

DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/psnp.20030>

MEKANISME STERILISASI MENGGUNAKAN RETORT VERTIKAL PADA PROSES PENGOLAHAN IKAN DALAM KALENG DI PT.PHI

STERILIZATION MECHANISM USING VERTICAL RETORT IN CANNED FISH PROCESSING PROCESS AT PT.PHI

Tegar Bima Dwicahya¹, I Ketut Sumandiarsa¹, Nur Hidayah¹

¹Politeknik Ahli Usaha Perikanan Jakarta, Jl. AUP Pasar Minggu, Jakarta Selatan

*E-mail: tegarbima201@gmail.com

ABSTRAK

Proses sterilisasi merupakan tahapan kritis dalam pengolahan ikan sarden kaleng untuk memastikan keamanan pangan dan stabilitas produk selama penyimpanan. PT.PHI menggunakan retort vertikal tipe steam-water dalam proses sterilisasi pada produk sarden kaleng dengan media vegetable oil. Pengamatan dilakukan secara deskriptif kualitatif melalui observasi langsung, pencatatan suhu dan tekanan, serta wawancara dengan operator retort. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa alur sterilisasi terdiri dari tahapan pengisian keranjang, venting, pre-heating, sterilisasi, cooling, hingga pencatatan hasil. Tahap venting mencapai suhu rata-rata 110°C, pre-heating 118,18°C, dan tahap sterilisasi berlangsung pada suhu 118,74°C dengan tekanan 0,87 kg/cm² selama 90 menit. Tahap cooling dilakukan hingga suhu produk turun menjadi ±32-40°C untuk menghentikan pemasakan berlebihan dan menjaga integritas fisik kaleng, Pola kestabilan suhu dan tekanan menunjukkan bahwa distribusi panas dalam retort berlangsung merata dan terkendali. Prosedur ini dinilai efektif dalam mencapai inaktivasi mikroba serta mempertahankan mutu produk dengan menjaga kestabilan suhu dan tekanan. Secara keseluruhan, mekanisme kerja retort vertikal di PT. PHI telah berjalan sesuai standar dan mampu menghasilkan proses sterilisasi yang aman, stabil, dan efisien.

Kata kunci: sterilisasi, retort vertikal, sarden kaleng, suhu, tekanan

ABSTRACT

Sterilization process is a critical stage in the processing of canned sardines to ensure food safety and product stability during storage. PT.PHI uses a vertical steam-water retort in the sterilization process of canned sardine products with vegetable oil media. Observations were carried out descriptively and qualitatively through direct observation, recording of temperature and pressure, and interviews with retort operators. The results of the observations showed that the sterilization flow consisted of the stages of filling the basket, venting, pre-heating, sterilization, cooling, and recording the results. The venting stage reached an average temperature of 110°C, pre-heating 118.18°C, and the sterilization stage took place at a temperature of 118.74°C with a pressure of 0.87 kg/cm² for 90 minutes. The cooling stage was carried out until the product temperature dropped to ±32-40°C to stop excessive cooking and maintain the physical integrity of the can. The temperature and pressure stability pattern showed that the heat distribution in the retort was even and controlled. This procedure is considered effective in achieving microbial inactivation and maintaining product quality by

maintaining temperature and pressure stability. Overall, the vertical retort at PT. PHI operates according to standards and is capable of producing a safe, stable, and efficient sterilization process.

Keywords: sterilization, vