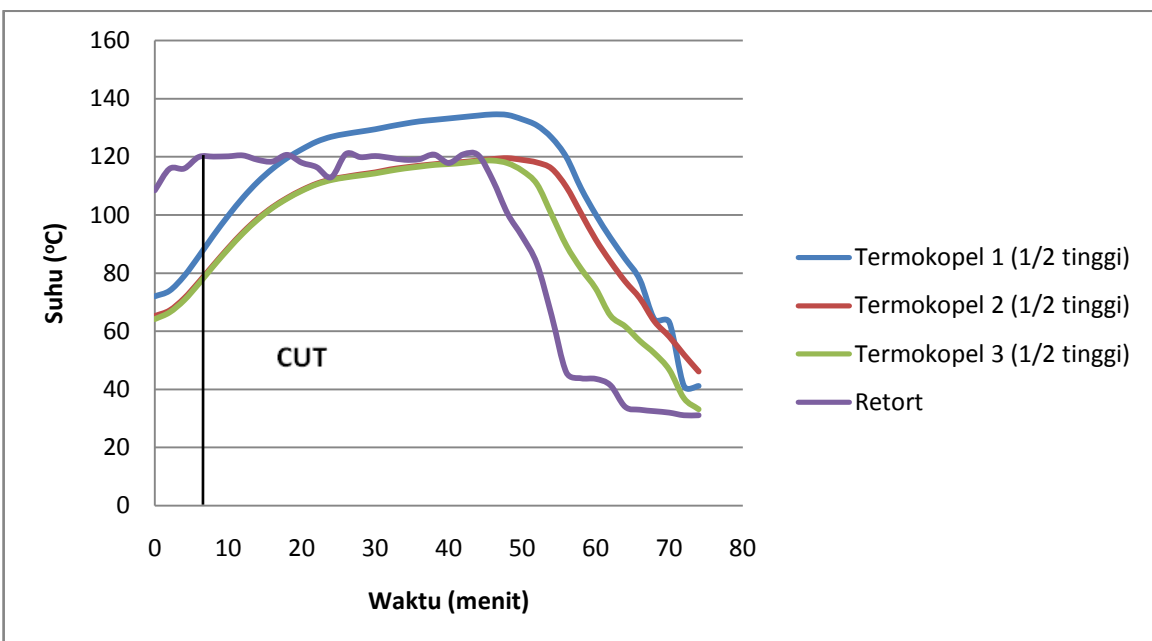
Dari hasil uji penetrasi panas pada proses pemanasan ulangan 1 dan ulangan 2 dapat dirancang perhitungan untuk menentukan waktu sterilisasi optimum baik menggunakan Metode Umum maupun Metode Formula. Kurva penetrasi panas pada titik terdingin cabai giling dalam kaleng dapat dilihat pada Gambar 11 dan Gambar 12. Periode waktu yang dibutuhkan oleh *retort* sejak mulai dinyalakan sampai dengan *retort* mencapai suhu sterilisasi disebut *come up time* (CUT). Pada penelitian ini baik pada ulangan 1 maupun ulangan 2, waktu yang dibutuhkan agar *retort* mencapai suhu sterilisasi 248°F adalah 8 menit. CUT ini tidak dipengaruhi oleh temperatur awal produk, ukuran wadah, temperatur *retort*, tapi dipengaruhi oleh spesifikasi *retort* itu sendiri. Menurut Kusnandar *et al* (2006), CUT diperhitungkan dalam perhitungan metode formula karena 42% dari CUT mempunyai efek letal yang signifikan bagi tercapainya sterilitas.

Pada Metode Umum integrasi data dapat dilakukan melalui beberapa tahap berikut, tahap pertama adalah pembacaan suhu pada titik terdingin dengan cermat, kemudian data tersebut diplotkan terhadap waktu sehingga didapatkan kurva penetrasi panas. Tahap kedua adalah pembuatan kurva kedua yaitu kurva yang menggambarkan hubungan antara t (waktu) dan L (*Lethal rate*). Sebelumnya data uji penetrasi panas pada titik terdingin diolah untuk menentukan Δt , L (*Lethal rate*), $\Delta t \times L$, dan F_0 kumulatif.

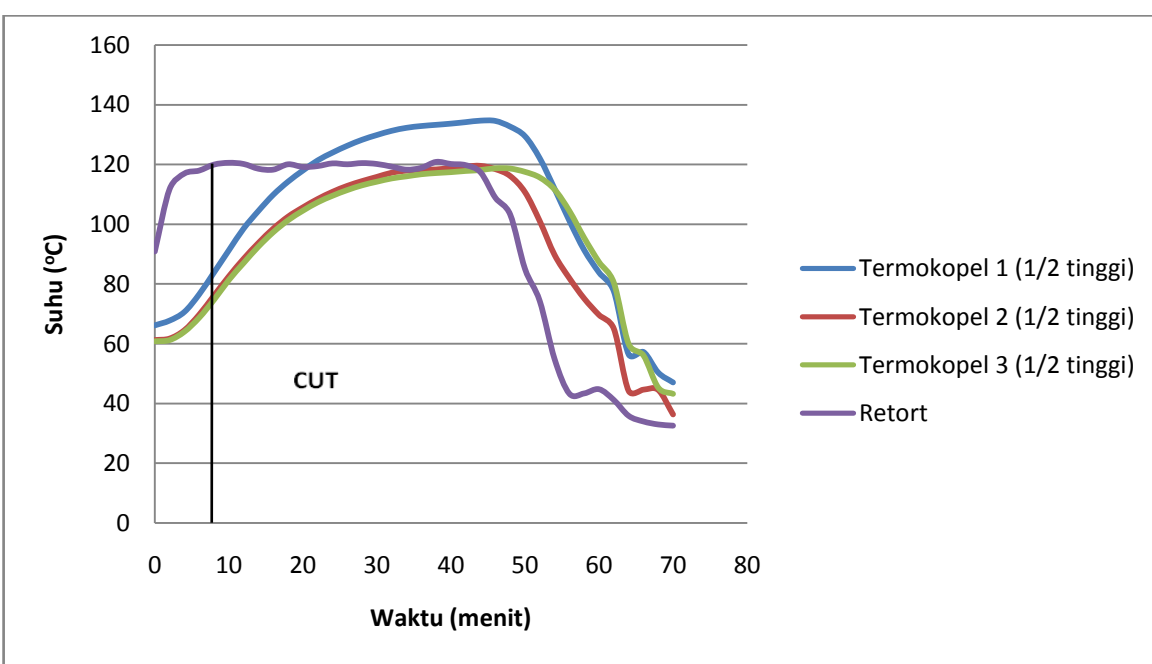
Pengolahan dengan Metode Umum untuk menentukan waktu sterilisasi optimum pada ulangan 1 menggunakan data suhu penetrasi panas dari nomor termokopel 3 (Tc3), karena suhu yang terbaca di *recorder* menunjukkan bahwa suhu pada Tc3 mengalami kecepatan peningkatan suhu paling rendah, walaupun ketiga termokopel membaca suhu pada titik yang sama pada setiap kaleng yaitu titik $\frac{1}{2}$ tinggi kaleng. Hasil pengolahan data uji penetrasi panas ulangan 1 (Lampiran 4) menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan sejak *retort* dinyalakan sampai selesai proses pemanasan adalah selama 44 menit. Nilai F_0 yang diperoleh selama periode waktu tersebut adalah 6.72 menit. Nilai F_0 yang ditargetkan dalam proses sterilisasi cabai giling dalam kaleng ini adalah 2.4 menit. Dapat dilihat dari perhitungan, bahwa F_0 yang mendekati nilai 2.4 menit yaitu 2.52 menit, waktu yang dibutuhkan sejak *retort* dinyalakan pada pemanasan sampai nilai F_0 tersebut adalah 34 menit. Nilai F_0 sama dengan luasan di bawah kurva hubungan antara t (waktu) dan L (*Lethal rate*). Hal ini menunjukkan bahwa pemanasan menggunakan *retort* selama 34 menit sejak *retort* dinyalakan hingga mencapai suhu *retort* ($T_r = 120^\circ\text{C} = 248^\circ\text{F}$) memiliki tingkat sterilitas yang sama dengan aplikasi panas pada suhu 121.1°C atau 250°F selama 2.52 menit. Hal ini telah melebihi nilai F_0 yang ditargetkan yaitu 2.4 menit, sehingga proses pemanasan telah dianggap cukup untuk mereduksi jumlah *C. botulinum* sebanyak 12 siklus logaritma.

Pengolahan dengan Metode Umum untuk menentukan waktu sterilisasi optimum pada ulangan 2 menggunakan data suhu penetrasi panas dari nomor termokopel 3 (Tc3), karena suhu yang terbaca di *recorder* menunjukkan bahwa suhu pada Tc3 mengalami kecepatan peningkatan suhu paling rendah. Sedangkan hasil pengolahan data uji penetrasi panas ulangan 2 (Lampiran 5) menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan sejak *retort* dinyalakan sampai selesai proses pemanasan adalah selama 44 menit. Nilai F_0 yang diperoleh selama proses pemanasan tersebut adalah 6.17 menit. Nilai F_0 yang ditargetkan dalam proses sterilisasi cabai giling dalam kaleng ini

adalah 2.4 menit. Dapat dilihat dari perhitungan bahwa pada F_0 yang mendekati nilai 2.4 menit yaitu 2.73 menit, waktu yang dibutuhkan sejak *retort* dinyalakan pada pemanasan sampai nilai F_0 tersebut adalah 36 menit. Nilai F_0 sama dengan luasan di bawah kurva hubungan antara t (waktu) dan L (*Lethal rate*). Hal ini menunjukkan bahwa pemanasan menggunakan *retort* selama 36 menit sejak *retort* dinyalakan hingga mencapai suhu *retort* ($T_r = 120\text{ }^\circ\text{C} = 248\text{ }^\circ\text{F}$) memiliki tingkat sterilitas yang sama dengan aplikasi panas pada suhu $121.1\text{ }^\circ\text{C}$ atau $250\text{ }^\circ\text{F}$ selama 2.73 menit. Hal ini telah melebihi nilai F_0 yang ditargetkan yaitu 2.4 menit, sehingga proses pemanasan telah dianggap cukup untuk mereduksi jumlah *C. botulinum* sebanyak 12 siklus logaritma.

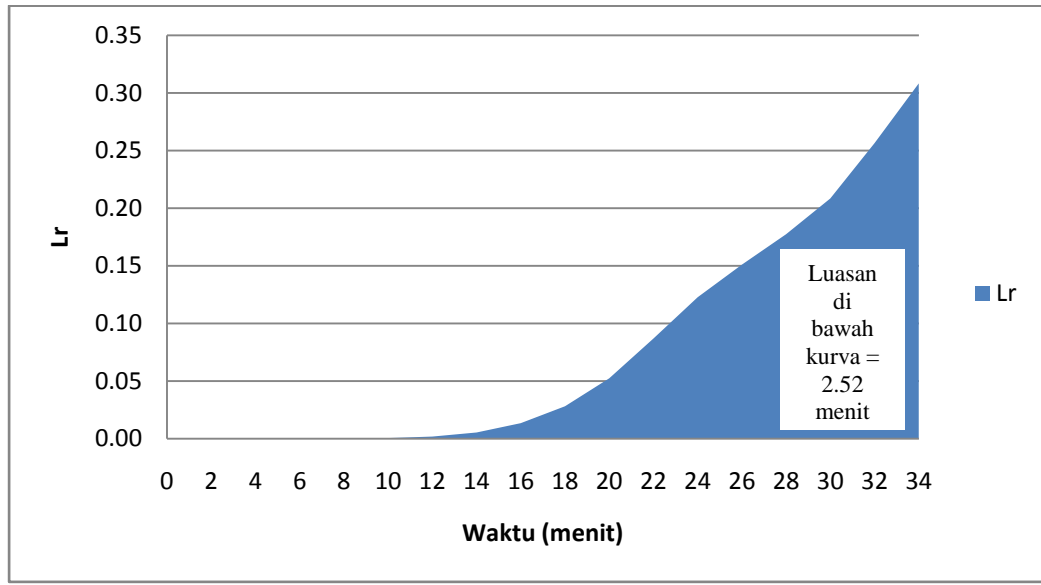


Gambar 11. Kurva penetrasi panas pasta cabai dalam kaleng (Ulangan 1)

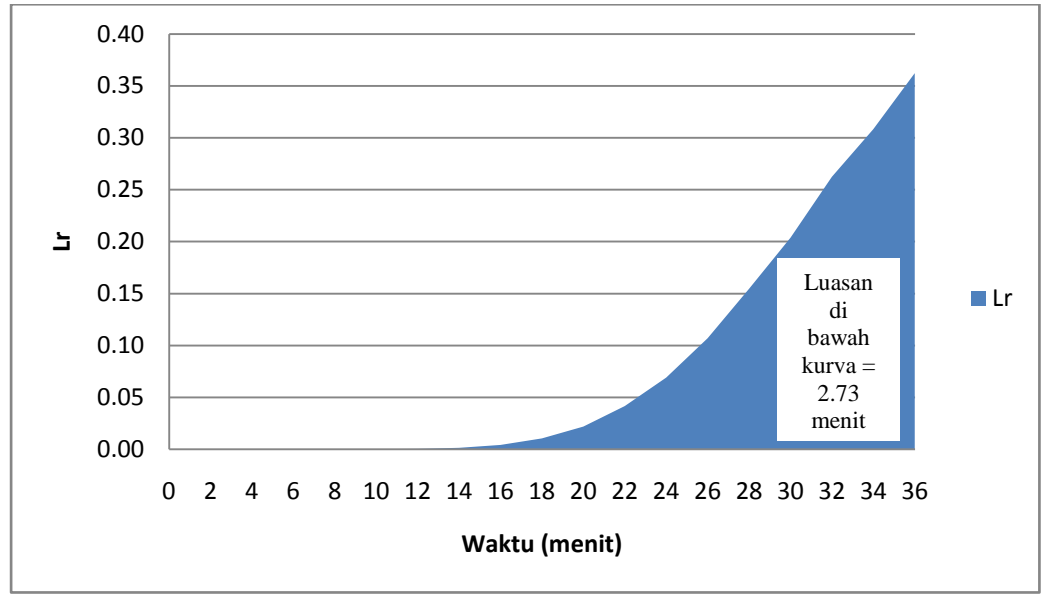


Gambar 12. Kurva penetrasi panas pasta cabai dalam kaleng (Ulangan 2)

Kurva hubungan antara t (waktu) dan L (*Lethal rate*) untuk pengolahan data penetrasi panas dengan Metode Umum dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14.



Gambar 13. Kurva hubungan t dan L_r (Metode Umum Ulangan 1)



Gambar 14. Kurva hubungan t dan L_r (Metode Umum Ulangan 2)

Untuk perhitungan dengan Metode Formula, sebelumnya dibuat kurva penetrasi panas pada kertas semi logaritma. Kertas semi logaritma yang digunakan untuk membuat kurva penetrasi panas yaitu dalam posisi normal, sehingga menunjukkan bahwa hubungan linier adalah dalam nilai log perbedaan suhu proses (*retort*) dan suhu bahan atau ditulis $\log (Tr-T)$ dengan waktu, bukan log suhu bahan atau $\log (T)$ dengan waktu, sebelumnya harus dihitung nilai-nilai suhu *retort* dikurangi suhu produk pada setiap titik pengukuran. Kurva hubungan waktu (t) dan $(Tr-T)$ untuk data penetrasi panas ulangan 1 dapat dilihat pada Gambar 15 dan ulangan 2 pada Gambar 16.

Dari kurva pemanasan yang dibuat di atas kertas semi logaritma serta dari data penetrasi yang telah diolah diperoleh karakteristik penetrasi panas dalam cabai giling yang diproses yaitu T_{ih} , T_{pih} , f_h , J_h . Dengan mengetahui nilai-nilai tersebut kemudian dilakukan perhitungan untuk mendapatkan waktu sterilisasi optimum.

Dari hasil perhitungan untuk data penetrasi panas ulangan 1 (Lampiran 6) diperoleh nilai F_0 proses 4.9 menit. Nilai F_0 tersebut didapat dari waktu proses selama 39.36 menit, waktu operator selama 36 menit, dan waktu sterilisasi selama 44 menit. Jika F_0 yang diinginkan adalah 2.4 menit, maka perlu waktu proses selama 32.89 menit, waktu operator selama 29.54 menit, dan waktu sterilisasi optimumnya selama 37.54 menit.

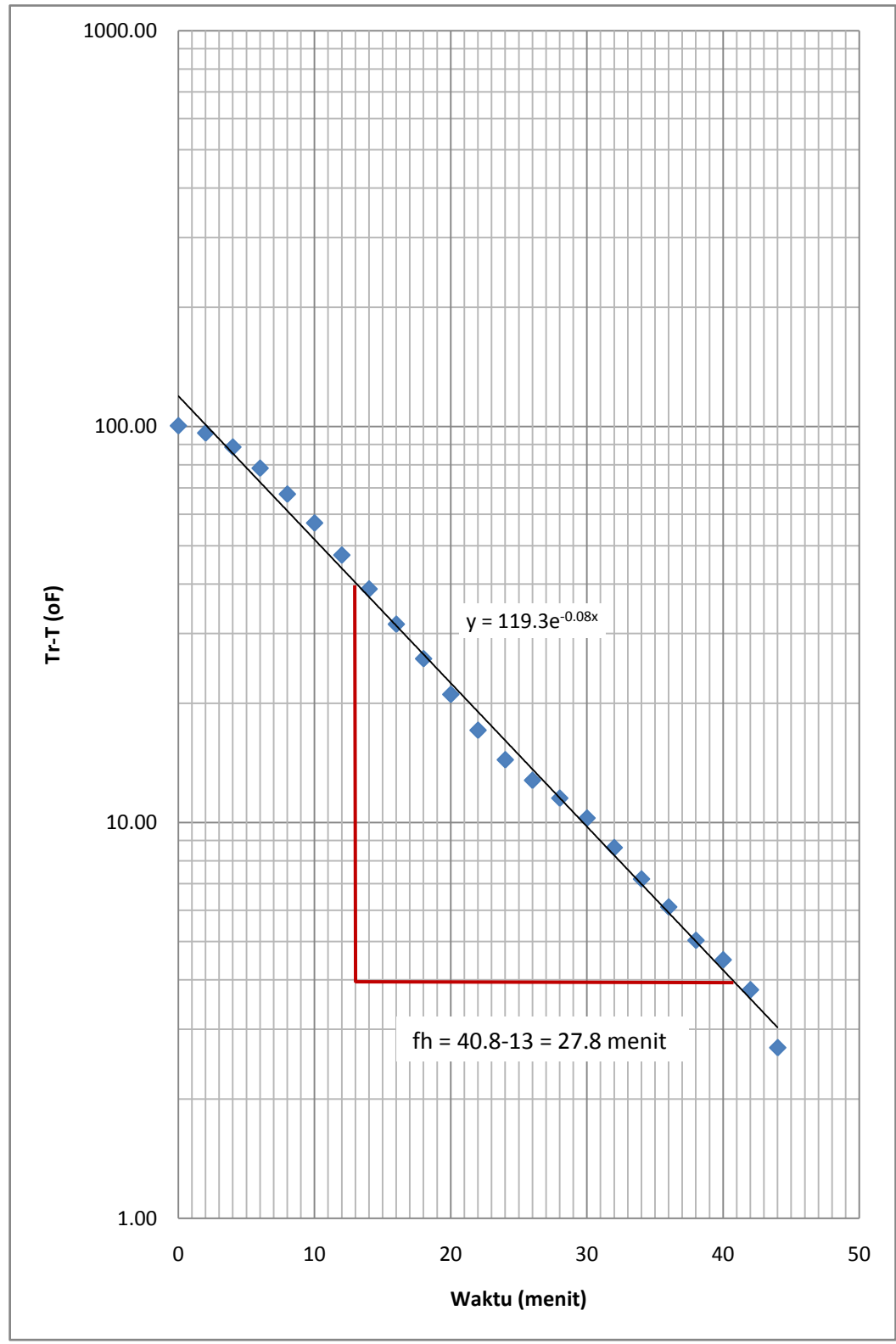
Sedangkan dari hasil perhitungan untuk data penetrasi panas ulangan 2 (Lampiran 7) diperoleh nilai F_0 proses 6.735 menit. Nilai F_0 tersebut didapat dari waktu proses selama 39.36 menit, waktu operator selama 36 menit, dan waktu sterilisasi selama 44 menit. Jika F_0 yang diinginkan adalah 2.4 menit, maka perlu waktu proses selama 29.2 menit, waktu operator selama 25.84 menit, dan waktu sterilisasi optimumnya selama 33.84 menit.

Dari kedua ulangan proses sterilisasi, maka proses pemanasan telah dianggap cukup untuk mereduksi jumlah *C. botulinum* sebanyak 12 siklus logaritma karena telah melebihi nilai F_0 yang ditargetkan yaitu 2.4 menit.

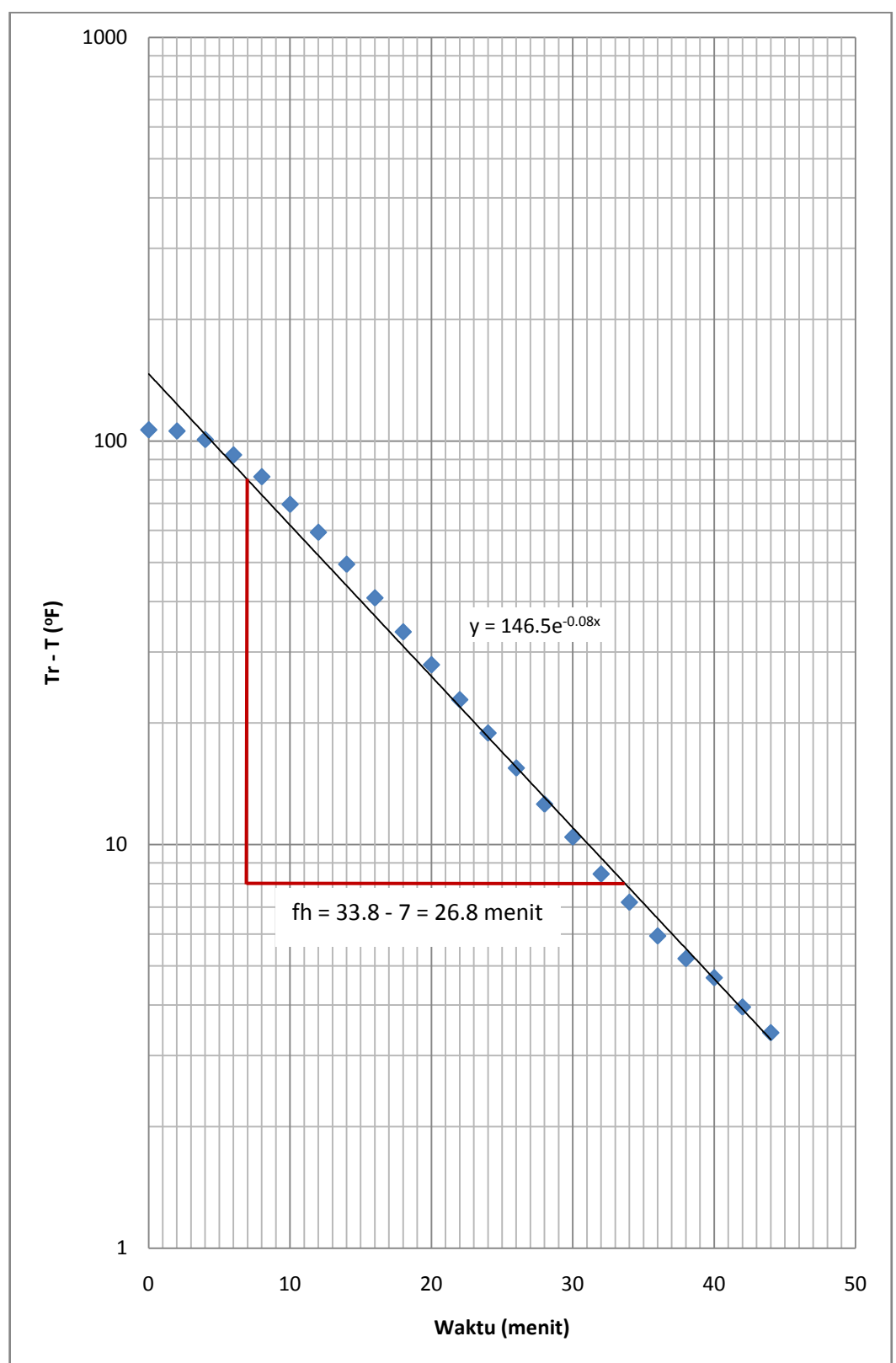
Waktu sterilisasi optimum yang diperoleh melalui metode umum berbeda dengan waktu sterilisasi yang diperoleh melalui metode formula. Waktu sterilisasi yang diperoleh melalui metode umum adalah 34 menit untuk ulangan 1 dan 36 menit untuk ulangan 2. Sedangkan waktu sterilisasi yang diperoleh melalui metode formula adalah 37.54 menit untuk ulangan 1 dan 33.84 menit untuk ulangan 2. Waktu yang ditetapkan akan diaplikasikan pada sterilisasi pasta cabai dalam kaleng adalah 37.54 menit karena memiliki nilai yang lebih besar sehingga dapat menjamin kecukupan panas yang telah ditargetkan pada sterilisasi pasta cabai dalam kaleng.

Jika dibandingkan antara metode umum dengan metode formula, metode umum adalah metode yang paling teliti dalam perhitungan proses termal karena data suhu bahan hasil pengukuran dalam percobaan langsung digunakan dalam perhitungan tanpa asumsi dan prediksi berdasarkan persamaan hubungan suhu dengan waktu, sedangkan dalam perhitungan kecukupan panas dengan metode formula digunakan parameter-parameter yang diperoleh dari data penetrasi panas dan prosedur-prosedur matematik untuk mengintegrasikan *lethal effects*. Metode umum biasa digunakan untuk mengevaluasi kecukupan panas dari proses sterilisasi yang telah dilakukan sedangkan metode formula biasa digunakan untuk merancang sebuah proses sterilisasi (Subarna *et al.* 2008). Waktu sterilisasi yang ditentukan untuk penelitian ini menggunakan hasil perhitungan dari metode formula, selain karena memiliki nilai yang lebih besar, hal ini pun ditetapkan karena hasil tersebut didapatkan dari hasil rancangan untuk nilai F_0 yang ditargetkan sehingga dapat menjamin kecukupan panas yang telah ditargetkan pada proses sterilisasi.

Penentuan waktu sterilisasi optimum ini sangat berguna bagi perusahaan pengalangan, karena dengan waktu sterilisasi optimum maka akan didapatkan hasil sterilisasi yang aman tetapi nilai gizinya dapat dipertahankan dan tentunya dengan biaya operasi yang efisien. Waktu sterilisasi yang lebih rendah dari waktu optimum akan menyebabkan tumbuhnya mikroba pembusuk dan patogen sehingga tidak layak dan tidak aman untuk dikonsumsi sehingga dapat membahayakan keselamatan konsumen. Sebaliknya jika waktu sterilisasi melebihi waktu optimum, dapat menyebabkan penurunan nilai gizi seperti vitamin serta penurunan nilai organoleptik seperti warna dan cita rasa. Selain itu waktu sterilisasi yang melebihi optimum sangat merugikan produsen dikarenakan energi yang digunakan akan sangat boros sehingga biaya produksi tinggi.



Gambar 15. Kurva hubungan t dan Tr-T dari data penetrasi panas (ulangan 1)



Gambar 16. Kurva hubungan t dan Tr-T dari data penetrasi panas (ulangan 2)

Menurut Vinters *et al.* (1975) diacu dalam Singh (1996), prosedur perhitungan proses termal menggunakan komputer yaitu dengan menetapkan hubungan empiris yang berguna dalam perhitungan nilai f_h/U untuk nilai $z = 18^\circ\text{F}$ dan pada ukuran kaleng yang seragam. Metode yang diberikan terbatas pada nilai $z = 18^\circ\text{F}$ dan tidak termasuk pengaruh dari letalitas pada pendinginan. Dengan menggunakan program Microsoft Excel contoh hasil perhitungan proses termal dapat dilihat pada Tabel 8. Langkah-langkah perhitungan proses termal dengan bantuan Microsoft Excel dapat dilihat pada Lampiran 8. Dengan adanya prosedur perhitungan dengan menggunakan program Microsoft Excel maka akan memudahkan penentuan waktu proses, *operator time*, dan waktu sterilisasi dari suhu *retort* berbeda. Dari Tabel 8 dapat diketahui bahwa waktu sterilisasi pada suhu *retort* sebesar 248°F jauh lebih rendah jika dibandingkan dengan waktu sterilisasi dengan suhu *retort* sebesar 212°F .

Tabel 8. Contoh *worksheet* pada program Microsoft Excel untuk perhitungan waktu sterilisasi

	A	B	C	D	E
1	Diketahui:				
2	Suhu Retort ($^\circ\text{F}$)	248	245	220	212
3	Suhu Awal Produk ($^\circ\text{F}$)	147.56	147.56	147.56	147.56
4	j_h	1.28	1.28	1.28	1.28
5	f_h (menit)	27.8	27.8	27.8	27.8
6	F_o	2.4	2.4	2.4	2.4
7	CUT (menit)	8	8	8	8
8					
9	Solusi:				
10	F_i	1.2915	1.8957	46.4159	129.1550
11	$\log(j_h \cdot I_h)$	2.1091	2.0959	1.9672	1.9164
12	f_h/U	8.9686	6.1102	0.2496	0.0897
13	$\log(f_h/U)$	0.9527	0.7861	-0.6028	-1.0473
14	$\log g$	0.9225	0.8104	-3.2971	-10.4401
15	Waktu proses (t_b) (menit)	32.99	35.74	146.35	343.51
16	<i>Operator time</i> (t_p) (menit)	29.63	32.38	142.99	340.15
17	Waktu sterilisasi (menit)	37.63	40.38	150.99	348.15

4.3 PENGAMATAN

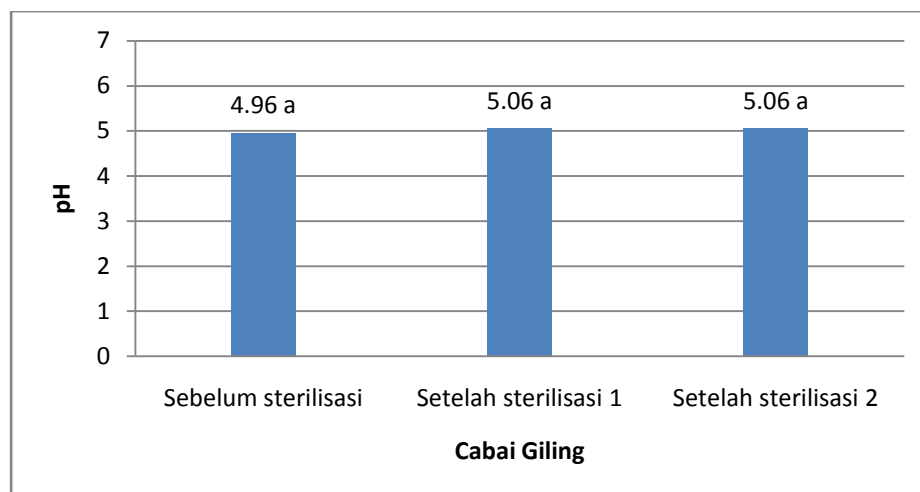
1. pH

Nilai pH merupakan kriteria pengawasan mutu yang sangat penting untuk produk-produk pangan, karena dengan mengetahui nilai pH bahan pangan dapat ditentukan cara-cara pengolahan yang efisien. Nilai pH cabai dipengaruhi oleh varietas, tingkat kematangan, kondisi pertumbuhan tanaman, area geografis, penanganan pra pengolahan, dan faktor-faktor pengolahan. Untuk bahan pangan dengan pH rendah seperti cabai giling maka dalam proses pengalengan diperlukan suhu dan waktu sterilisasi yang lebih tinggi.

Nilai pH merupakan salah satu faktor yang sangat besar pengaruhnya terhadap aspek mikrobiologik. Nilai pH yang rendah dapat menghambat pertumbuhan beberapa jenis mikroba.

Selain itu, pH penting diperhatikan karena mempengaruhi beberapa sifat makanan seperti warna, rasa dan tekstur (Gould 1977).

Hasil pengamatan nilai pH cabai giling sebelum diberikan perlakuan pemanasan/sterilisasi adalah 4.86, 5.02 dan 5.00. Nilai pH cabai giling setelah sterilisasi untuk ulangan 1 adalah 5.09, 5.01 dan 5.09, sedangkan nilai pH cabai giling setelah sterilisasi untuk ulangan 2 adalah 5.09, 5.00 dan 5.08 (Lampiran 9). Dari analisis ragam (ANOVA) (Lampiran 10) menunjukkan bahwa faktor pemanasan pada proses sterilisasi cabai giling dalam kaleng memberikan hasil tidak berbeda nyata ($p > 0.05$) untuk cabai giling sebelum sterilisasi dengan cabai giling setelah sterilisasi ulangan 1 dan ulangan 2.



Gambar 17. Hasil uji pH cabai giling

Menurut Hariyadi (2000), untuk produk pangan berasam rendah, kondisi anaerob pada kaleng adalah kondisi yang tepat bagi *Clostridium botulinum* untuk tumbuh, berkembang, dan membentuk racun. *Clostridium botulinum* ini juga tahan panas dan membentuk spora. Oleh karena itu, proses sterilisasi komersial produk pangan berasam rendah harus mampu menginaktivasi spora *Clostridium botulinum*.

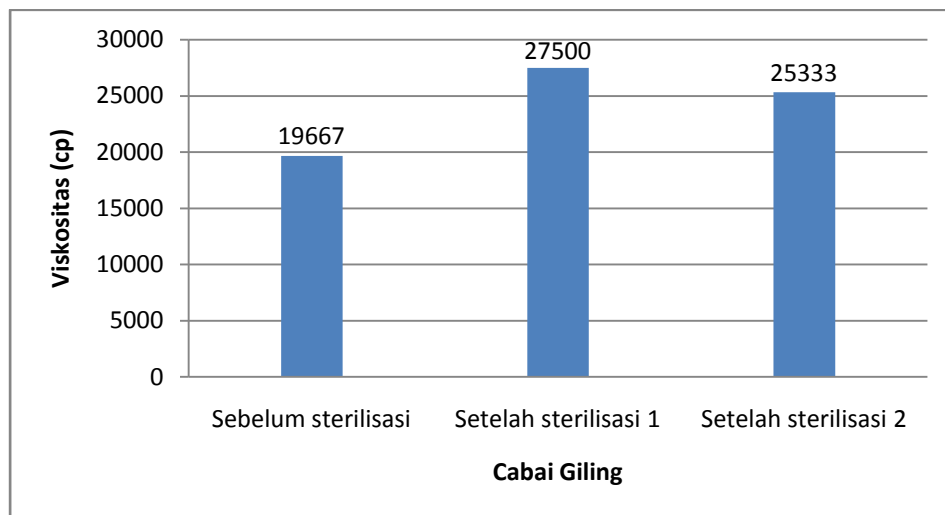
Clostridium botulinum merupakan mikroorganisme yang harus diperhatikan pada proses pengalengan, karena dapat memproduksi toksin yang mematikan, yaitu botulin dan terdapat pada tanah dan air sehingga bahan pangan dapat dengan mudah terkontaminasi. Beberapa strain *C. botulinum* bersifat proteolitik dan putrefaktif, yaitu membentuk bau karena degradasi protein. Mikroorganisme ini tumbuh baik pada suhu 30°C sampai 37°C, walaupun dapat tumbuh pada suhu 10°C dan 38°C. Strain yang lainnya menggunakan karbohidrat seperti gula dan pati dan tidak menghasilkan senyawa yang menyebabkan bau. Beberapa strain ini diasosiasikan dengan lingkungan laut, dapat tumbuh pada suhu 4°C dan lebih toleran terhadap oksigen. Strain *C. Botulinum* tertentu sangat resisten terhadap pemanasan pada suhu 100°C selama 10 jam. Akan tetapi, toksin botulinnya tidak tahan panas. Toksin tersebut dalam makanan dapat diinaktivasi dengan mendidihnya makanan tersebut (Hariyadi, 2000).

Nilai pH cabai giling ini tidak terpengaruh oleh pemanasan, sehingga pH cabai giling dalam kaleng masih dalam keadaan asam rendah, oleh karena itu cabai giling dalam kaleng memiliki peluang yang lebih besar bagi terbentuknya racun botulin.

2. Viskositas

Viskositas berhubungan dengan cepat atau lambatnya laju pindah panas pada bahan yang dipanaskan yang mempengaruhi efektifitas proses panas. Pada bahan pangan dengan viskositas rendah (cair) pindah panas berlangsung secara konveksi yaitu merupakan sirkulasi dari molekul-molekul panas sehingga hasil transfer panas menjadi lebih efektif. Sedangkan pada bahan pangan dengan viskositas tinggi (padat), transfer panas berlangsung secara konduksi, yaitu transfer panas yang mengakibatkan terjadinya tumbukan antara yang panas dan yang dingin sehingga efektifitas pindah panas menjadi berkurang.

Hasil pengamatan viskositas cabai giling sebelum sterilisasi adalah antara 19500 – 20000 centipoise (cp). Sedangkan viskositas cabai giling sesudah sterilisasi untuk ulangan 1 dan 2 adalah antara 25000 – 28000 cp. Dari hasil analisis ragam (Lampiran 11), viskositas cabai giling sebelum sterilisasi dengan cabai giling setelah sterilisasi (ulangan 1 dan ulangan 2) dalam penelitian ini memberikan hasil yang berbeda nyata ($p < 0.05$). Hal ini menunjukkan bahwa pemanasan dengan suhu tinggi mempengaruhi viskositas suatu bahan.



Gambar 18. Hasil uji viskositas cabai giling

Viskositas cabai giling dalam kaleng sebelum sterilisasi merupakan viskositas tinggi sehingga transfer panas yang berlangsung secara konduksi dan efektifitas pindah panas menjadi berkurang. Setelah sterilisasi nilai viskositas cabai giling semakin tinggi, hal ini disebabkan oleh kandungan pati yang terdapat pada cabai merah besar yaitu sebesar 0.8 – 1.54 % per 100 gram. Selama proses pemanasan granula-granula pati mengalami pembengkakan dan membentuk pasta sehingga viskositas cabai giling setelah proses termal akan lebih tinggi.

3. Warna

Secara alami makanan memiliki warna yang cerah. Bila terjadi perubahan warna atau menjadi kusam, biasanya menunjukkan mutu makanan tersebut telah berubah. Pemanasan, pembekuan, dan pendinginan bahan pangan dapat mengubah kualitas fisik dan kimianya. Dalam beberapa hal perubahan tersebut memang diinginkan (contoh: pemanggangan daging), tapi pada kasus lain adanya perubahan-perubahan justru merugikan, karena menyebabkan bahan pangan kehilangan sebagian kandungan vitaminnya (Desrosier 1978).

Kualitas warna pada penelitian ini dinyatakan dalam sistem notasi warna *Hunter*. Pada sistem warna ini dinyatakan tiga notasi, yaitu L, a dan b. L adalah intensitas kecerahan, a adalah intensitas warna merah, dan b adalah intensitas warna kuning (Wati 2007).

Nilai L, a dan b (Tabel 9) pada cabai giling setelah dikalengkan mengalami penurunan. Nilai L menurun karena degradasi warna cabai giling oleh panas selama proses sterilisasi. Begitu pula dengan nilai a yang menurun karena adanya proses degradasi zat warna merah oleh panas saat sterilisasi. Intensitas warna kuning (b) pada produk cabai giling dalam kaleng menurun disebabkan oleh degradasi warna merah oleh panas yang tidak terlalu tinggi.

Tabel 9. Data pengukuran warna cabai giling

Sebelum sterilisasi			Setelah sterilisasi 1			Setelah sterilisasi 2		
L	a (+)	b (+)	L	a (+)	b (+)	L	a (+)	b (+)
43.66	35.07	28.4	40.70	30.95	25.22	38.18	29.25	22.51
42.81	37.41	27.0	41.40	31.68	24.76	39.79	30.71	22.36
44.41	33.52	23.3	40.67	31.83	25.83	39.87	29.52	21.30

Warna merah pada cabai disebabkan oleh adanya pigmen yang terdiri dari campuran karotenoid sebanyak 0.1 – 0.5% untuk cabai merah (Purseglove 1981). Perubahan warna asli cabai terjadi akibat sifat pigmen karotenoid yang tidak stabil pada suhu tinggi. Menurut Winarno (1986) karotenoid larut dalam minyak dan dapat berkurang jumlahnya akibat pemanasan sebab karotenoid tidak stabil pada suhu tinggi. Menurut Zakaria *et al.* (1993), larutan karoten yang dipanaskan pada 60 °C mengalami isomerisasi cis-trans. Cis-isomer mempunyai aktivitas vitamin A yang lebih rendah dari trans-isomer, dan dengan perebusan sayuran dapat menurunkan kandungan karoten sayuran sebesar 16.46% - 60 %.

Kombinasi mutu produk cabai giling yang diinginkan adalah nilai L dan a yang cukup tinggi dan nilai b yang rendah. Karena peningkatan warna kuning pada cabai giling akan kurang disukai oleh konsumen.

4. Total Mikroba

Kerusakan bahan pangan dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti pertumbuhan dan aktivitas mikroba, aktivitas enzim, serangga, suhu, kadar air, udara, sinar, dan kondisi penyimpanan. Mikroba penyebab kerusakan pangan dapat ditemukan dimana saja sehingga diperlukan usaha-usaha seperti sterilisasi agar produk menjadi bermutu, awet, dan dapat diterima konsumen.

Menurut standar yang berlaku di Indonesia, yaitu Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk saus cabai, standar mikrobiologi yang ditetapkan dapat dilihat pada Tabel 10. Analisis mikrobiologi yang dilakukan pada cabai giling ini menggunakan analisa total koloni mikroba (*Total Plate Count/TPC*).

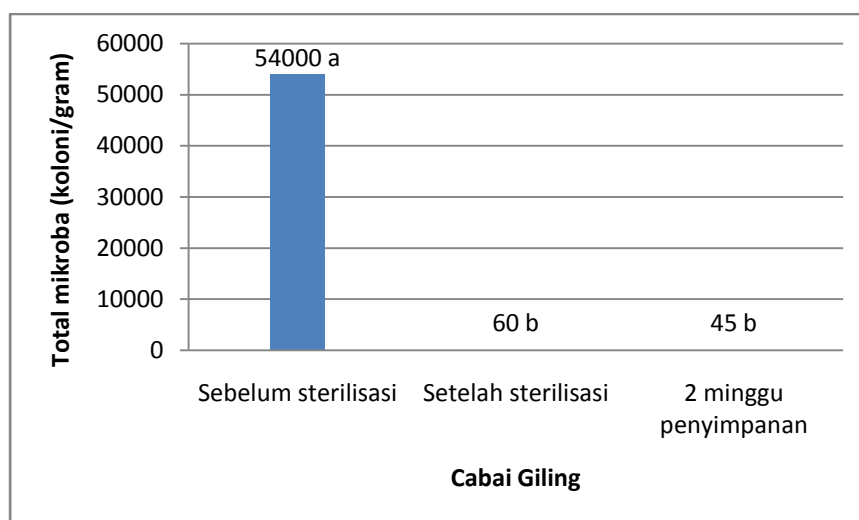
Total mikroba merupakan parameter mutu yang penting dalam produk pangan. Total mikroba (TPC) cabai giling baik sebelum sterilisasi maupun sesudah sterilisasi sudah memenuhi standar mutu mikrobiologi saus cabai. Namun dengan adanya perlakuan pemanasan total mikroba menurun, dari hasil analisis keragaman total mikroba (Lampiran 13) didapatkan hasil yang berbeda nyata antara cabai giling sebelum sterilisasi dengan cabai giling sesudah sterilisasi (ulangan 1 dan ulangan 2). Artinya mikroba dalam cabai giling mengalami kematian dengan adanya sterilisasi. Sedangkan hasil analisis keragaman untuk total mikroba selama penyimpanan

antara cabai giling setelah sterilisasi dengan cabai giling dalam kaleng selama 2 minggu penyimpanan didapatkan hasil yang tidak berbeda nyata. Hal ini menunjukkan tidak adanya pertumbuhan mikroba pada cabai giling dalam kaleng setelah penyimpanan.

Tabel 10. Standar mutu mikrobiologi saus cabai

Jenis Mikroba	Jumlah yang diperbolehkan
Total Plate Count (koloni/g)	10^5
Bakteri Koliform (APM/g)	10^5
<i>Escherichi coli</i>	-
<i>Staphylococcus</i> (APM/g)	10
Salmonela	-

Sumber: SNI, 1990. Keterangan APM = Angka Paling Mungkin berdasarkan tabel MPN



Gambar 19. Hasil uji total mikroba cabai giling

Tabel 11. Hasil pengukuran total mikroba pada cabai giling

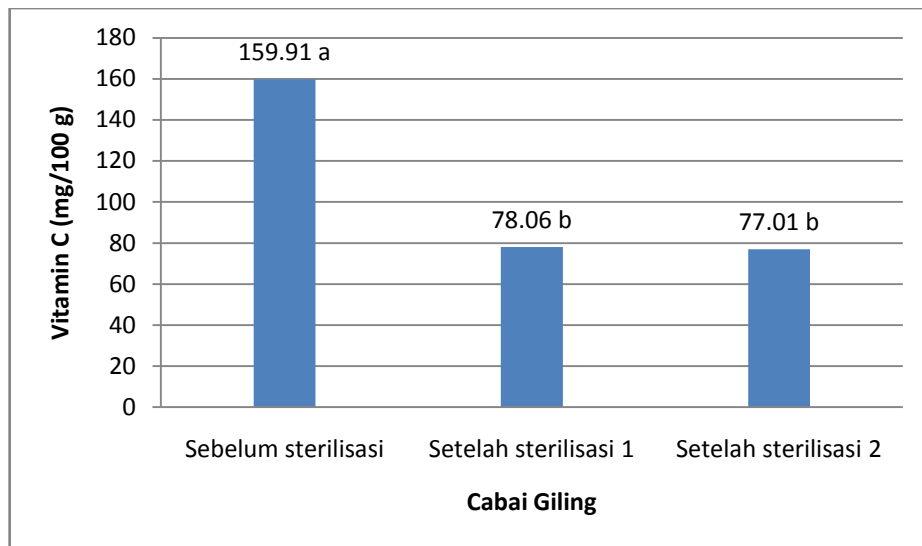
Sebelum sterilisasi	Total Mikroba (koloni/gram)			
	Setelah sterilisasi		2 minggu penyimpanan	
	U1	U2	U1	U2
5.4×10^4	6.0×10^1	6.0×10^1	1.0×10^1	8.0×10^1

Sterilisasi bahan pangan yang berasam rendah ($pH > 4.5$) biasanya digunakan pemanasan dengan konsep 12D yang ditujukan terhadap spora *Clostridium botulinum*. Dengan konsep 12D ini berarti kemungkinan terjadinya kebusukan karena *C. botulinum* diperkecil sampai $1/10^{12}$. Artinya setiap 10^{12} (1.000.000.000.000) kaleng hanya ada satu yang kemungkinan rusak oleh *C. botulinum*. Berdasarkan hasil pengukuran total mikroba dapat diketahui bahwa terjadi penurunan jumlah mikroba sebesar $1/10^3$ yang berarti setiap 10^3 (1000) kaleng hanya ada satu yang kemungkinan rusak oleh *C. botulinum*.

5. Vitamin C

Asam askorbat adalah salah satu senyawa kimia yang disebut vitamin C dengan rumus kimianya adalah $C_6H_8O_6$. Vitamin merupakan salah satu komponen penting di dalam cabai walaupun terdapat dalam jumlah yang sedikit. Vitamin C sering disebut sebagai *fresh food vitamin* karena sebagian besar berasal dari sayuran dan buah-buahan segar. Sayuran yang merupakan bahan sumber vitamin C diantaranya adalah tomat dan cabai hijau (Mochtar 2000).

Nilai rata-rata vitamin C cabai giling sebelum sterilisasi adalah 159.91 mg/100g. Sedangkan nilai rata-rata vitamin C cabai giling setelah sterilisasi untuk ulangan 1 dan 2 menurun dengan masing-masing nilai adalah 78.005 mg/100g dan 77.005 mg/100g.



Gambar 20. Hasil uji vitamin C cabai giling

Berdasarkan analisis keragaman (Lampiran 14) menunjukkan bahwa pengaruh pemanasan pada cabai giling sebelum sterilisasi dengan cabai giling setelah sterilisasi ulangan 1 dan ulangan 2 memiliki hasil yang berbeda nyata ($p < 0.05$) terhadap kadar vitamin C cabai giling. Penurunan kadar vitamin C cabai giling dipengaruhi oleh proses sterilisasi cabai giling dalam kaleng dengan suhu tinggi. Suhu yang tinggi dapat menurunkan kadar vitamin C pada cabai giling, namun keuntungan dari sterilisasi dengan suhu tinggi ini adalah dapat membebaskan bahan pangan dari zat patogen dan sebagian besar sel vegetatif mikroba.

Menurut Desrosier (1978), asam askorbat rusak oleh pemanasan pada suhu rendah untuk periode waktu yang lama. Ini dapat disebabkan oleh faktor-faktor yang lain selain oleh panas itu sendiri. Proses dengan suhu yang tinggi untuk waktu yang pendek sedikit merusak asam askorbat, bila terdapat tekanan oksigen yang rendah. Kerusakan vitamin ini dipercepat oleh adanya oksigen, ion tembaga, dan enzim asam askorbat oksidase. Sedangkan kandungan timah pada kaleng dapat melindungi vitamin C dalam larutan.

Untuk itu pada proses pengalengan cabai giling sebaiknya dipilih perlakuan suhu tinggi untuk waktu yang pendek karena pada umumnya hanya sedikit merusak vitamin C daripada suhu rendah untuk periode yang lebih lama.

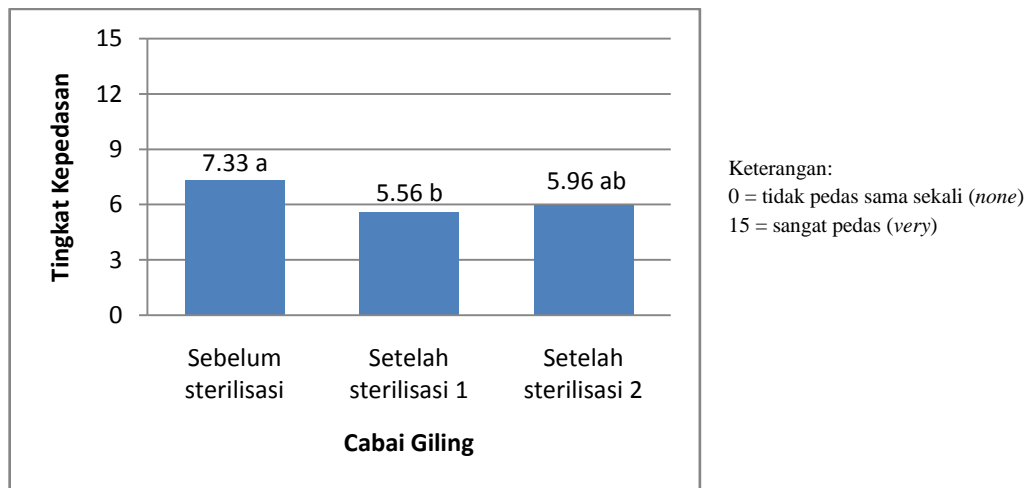
6. Uji Organoleptik

Untuk mengetahui tingkat penerimaan konsumen terhadap cabai giling dalam kaleng yang dihasilkan dari penelitian ini maka dilakukan uji organoleptik berupa uji hedonik atau uji kesukaan terhadap intensitas kepedasan, warna, aroma, dan penerimaan umum cabai giling.

a. Uji Intensitas Kepedasan

Pengujian intensitas kepedasan dalam bentuk cabai giling ini dilakukan dengan metode skoring dengan garis horizontal sepanjang 15 cm (ujung 0 cm menunjukkan tidak ada rasa pedas sama sekali/*none* dan ujung 15 cm menunjukkan rasa pedas yang sangat/*very*). Pemilihan uji intensitas metode skoring dengan skala garis dibandingkan dengan metode rangking karena metode ini dapat mengetahui seberapa besar perbedaan kepedasan di antara sampel (Watts *et al.* 1989).

Hasil uji intensitas kepedasan cabai giling oleh 30 orang panelis tidak terlatih menunjukkan bahwa cabai giling sebelum sterilisasi memiliki intensitas kepedasan yang paling tinggi yaitu 7.33 diantara kedua cabai giling sesudah disterilisasi baik ulangan 1 maupun 2 yaitu masing-masing 5.56 dan 5.96. Secara statistik dengan uji lanjut Duncan pada taraf signifikansi 5% menunjukkan bahwa intensitas kepedasan cabai giling sebelum sterilisasi berbeda nyata dengan cabai giling setelah sterilisasi ulangan 1, namun tidak berbeda nyata dengan cabai giling setelah sterilisasi ulangan 2 (Lampiran 16). Hal ini menunjukkan bahwa intensitas kepedasan berpengaruh dengan adanya pemberian pemanasan pada cabai giling, yaitu intensitas kepedasan akan menurun dengan diberikannya pemanasan pada cabai giling.



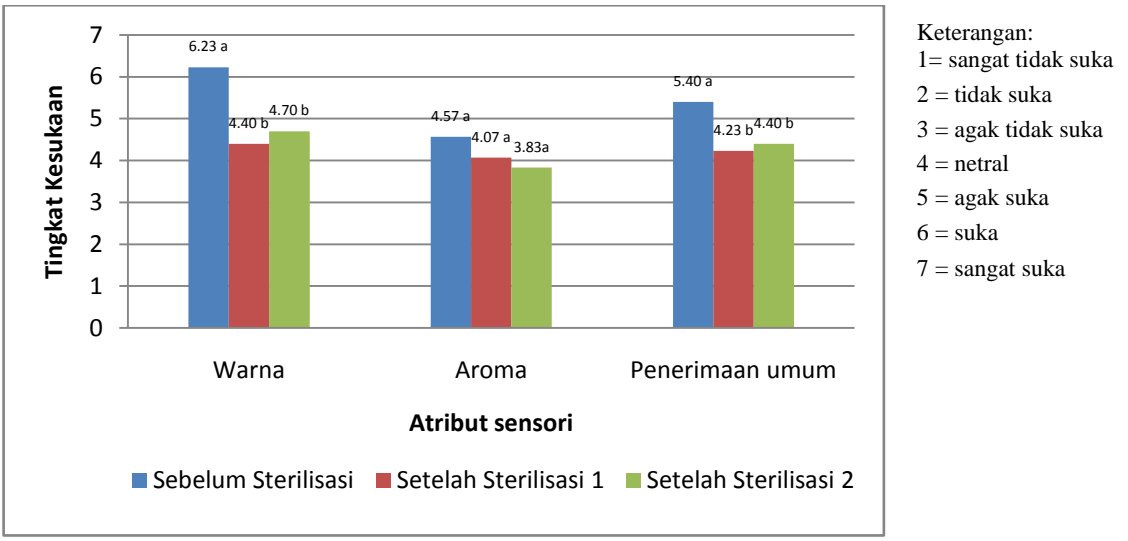
Gambar 21. Hasil uji intensitas kepedasan cabai giling

Menurut panelis, kepedasan pada cabai giling sebelum sterilisasi masih membekas hingga akhir, namun untuk kepedasan cabai giling setelah sterilisasi (ulangan 1 dan ulangan 2) tidak bertahan lama. Beberapa panelis menilai secara keseluruhan bahwa cabai giling kurang terasa pedas. Hasil uji intensitas kepedasan ini berbeda-beda untuk tiap panelis, contohnya pada satu sampel cabai giling (sebelum sterilisasi) ada yang memberi nilai 1 namun ada yang memberi nilai 11.9. Hal ini sangat berbeda jauh dikarenakan indera perasa terhadap kepedasan setiap panelis berbeda-beda.

Menurut Bennet dan Kirby (1968) di dalam Raintjung (1981), rasa pedas pada cabai merah disebabkan karena adanya kandungan zat *capsaicinoid* yang terdiri dari lima komponen, yaitu *nordihydrocapsaicin*, *capsaicin*, *dihydrocapsaicin*, *homocapsaicin*, dan *homodihydrocapsaicin*. Menurut Wallis (1960), zat *capsaicin* pada cabai merah tersebut mempunyai rumus molekul $C_{18}H_{27}NO_3$. Sifat *capsaicin* yang terdapat pada cabai merah diantaranya adalah tidak berwarna, tidak berbau, berbentuk cair pada suhu $65^{\circ}C$, dan menguap pada suhu yang lebih tinggi (Purseglove *et al.* 1981). Karena *capsaicin* akan menguap pada suhu yang tinggi maka intensitas kepedasan akan menurun dengan diberikannya proses termal.

b. Warna, Aroma, dan Penerimaan Umum

Uji hedonik dilakukan menggunakan metode skala kategori (1 = sangat tidak suka, 2 = tidak suka, 3 = agak tidak suka, 4 = netral, 5 = agak suka, 6 = suka, dan 7 = sangat suka) dimana panelis memberikan penilaian terhadap kesukaan cabai giling pada atribut warna, aroma, dan penerimaan umum. Cabai giling sebelum sterilisasi memiliki nilai kesukaan suka untuk atribut warna (6.23) dan penerimaan umum (5.40), sementara atribut aroma kesukaannya netral (4.57). Cabai giling setelah sterilisasi ulangan 1 memiliki nilai kesukaan netral untuk atribut warna (4.40), aroma (4.07), dan penerimaan umum (4.23). Pasta cabai setelah sterilisasi ulangan 2 memiliki nilai kesukaan netral untuk atribut warna (4.70) dan penerimaan umum (4.40), sementara atribut aroma nilai kesukaannya agak tidak suka (3.83).



Gambar 22. Hasil uji hedonik cabai giling (skala 0-7)

Hasil analisis ragam (ANOVA), atribut warna pada ketiga sampel cabai giling berbeda nyata ($p < 0.05$), atribut aroma pada ketiga sampel cabai giling tidak berbeda nyata ($p > 0.05$), dan penerimaan umum pada ketiga sampel cabai giling berbeda nyata ($p < 0.05$). Karena atribut aroma tidak berbeda nyata, sementara atribut warna dan penerimaan umum berbeda nyata, maka uji lanjutan (Duncan) dilakukan untuk atribut warna dan penerimaan umum. Hasil uji Duncan terhadap atribut warna dengan taraf nyata 5% menunjukkan bahwa atribut warna pada cabai giling sebelum sterilisasi berbeda nyata dengan cabai giling setelah sterilisasi ulangan 1 dan ulangan 2, sedangkan cabai giling

setelah sterilisasi ulangan 1 tidak berbeda nyata dengan ulangan 2. Hasil uji Duncan terhadap atribut penerimaan umum dengan taraf nyata 5% menunjukkan bahwa penerimaan umum pada cabai giling sebelum sterilisasi berbeda nyata dengan cabai giling setelah sterilisasi ulangan 1 dan ulangan 2, sedangkan cabai giling setelah sterilisasi ulangan 1 tidak berbeda nyata dengan ulangan 2 (Lampiran 18).

Menurut panelis, warna cabai giling sebelum sterilisasi lebih cerah dan menarik, sedangkan warna cabai giling setelah sterilisasi (ulangan 1 dan ulangan 2) kurang menarik karena sudah tidak secerah cabai giling saat sebelum disterilisasi. Warna merah pada cabai disebabkan oleh pigmen yang terdiri dari campuran karotenoid (0.1-0.5%). Warna cabai giling setelah sterilisasi menjadi kurang menarik karena nilai intensitas warna merah yang menurun karena adanya proses degradasi zat warna merah oleh panas saat sterilisasi.

Beberapa panelis menilai aroma cabai giling setelah sterilisasi lebih tajam namun tidak sekuat aroma cabai segar atau tidak beraroma cabai yang pedas, sedangkan cabai giling sebelum sterilisasi aromanya kurang menyengat namun lebih beraroma cabai segar. Aroma cabai giling yang dihasilkan tidak sekuat aroma cabai segar karena proses pengolahan dan sterilisasi juga menyebabkan menguapnya senyawa-senyawa pembentuk aroma cabai.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 SIMPULAN

1. Cabai giling digolongkan ke dalam bahan pangan asam rendah ($\text{pH} > 4.5$) sehingga proses termal yang harus diaplikasikan pada pengalengan bahan pangan berasam rendah adalah sterilisasi dengan suhu $121.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ atau $250\text{ }^{\circ}\text{F}$.
2. Waktu sterilisasi pada proses pengalengan cabai giling dengan kaleng ukuran 202×308 yang diperoleh melalui metode umum adalah 34 menit untuk ulangan 1 dan 36 menit untuk ulangan 2. Waktu sterilisasi yang diperoleh melalui metode formula adalah 37.54 menit untuk ulangan 1 dan 33.84 menit untuk ulangan 2.
3. Waktu sterilisasi optimum yang ditetapkan untuk sterilisasi cabai giling dalam kaleng ukuran 202×308 adalah 37.54 menit karena memiliki nilai yang lebih besar sehingga dapat menjamin kecukupan panas yang telah ditargetkan pada sterilisasi cabai giling dalam kaleng.
4. Konstanta pemanasan (J_h) untuk cabai giling adalah 1.28 untuk ulangan 1 dan 0.95 untuk ulangan 2 dan konstanta pendinginan (J_c) untuk cabai giling adalah 1.68 untuk ulangan 1 dan 1.57 untuk ulangan 2.
5. Proses termal pada cabai giling akan menyebabkan penurunan nilai warna, vitamin C, dan menaikkan nilai viskositas.
6. Proses termal menyebabkan total mikroba pada cabai giling menurun atau mengalami kematian dan tidak ada pertumbuhan mikroba setelah penyimpanan, sehingga aman untuk dikonsumsi.
7. Proses termal menyebabkan intensitas kepedasan dan hasil uji organoleptik terhadap warna, aroma dan penerimaan umum cabai giling menurun.

5.2 SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui umur simpan cabai giling dalam kaleng.
2. Perlu dilakukan uji intensitas kepedasan dengan menggunakan *capsaicin* sebagai standar pedas yang dinyatakan dalam SHU (*Scoville heat unit*) yaitu satuan skala yang digunakan untuk menentukan tingkat kepedasan.
3. Saat uji intensitas kepedasan perlu dikaji ulang cara menetralkan indera pengecap sebelum menguji sampel selanjutnya, yaitu tidak menggunakan air tapi menggunakan bahan yang mengandung minyak karena senyawa *capsaicin* tidak larut dalam air namun larut dalam minyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Desrosier NW. 1978. Teknologi Pengawetan Pangan. Terjemahan: Muchji Muljoharjo Penerbit Universitas Indonesia (UI Press). Jakarta.
- Fardiaz S. 1992. Mikrobiologi Pengolahan Pangan Lanjut. PAU Pangan dan Gizi, IPB. Bogor.
- Gould WA. 1977. Food Quality Assurance. The AVI Publishing Co., Inc., Westport, Connecticut.
- Govindarajan VS. 1985. Capsicum-Production, Technology, Chemistry, and Quality. Part 1: History, Botany, Cultivation, and Primary Processing. CRC Press. Boca Raton.
- Hariyadi P, Kusnandar F. 2000. Modul Kuliah Prinsip Teknik Pangan. Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Heldman DR, Singh RP. 2001. Introduction to Food Engineering. Academic Press. London.
- Jacobs MB. 1958. The Chemical Analysis of Food and Products. D. Van Nostrand Company Inc, New York
- Jaenah ES. 1994. Karakteristik Pemanasan Pada Proses Pengalengan Rendang. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor.
- Jendrawati. 1989. Pengalengan Jamur Mutiara (*Pleurotus ostreatus*). Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor.
- Jenie BSL. 1988. Sanitasi untuk Industri Pangan. PAU Pangan dan Gizi. IPB, Bogor.
- Kumara D. 1986. Analisis Mutu Kimia dan Mikrobiologik Beberapa Produk Saus Cabe dan Cabe Giling. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor.
- Lukmiati. 2002. Analisis Kelayakan Finansial Pasta Cabai. Skripsi. Fakultas Pertanian IPB. Bogor.
- Meilgaard M, Civille GV, dan Carr BT. 1999. Sensory Evaluation Techniques 3rd Edition. CRC Press. Boca Raton.
- Mochtar E. 2000. Kajian Pengaruh Bahan Pengisi dan Konsentrasi Natrium Benzoat terhadap Mutu Produk Pasta Cabai Merah Hot Beauty . Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Indonesia
- Muchtadi D. 1991. Teknologi Pengalengan Pangan. Bogor
- Muchtadi D. 1994. Makanan Kaleng : Teknologi dan Pengawasan Mutu. Bogor.
- Purseglove JW, Brown EG, Green CL, dan Robbins SRJ. 1981. Spices (Volume I). Longman, London and New York.

- Rahimah S. 2010. Kemasan Logam. <http://blogs.unpad.ac.id/souvia/files/2010/02/kemasan-logam-20101.pdf>. [2 Februari 2011]
- Raintjung MD. 1981. Mempelajari Pengaruh Jenis Cabe Merah, Jenis Antioksidan dan Lama Penyimpanan terhadap Mutu Tepung Cabe Merah. Skripsi. Fakultas Mekanisasi dan Teknologi Hasil Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sabari SD. 1994. Perkembangan Budidaya Cabe di Sumatera Utara. Dalam: Agribisnis Cabe. Santika, A. (ed). Penebar Swadaya, Jakarta.
- Setiadi. 1987. Bertanam Cabai. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Singh RP. 1996. Computer Applications in Food Technology: Use of Spreadsheets in Graphical, Statistical, and Process Analyses. Academic Press. London.
- Stumbo CR. 1973. Thermobacteriology in Food Processing. Academic Press. New York dan London.
- Subarna, Kusnandar F, Adawiyah DR, Syamsir E, Wulandari N, Hariyadi P. 2008. Penuntun Praktikum Teknik Pangan. Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Sudaro Y dan R Dewi Ari. 1988. Pengeringan Cabai. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Wallis TE. 1960. Textbook of Pharmacognosy. J & A Churchill Ltd. London.
- Wati EL. 1997. Kajian Aspek Teknologi Produk-Produk Olahan Cabe Merah (*Capsicum annum* var. *longum*). Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Bogor.
- Watts BM, Ylimaki GL, Jeffery LE, dan Elias LG. 1989. Basic Sensory Methods for Food Evaluation. The International Development Research Centre. Ottawa
- Winarno FG, Fardiaz S dan Fardiaz D. 1980. Pengantar Teknologi Pangan. PT. Gramedia, Jakarta.
- Winarno FG. 1986. Kimia Pangan dan Gizi. Penerbit Gramedia. Jakarta.
- Winarno FG. 2004. Sterilisasi Pangan. M-Brio Press, Bogor.
- Wiryanta BTW. 2008. Bertanam Cabai pada Musim Hujan. AgroMedia Pustaka, Jakarta.
- Zakaria FR, Puspitasari NL, dan Ma'oen S. 1993. Efek Perlakuan Panas terhadap Daya Cerna dan Penyerapan Karotenoid Provitamin A pada Sayuran Bayam, Kacang, dan Daun Singkong serta terhadap Akumulasi Vitamin A pada Hati Tikus. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor, Bogor.



Hik Cipta (Pendidikan) Universitas

1. Diambil sebagai bagian dari jejaring kerja yang terpadu untuk memajukan dan mempercepat belajar
2. Berorientasi pada aspek keberagaman pendidikan, penelitian, pelayanan kerja ilmiah, penelitian kritis atau tujuan untuk masalah
3. Berorientasi pada aspek keberagaman yang wajar IPB University
4. Berorientasi pada aspek keberagaman yang wajar IPB University
5. Berorientasi pada aspek keberagaman yang wajar IPB University
6. Berorientasi pada aspek keberagaman yang wajar IPB University

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data penetrasi panas pada penentuan titik terdingin (*cold point*)

Menit ke-	Titik 1/3 tinggi		Titik 5/12 tinggi		Titik 1/2 tinggi	
	°C	°F	°C	°F	°C	°F
0	27.7	81.9	27.9	82.2	28.0	82.4
2	29.1	84.4	29.0	84.2	29.1	84.4
4	33.8	92.8	33.1	91.6	32.5	90.5
6	42.1	107.8	40.2	104.4	38.8	101.8
8	52.5	126.5	49.5	121.1	47.0	116.6
10	63.9	147.0	60.7	141.3	55.9	132.6
12	73.7	164.7	70.3	158.5	65.0	149.0
14	82.2	180.0	78.9	174.0	73.6	164.5
16	88.9	192.0	87.4	189.3	80.9	177.6
18	93.9	201.0	92.9	199.2	86.9	188.4
20	97.7	207.9	97.8	208.0	91.6	196.9
22	101.3	214.3	102.5	216.5	96.0	204.8
24	104.7	220.5	106.6	223.9	99.9	211.8
26	107.2	225.0	109.8	229.6	103.5	218.3
28	109.6	229.3	112.9	235.2	106.3	223.3
30	112.2	234.0	115.6	240.1	109.3	228.7
32	114.0	237.2	117.4	243.3	112.0	233.6
34	115.3	239.5	118.2	244.8	114.1	237.4
36	116.1	241.0	118.7	245.7	115.6	240.1
38	117.0	242.6	119.1	246.4	116.8	242.2
40	117.2	243.0	118.6	245.5	117.4	243.3
42	117.3	243.1	118.4	245.1	117.6	243.7
44	117.5	243.5	118.4	245.1	117.7	243.9

Lampiran 2. Rekapitulasi data uji penetrasi panas (Ulangan 1)

Waktu (menit)	Tc1		Tc2		Tc3		Tr	
	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F
0	72.0	161.6	65.2	149.36	64.2	147.56	108.4	227.12
2	73.9	165.02	67.1	152.78	66.5	151.7	115.8	240.44
4	79.0	174.2	71.3	160.34	70.7	159.26	115.9	240.62
6	85.8	186.44	76.9	170.42	76.4	169.52	119.9	247.82
8	93.0	199.4	82.8	181.04	82.5	180.5	120.0	248
10	99.7	211.46	88.6	191.48	88.3	190.94	120.1	248.18
12	105.9	222.62	94.0	201.2	93.7	200.66	120.4	248.72
14	111.3	232.34	98.7	209.66	98.4	209.12	118.9	246.02
16	115.8	240.44	102.6	216.68	102.4	216.32	118.3	244.94
18	119.5	247.1	105.8	222.44	105.6	222.08	120.6	249.08
20	122.5	252.5	108.5	227.3	108.3	226.94	117.9	244.22
22	125.1	257.18	110.7	231.26	110.5	230.9	116.4	241.52
24	126.8	260.24	112.2	233.96	112.0	233.6	112.9	235.22
26	127.8	262.04	113.1	235.58	112.9	235.22	120.9	249.62
28	128.6	263.48	113.9	237.02	113.6	236.48	119.8	247.64
30	129.4	264.92	114.6	238.28	114.3	237.74	120.2	248.36
32	130.4	266.72	115.6	240.08	115.2	239.36	119.6	247.28
34	131.3	268.34	116.3	241.34	116.0	240.8	118.9	246.02
36	132.1	269.78	116.9	242.42	116.6	241.88	119.1	246.38
38	132.6	270.68	117.4	243.32	117.2	242.96	120.7	249.26
40	133.1	271.58	117.9	244.22	117.5	243.5	117.8	244.04
42	133.6	272.48	118.2	244.76	117.9	244.22	120.8	249.44
44	134.1	273.38	118.7	245.66	118.5	245.3	120.5	248.9
46	134.5	274.1	119.2	246.56	118.7	245.66	111.8	233.24
48	134.3	273.74	119.5	247.1	117.8	244.04	100.4	212.72
50	132.8	271.04	118.9	246.02	115.2	239.36	92.5	198.5
52	130.7	267.26	118.0	244.4	110.6	231.08	83.1	181.58
54	126.5	259.7	115.9	240.62	100.1	212.18	65.3	149.54
56	119.8	247.64	109.6	229.28	89.5	193.1	45.8	114.44
58	109.1	228.38	100.5	212.9	81.5	178.7	43.8	110.84
60	100.1	212.18	91.5	196.7	74.7	166.46	43.6	110.48
62	92.1	197.78	83.9	183.02	65.4	149.72	41.4	106.52
64	84.9	184.82	77.1	170.78	61.7	143.06	34.0	93.2
66	77.7	171.86	71.3	160.34	56.7	134.06	33.0	91.4
68	64.0	147.2	63.3	145.94	52.4	126.32	32.5	90.5
70	63.1	145.58	58.1	136.58	46.8	116.24	32.0	89.6
72	41.2	106.16	51.9	125.42	37.0	98.6	31.1	87.98
74	41.2	106.16	46.1	114.98	33.2	91.76	31.1	87.98

Keterangan : Tc = Suhu termokopel, Tr = Suhu retort

Lampiran 3. Rekapitulasi data uji penetrasi panas (Ulangan 2)

Waktu (menit)	Tc1		Tc2		Tc3		Tr	
	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F
0	66.2	151.16	61.2	142.16	60.8	141.44	90.9	195.62
2	67.8	154.04	61.7	143.06	61.2	142.16	111.8	233.24
4	70.7	159.26	64.5	148.1	64.0	147.2	117.0	242.6
6	76.6	169.88	69.7	157.46	68.7	155.66	118.0	244.4
8	83.9	183.02	76.1	168.98	74.7	166.46	120.0	248
10	91.3	196.34	82.5	180.5	81.3	178.34	120.6	249.08
12	98.6	209.48	88.4	191.12	87.0	188.6	120.2	248.36
14	104.5	220.1	93.7	200.66	92.5	198.5	118.6	245.48
16	109.9	229.82	98.5	209.3	97.3	207.14	118.3	244.94
18	114.3	237.74	102.5	216.5	101.3	214.34	120.1	248.18
20	118.0	244.4	105.6	222.08	104.5	220.1	119.2	246.56
22	121.4	250.52	108.4	227.12	107.3	225.14	119.5	247.1
24	124.0	255.2	110.8	231.44	109.5	229.1	120.4	248.72
26	126.3	259.34	112.8	235.04	111.4	232.52	120.1	248.18
28	128.3	262.94	114.4	237.92	113.0	235.4	120.5	248.9
30	129.9	265.82	115.8	240.44	114.2	237.56	120.2	248.36
32	131.3	268.34	117.2	242.96	115.3	239.54	119.3	246.74
34	132.3	270.14	117.9	244.22	116.0	240.8	118.3	244.94
36	132.9	271.22	118.2	244.76	116.7	242.06	118.9	246.02
38	133.3	271.94	118.3	244.94	117.1	242.78	120.9	249.62
40	133.7	272.66	118.8	245.84	117.4	243.32	120.2	248.36
42	134.2	273.56	119.3	246.74	117.8	244.04	119.8	247.64
44	134.7	274.46	119.5	247.1	118.1	244.58	117.4	243.32
46	134.6	274.28	118.4	245.12	118.7	245.66	108.9	228.02
48	132.7	270.86	116.1	240.98	118.6	245.48	103.3	217.94
50	129.5	265.1	110.7	231.26	117.5	243.5	85.1	185.18
52	122.1	251.78	101.0	213.8	115.6	240.08	74.3	165.74
54	111.9	233.42	89.7	193.46	111.6	232.88	54.9	130.82
56	101.2	214.16	81.9	179.42	104.4	219.92	43.3	109.94
58	91.4	196.52	75.1	167.18	95.4	203.72	43.4	110.12
60	83.9	183.02	69.6	157.28	87.3	189.14	44.8	112.64
62	77.6	171.68	65.0	149	80.4	176.72	41.2	106.16
64	56.5	133.7	44.2	111.56	59.9	139.82	35.9	96.62
66	57.3	135.14	44.6	112.28	56.1	132.98	34.0	93.2
68	50.4	122.72	44.5	112.1	45.3	113.54	33.0	91.4
70	47.1	116.78	36.3	97.34	43.2	109.76	32.6	90.68

Keterangan : Tc = Suhu termokopel, Tr = Suhu retort

Lampiran 4. Hasil pengolahan data uji penetrasi panas dengan Metode Umum (Ulangan 1, Tc3)

Waktu (menit)	Suhu Produk (°F)	Letalitas	Luas	Nilai Fo (menit)
0	147.56	0.0000		0.0000
2	151.70	0.0000	0.0000	0.0000
4	159.26	0.0000	0.0000	0.0000
6	169.52	0.0000	0.0000	0.0001
8	180.50	0.0001	0.0002	0.0002
10	190.94	0.0005	0.0007	0.0009
12	200.66	0.0018	0.0023	0.0032
14	209.12	0.0054	0.0072	0.0104
16	216.32	0.0135	0.0188	0.0292
18	222.08	0.0281	0.0416	0.0708
20	226.94	0.0523	0.0805	0.1512
22	230.90	0.0869	0.1392	0.2905
24	233.60	0.1227	0.2096	0.5000
26	235.22	0.1510	0.2737	0.7737
28	236.48	0.1774	0.3283	1.1021
30	237.74	0.2084	0.3858	1.4878
32	239.36	0.2564	0.4648	1.9526
34	240.80	0.3082	0.5646	2.5172
36	241.88	0.3539	0.6621	3.1794
38	242.96	0.4063	0.7602	3.9396
40	243.50	0.4354	0.8417	4.7814
42	244.22	0.4774	0.9128	5.6942
44	245.30	0.5481	1.0255	6.7197

Lampiran 5. Hasil pengolahan data uji penetrasi panas dengan Metode Umum (Ulangan 2, Tc3)

Waktu (menit)	Suhu Produk (°F)	Letalitas	Luas	Nilai Fo (menit)
0	141.44	0.0000		0.0000
2	142.16	0.0000	0.0000	0.0000
4	147.20	0.0000	0.0000	0.0000
6	155.66	0.0000	0.0000	0.0000
8	166.46	0.0000	0.0000	0.0000
10	178.34	0.0001	0.0001	0.0002
12	188.60	0.0004	0.0005	0.0007
14	198.50	0.0014	0.0018	0.0024
16	207.14	0.0042	0.0055	0.0080
18	214.34	0.0104	0.0146	0.0226
20	220.10	0.0218	0.0323	0.0548
22	225.14	0.0416	0.0634	0.1182
24	229.10	0.0690	0.1106	0.2288
26	232.52	0.1069	0.1759	0.4047
28	235.40	0.1545	0.2614	0.6661
30	237.56	0.2037	0.3581	1.0242
32	239.54	0.2624	0.4660	1.4902
34	240.80	0.3082	0.5706	2.0608
36	242.06	0.3622	0.6704	2.7312
38	242.78	0.3971	0.7592	3.4904
40	243.32	0.4255	0.8226	4.3130
42	244.04	0.4665	0.8920	5.2050
44	244.58	0.4999	0.9664	6.1715

Lampiran 6. Perhitungan penentuan waktu sterilisasi optimum cabai giling dalam kaleng dengan Metode Formula (Ulangan 1, Tc3)

- Fase linier kurva suhu pemanasan memotong sumbu Y pada 119.3
Untuk melalui 1 siklus log perlu waktu (f_h) 27.8 menit

- $T_r = 248^\circ\text{F}$, maka persamaan garisnya adalah:
 $\log(248 - T) = \log(119.3) - (1/27.8)t$

$$\log(j_h) = \log(T_r - T_{pih}) - \log(T_r - T_i)$$

$$j_h = (T_r - T_{pih}) / (T_r - T_i) = 119.3 / (248 - 147.56) = 1.187$$

sehingga:

$$\log(T_r - T_a) = \log(T_r - T_i) + \log j_h$$

$$\log(T_r - T) = \log[j_h(T_r - T_i)] - t/f_h$$

Persamaan garis dapat ditulis menjadi:

$$\log(248 - T) = \log[1.187(248 - 147.56)] - t/27.8$$

$$\log(248 - T) = 2.076 - t/27.8$$

- *Ball processing time* (t_B) dimulai pada $0.58(t_c)$.

$$t_c = \text{CUT} = 8 \text{ menit}$$

$$t_B = 0.58(8) = 4.64$$

dengan menggunakan metode Ball, persamaan kurva menjadi:

$$\log(T_r - T_B) = \log[j_h(T_r - T_i)] - t_B/f_h$$

j_h dicari dari $(T_r - T_{pih})$ pada $t_B = 0$

$$T_r - T_{pih} = 128.7$$

$$T_r - T_i = 248 - 147.56 = 100.44$$

sehingga $j_h = (T_r - T_{pih}) / (T_r - T_i) = 128.7 / 100.44 = 1.28$

Persamaan untuk prediksi suhu menjadi:

$$\log(248 - T) = \log[1.28(248 - 147.56)] - t/27.8$$

$$\log(248 - T) = 2.109 - t/27.8$$

- Dari tabel data suhu retort diketahui $t_B = 44 - 4.64 = 39.36$ menit
 $\log(248 - T) = \log(g) = 2.109 - 39.36/27.8 = 0.693$

Dari tabel nilai-nilai f_h/U vs $\log(g)$, maka diperoleh nilai $f_h/U = 4.39$

$$F_0 = \frac{f_h \times L_r}{f_h/U}$$

$$L_r = L = 10^{[(T-250)/z]}$$

Mikroba target *C. botulinum* → $z = 18\text{ }^{\circ}\text{F}$
 $D_{250} = 0.2\text{ menit}$

Maka $L = 10^{(-2/18)} = 0.774$
 sehingga $F_o = 27.8 \times 0.774 / 4.39 = 4.9$

Jadi Fo proses adalah 4.9 menit.

- Jumlah desimal reduksi mikroba dengan proses tersebut adalah (F_o/D_{250})
 $F_o/D_{250} = 4.9/0.2 = 24.507$

- Fo yang diinginkan adalah:
 $F_o = D \log (a/b) = 0.2 \times 12 = 2.4\text{ menit}$

$$f_h/U = f_h \times L/F_o = 27.8 \times 0.774/2.4 = 8.9655$$

f_h/U	8.95	9.00
$\log (g)$	0.925	0.927

$$\log (g) = 0.92562$$

$$I_h = (T_r - T_i) = 248 - 147.56 = 100.44$$

$$J_h I_h = 1.28 \times 100.44 = 128.5632$$

$$\log J_h I_h = 2.109$$

$$\log J_h I_h - \log (g) = 2.109 - 0.92562 = 1.18338$$

$$t_B = f_h [\log J_h I_h - \log (g)] = 27.8 \times 1.18338 = 32.89\text{ menit}$$

Jika diinginkan Fo = 2.4 menit, maka perlu waktu proses (Ball) 32.89 menit

Operator time : 32.89 – (0.42 x 8) = 29.54 menit

Waktu sterilisasi = CUT + t_p = 8 + 29.54 = 37.54 menit

Lampiran 7. Perhitungan penentuan waktu sterilisasi optimum cabai giling dalam kaleng dengan Metode Formula (Ulangan 2, Tc3)

- Fase linier kurva suhu pemanasan memotong sumbu Y pada 146.5 dan untuk melalui 1 siklus log perlu waktu (f_h) 26.8 menit.

- $T_r = 248$ °F, maka persamaan garisnya adalah:
 $\log (248 - T) = \log (146.5) - (1/26.8)t$

$$\log (j_h) = \log (T_r - T_{pih}) - \log (T_r - T_i)$$

$$j_h = (T_r - T_{pih}) / (T_r - T_i) = 146.5 / (248 - 141.44) = 1.375$$

sehingga:

$$\log (T_r - T_a) = \log (T_r - T_i) + \log j_h$$

$$\log (T_r - T) = \log [j_h (T_r - T_i)] - t/f_h$$

Persamaan garis dapat ditulis menjadi:

$$\log (248 - T) = \log [1.375 (248 - 141.44)] - t/26.8$$

$$\log (248 - T) = 2.1658 - t/26.8$$

- Ball processing time (t_B) dimulai pada $0.58(t_c)$.
 $t_c = \text{CUT} = 8$ menit
 $t_B = 0.58(8) = 4.64$

dengan menggunakan metode Ball, persamaan kurva menjadi:

$$\log(T_r - T_B) = \log [j_h (T_r - T_i)] - t_B/f_h$$

j_h dicari dari ($T_r - T_{pih}$) pada $t_B = 0$

$$T_r - T_{pih} = 101.5$$

$$T_r - T_i = 248 - 141.44 = 106.56$$

sehingga $j_h = (T_r - T_{pih}) / (T_r - T_i) = 101.5/106.56 = 0.9525$

Persamaan untuk prediksi suhu menjadi:

$$\log (248 - T) = \log [0.9525 (248 - 141.44)] - t/26.8$$

$$\log (248 - T) = 2.006 - t/26.8$$

- Dari tabel data suhu retort diketahui $t_B = 44 - 4.64 = 39.36$ menit
 $\log (248 - T) = \log (g) = 2.006 - 39.36/26.8 = 0.538$

Dari tabel nilai-nilai f_h/U vs $\log (g)$, maka diperoleh nilai $f_h/U = 3.08$

$$F_0 = \frac{f_h \times L_r}{f_h/U}$$

$$L_r = L = 10^{[(T-250)/z]}$$

Mikroba target *C. botulinum* → $z = 18\text{ }^{\circ}\text{F}$
 $D_{250} = 0.2$ menit

Maka $L = 10^{(-2/18)} = 0.774$
 sehingga $F_0 = 26.8 \times 0.774 / 3.08 = 6.735$

Jadi F_0 proses adalah 6.735 menit

- Jumlah desimal reduksi mikroba dengan proses tersebut adalah (F_0/D_{250})
 $F_0/D_{250} = 6.735/0.2 = 33.67$

- F_0 yang diinginkan adalah:
 $F_0 = D \log (a/b) = 0.2 \times 12 = 2.4$ menit

$$f_h/U = f_h \times L/F_0 = 26.8 \times 0.774/2.4 = 8.643$$

f_h/U	8.60	8.65
$\log (g)$	0.914	0.916

$$\log (g) = 0.91572$$

$$I_h = (T_r - T_i) = 248 - 141.44 = 106.56$$

$$J_h I_h = 0.9525 \times 106.56 = 101.4984$$

$$\text{Log } J_h I_h = 2.006$$

$$\text{Log } J_h I_h - \log (g) = 2.006 - 0.91572 = 1.09028$$

$$t_B = f_h [\text{log } J_h I_h - \log (g)] = 26.8 \times 1.09028 = 29.2 \text{ menit}$$

Jika diinginkan $F_0 = 2.4$ menit, maka perlu waktu proses (Ball) 29.2 menit

Operator time : $29.2 - (0.42 \times 8) = 25.84$ menit

Waktu sterilisasi = $CUT + t_p = 8 + 25.84 = 33.84$ menit

Lampiran 8. Langkah-langkah pemrograman perhitungan proses termal menggunakan worksheet pada Microsoft Excel

1. Buka *worksheet* baru
2. Pada sel A1:B7 ketik teks seperti pada Tabel 8.
3. Pada sel A9:A17 ketik teks seperti pada Tabel 8.
4. Pada sel B10 masukkan rumus untuk menghitung F_i
$$=10^{((250-B2)/18)}$$
5. Pada sel B11 masukkan rumus untuk menghitung $\log J_h \cdot I_h$
$$=LOG(B4*(B2-B3))$$
6. Pada sel B12 masukkan rumus untuk menghitung f_h/U
$$=B5/(B6*B10)$$
7. Pada sel B13 masukkan rumus untuk menghitung $\log (f_h/U)$
$$=LOG(B12)$$
8. Pada sel B14 masukkan rumus untuk menghitung g
$$=IF(B12<0.6,(0.71*B12-1)/B12,0.042808*B13^5-0.35709*B13^4+1.1929*B13^3-2.1296*B13^2+2.4847*B13-0.28274)$$
9. Pada sel B15 masukkan rumus untuk menghitung waktu proses (t_B)
$$=B5*(B11-B14)$$
10. Pada sel B16 masukkan rumus untuk menghitung *operator time* (t_p)
$$=B15-(0.42*B7)$$
11. Pada sel B17 masukkan rumus untuk menghitung waktu sterilisasi
$$=B7+B16$$

Lampiran 9. Rekapitulasi data hasil analisis cabai giling

Kode Sampel	Ulangan	pH	Viskositas (cp)	Vitamin C (mg/100 g)
SS	1	4.86	20000	162.94
	2	5.02	19500	156.88
	3	5.00	19500	
U1	1	5.09	27000	78.93
	2	5.01	27500	77.18
	3	5.09	28000	
U2	1	5.09	26000	78.31
	2	5.00	25000	75.70
	3	5.08	25000	

Keterangan:

- SS = cabai giling sebelum dikalengkan/sebelum disterilisasi
- U1 = cabai giling setelah dikalengkan/setelah disterilisasi ulangan 1
- U2 = cabai giling setelah dikalengkan/setelah disterilisasi ulangan 2

Lampiran 10. Uji keragaman pada uji pH cabai giling

Between-Subjects Factors

		N
Sampel	SS	3
	U1	3
	U2	3

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable:pH

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	.020 ^a	2	.010	2.474	.165
Intercept	227.406	1	227.406	5.607E4	.000
Sampel	.020	2	.010	2.474	.165
Error	.024	6	.004		
Total	227.451	9			
Corrected Total	.044	8			

a. R Squared = .452 (Adjusted R Squared = .269)

pH

Duncan

Perlakuan	N	Subset
		1
SS	3	4.9600
U2	3	5.0567
U1	3	5.0633
Sig.		.103

Lampiran 11. Uji keragaman pada uji viskositas cabai giling

Between-Subjects Factors

		N
Sampel	SS	3
	U1	3
	U2	3

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Viskositas

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	9.817E7 ^a	2	4.908E7	220.875	.000
Intercept	5.256E9	1	5.256E9	2.365E4	.000
Sampel	9.817E7	2	4.908E7	220.875	.000
Error	1333333.333	6	222222.222		
Total	5.356E9	9			
Corrected Total	9.950E7	8			

a. R Squared = .987 (Adjusted R Squared = .982)

Viskositas

Duncan

Perlakuan	N	Subset		
		1	2	3
SS	3	1.97E4		
U2	3		2.53E4	
U1	3			2.75E4
Sig.		1.000	1.000	1.000

Lampiran 12. Uji keragaman pada uji warna cabai giling

1. Tingkat kecerahan (L)

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	28.902	2	14.451	25.197	.001
Within Groups	3.441	6	.574		
Total	32.343	8			

L

Duncan

Sampel	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
U2	3	39.2800		
U1	3		40.9233	
SS	3			43.6267
Sig.		1.000	1.000	1.000

2. Intensitas warna merah (a)

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	47.876	2	23.938	15.410	.004
Within Groups	9.320	6	1.553		
Total	57.196	8			

a

Duncan

Sampel	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
U2	3	29.8267	
U1	3	31.4867	
SS	3		35.3333
Sig.		.154	1.000

3. Intensitas warna kuning (b)

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	28.698	2	14.349	5.615	.042
Within Groups	15.333	6	2.555		
Total	44.031	8			

b

Duncan

Sampel	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
U2	3	22.0567	
U1	3		25.2700
SS	3		26.2333
Sig.		1.000	.488

Lampiran 13. Uji keragaman pada uji total mikroba cabai giling

Between-Subjects Factors

	N
Perlakuan 2 minggu penyimpanan	2
Sebelum sterilisasi	2
Sesudah sterilisasi	2

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Total Mikroba

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	3.880E9 ^a	2	1.940E9	2.376E6	.000
Intercept	1.952E9	1	1.952E9	2.390E6	.000
Perlakuan	3.880E9	2	1.940E9	2.376E6	.000
Error	2450.000	3	816.667		
Total	5.832E9	6			
Corrected Total	3.880E9	5			

a. R Squared = 1.000 (Adjusted R Squared = 1.000)

Total Mikroba

Duncan

Perlakuan	N	Subset	
		1	2
2 minggu penyimpanan	2	45.00	
Sesudah sterilisasi	2	60.00	
Sebelum sterilisasi	2		5.40E4
Sig.		.636	1.000

Lampiran 14. Uji keragaman pada uji vitamin C cabai giling

Between-Subjects Factors

		N
Sampel	SS	2
	U1	2
	U2	2

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Vitamin C

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	9049.722 ^a	2	4524.861	582.623	.000
Intercept	66137.401	1	66137.401	8.516E3	.000
Sampel	9049.722	2	4524.861	582.623	.000
Error	23.299	3	7.766		
Total	75210.421	6			
Corrected Total	9073.021	5			

a. R Squared = .997 (Adjusted R Squared = .996)

Vitamin C

Duncan

Sampel	N	Subset	
		1	2
U2	2	77.0050	
U1	2	78.0550	
SS	2		1.5991E2
Sig.		.731	1.000

Lampiran 15. Hasil uji intensitas kepedasan cabai giling

No. Panelis	SS	U1	U2
1	3.70	6.60	8.15
2	8.90	7.00	7.90
3	1.00	6.10	3.30
4	10.10	2.35	5.50
5	11.70	2.10	13.30
6	0.80	2.20	3.60
7	5.50	1.00	2.00
8	11.70	6.80	7.95
9	9.50	6.10	7.70
10	5.00	8.20	7.20
11	5.35	0.75	1.10
12	9.25	8.40	7.55
13	11.90	0.00	0.60
14	9.25	11.20	10.80
15	8.50	6.00	7.30
16	8.20	6.60	6.60
17	3.10	5.20	5.10
18	9.85	7.90	7.90
19	3.30	11.90	10.20
20	1.15	4.50	4.60
21	9.25	2.00	2.25
22	7.00	5.15	4.20
23	9.10	7.10	7.00
24	6.90	5.30	4.00
25	7.75	6.90	6.20
26	10.40	8.00	7.20
27	6.70	5.20	4.40
28	11.10	3.90	3.80
29	6.10	5.10	4.50
30	7.90	7.10	6.90
Rata-rata	7.33	5.56	5.96

Keterangan: Skala garis *none* cm () – 15 cm (*very*)

Kode: SS = cabai giling sebelum dikalengkan/sebelum disterilisasi
 U1 = cabai giling setelah dikalengkan/setelah disterilisasi ulangan 1
 U2 = cabai giling setelah dikalengkan/setelah disterilisasi ulangan 2

Lampiran 16. Uji keragaman pada uji intensitas kepedasan cabai giling

Between-Subjects Factors

		N
Sampel	SS	30
	U1	30
	U2	30

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Intensitas Kepedasan

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	52.020 ^a	2	26.010	2.905	.060
Intercept	3551.968	1	3551.968	396.737	.000
Sampel	52.020	2	26.010	2.905	.060
Error	778.906	87	8.953		
Total	4382.895	90			
Corrected Total	830.927	89			

a. R Squared = .063 (Adjusted R Squared = .041)

Intensitas Kepedasan

Duncan

Sampel	N	Subset	
		1	2
U1	30	5.5550	
U2	30	5.9600	5.9600
SS	30		7.3317
Sig.		.601	.079

Lampiran 17. Hasil uji hedonik cabai giling

No. Panelis	Warna			Aroma			Penerimaan Umum		
	SS	U1	U2	SS	U1	U2	SS	U1	U2
1	6	6	5	6	6	6	6	6	6
2	4	5	5	3	3	3	4	5	5
3	6	5	5	2	2	2	5	2	1
4	6	2	2	2	1	1	3	2	2
5	7	2	7	2	2	2	6	2	6
6	7	6	6	4	5	5	6	6	6
7	6	4	3	4	3	3	5	2	2
8	6	3	3	6	3	3	6	3	3
9	6	2	4	3	4	3	3	4	5
10	7	5	6	3	4	3	5	4	4
11	5	3	3	3	4	4	4	4	5
12	6	6	6	4	3	3	5	6	5
13	6	6	6	6	1	1	6	3	3
14	7	6	5	6	7	6	7	6	5
15	5	5	6	4	5	3	4	5	5
16	6	5	5	3	6	5	5	5	4
17	6	2	2	6	4	4	6	4	4
18	6	4	3	6	7	5	6	6	3
19	5	6	5	2	5	6	5	3	6
20	6	5	4	3	5	4	5	6	5
21	7	2	5	6	2	3	6	2	5
22	6	3	6	5	1	1	3	2	3
23	7	5	5	6	5	5	7	5	5
24	7	5	5	6	5	5	6	5	5
25	7	5	5	6	5	5	6	5	5
26	6	5	5	6	4	4	6	4	4
27	7	5	5	6	5	5	6	5	5
28	7	5	5	6	5	5	7	5	5
29	7	5	5	6	5	5	6	5	5
30	7	4	4	6	5	5	7	5	5
Rata-rata	6.23	4.40	4.70	4.57	4.07	3.83	5.40	4.23	4.40

Keterangan: Nilai kesukaan 1 = sangat tidak suka
 2 = tidak suka
 3 = agak tidak suka
 4 = netral
 5 = agak suka
 6 = suka
 7 = sangat suka

Kode : SS = cabai giling sebelum dikalengkan/sebelum disterilisasi
 U1 = cabai giling setelah dikalengkan/setelah disterilisasi ulangan 1
 U2 = cabai giling setelah dikalengkan/setelah disterilisasi ulangan 2

Lampiran 18. Uji keragaman pada uji hedonik cabai giling

1. Warna

Between-Subjects Factors

		N
Sampel	SS	30
	U1	30
	U2	30

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Warna

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	58.022 ^a	2	29.011	21.597	.000
Intercept	2351.111	1	2351.111	1.750E3	.000
Sampel	58.022	2	29.011	21.597	.000
Error	116.867	87	1.343		
Total	2526.000	90			
Corrected Total	174.889	89			

a. R Squared = .332 (Adjusted R Squared = .316)

Warna

Duncan

Sampel	N	Subset	
		1	2
U1	30	4.40	
U2	30	4.70	
SS	30		6.23
Sig.		.319	1.000

2. Aroma

Between-Subjects Factors

		N
Sampel	SS	30
	U1	30
	U2	30

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Aroma

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	8.422 ^a	2	4.211	1.685	.191
Intercept	1554.178	1	1554.178	621.957	.000
Sampel	8.422	2	4.211	1.685	.191
Error	217.400	87	2.499		
Total	1780.000	90			
Corrected Total	225.822	89			

a. R Squared = .037 (Adjusted R Squared = .015)

Aroma

Duncan

Sampel	N	Subset
		1
U2	30	3.83
U1	30	4.07
SS	30	4.57
Sig.		.093

3. Penerimaan Umum

Between-Subjects Factors

		N
Sampel	SS	30
	U1	30
	U2	30

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Penerimaan Umum

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	23.889 ^a	2	11.944	7.129	.001
Intercept	1969.344	1	1969.344	1.175E3	.000
Sampel	23.889	2	11.944	7.129	.001
Error	145.767	87	1.675		
Total	2139.000	90			
Corrected Total	169.656	89			

a. R Squared = .141 (Adjusted R Squared = .121)

Penerimaan Umum

Duncan

Sampel	N	Subset	
		1	2
U1	30	4.23	
U2	30	4.40	
SS	30		5.40
Sig.		.619	1.000

Lampiran 19. Format kuisisioner uji intensitas kepedasan

Nama:

Hari, tanggal pengujian:

UJI INTENSITAS KEPEDASAN CABAI GILING DALAM KALENG

Petunjuk:

Dihadapan Anda terdapat tiga sampel cabai giling

1. Cicipi tiap sampel mulai dari paling kiri hingga ke kanan
2. Cicipi sampel dengan sendok yang disediakan, bukan dari sendok dari gelas sampel
3. Setiap selesai mencicipi satu sampel, netralkan mulut Anda dengan air yang telah disediakan
4. Berikan penilaian tiap sampel mengenai **atribut kepedasan** cabai giling dengan tanda garis, lalu isi komentar setelah penilaian
5. Jangan membandingkan sampel satu dengan lainnya

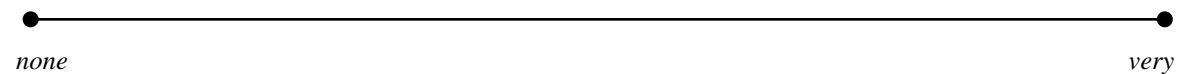
Kode sampel:

Kepedasan



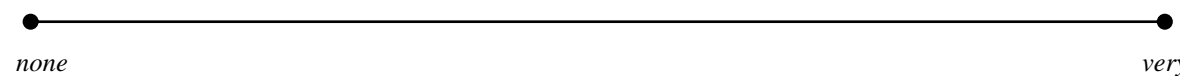
Kode sampel:

Kepedasan



Kode sampel:

Kepedasan



Komentar:

.....

.....

.....

~ Terima kasih atas partisipasinya ~

Lampiran 20. Format kuisioner uji hedonik

Nama:

Hari, tanggal pengujian:

UJI RATING HEDONIK CABAI GILING DALAM KALENG

Petunjuk:

Dihadapan Anda terdapat tiga sampel cabai giling

1. Cicipi tiap sampel mulai dari paling kiri hingga ke kanan
2. Cicipi sampel dengan sendok yang disediakan, bukan dari sendok dari gelas sampel
3. Setiap selesai mencicipi satu sampel, netralkan mulut Anda dengan air yang telah disediakan
4. Berikan penilaian dengan tanda (√), lalu isi komentar setelah penilaian
5. Jangan membandingkan sampel satu dengan lainnya

• **Warna**

Kode/Nilai			
Sangat suka			
Suka			
Agak suka			
Netral			
Agak tidak suka			
Tidak suka			
Sangat tidak suka			

Komentar:

• **Aroma**

Kode/Nilai			
Sangat suka			
Suka			
Agak suka			
Netral			
Agak tidak suka			
Tidak suka			
Sangat tidak suka			

Komentar:

• **Penerimaan Umum**

Kode/Nilai			
Sangat suka			
Suka			
Agak suka			
Netral			
Agak tidak suka			
Tidak suka			
Sangat tidak suka			

Komentar:

~ Terima kasih atas partisipasinya ~

Lampiran 21. Dokumentasi penelitian



Pencucian cabai segar

Air mengalir



Perendaman cabai dengan larutan klorin 200 ppm

Larutan klorin 200 ppm



Cabai diblansir

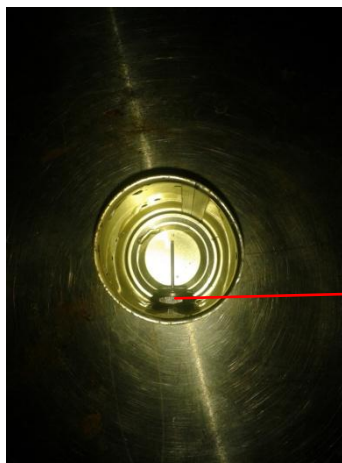
blancher



Penggilingan cabai dengan *chopper*



Penimbangan cabai giling dalam kaleng

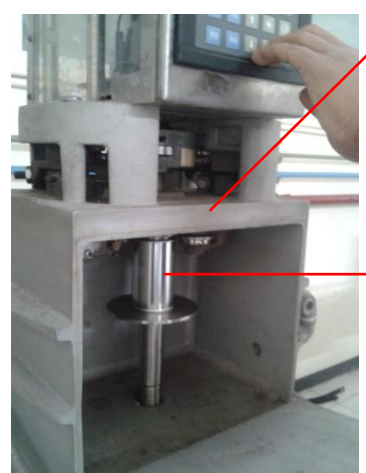


Termokopel di dalam kaleng

termokopel



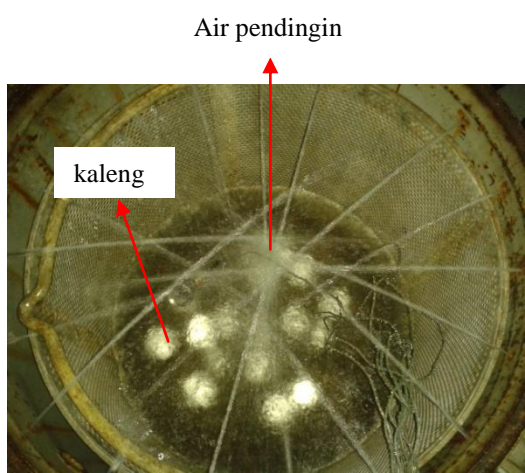
Proses *exhausting* cabai giling dalam kaleng



Penutupan kaleng dengan *seamer*



Retort ditutup rapat untuk proses sterilisasi



Proses pendinginan setelah sterilisasi

Hasil Cipta Milik IPB University
 1. Dilakukan dengan bagian-bagian yang sudah ada
 2. Pengujian hasil uji coba kepastuhan sendiri
 3. Pengujian hasil uji coba kepastuhan sendiri
 4. Pengujian hasil uji coba kepastuhan sendiri
 5. Pengujian hasil uji coba kepastuhan sendiri
 6. Pengujian hasil uji coba kepastuhan sendiri
 7. Pengujian hasil uji coba kepastuhan sendiri
 8. Pengujian hasil uji coba kepastuhan sendiri
 9. Pengujian hasil uji coba kepastuhan sendiri
 10. Pengujian hasil uji coba kepastuhan sendiri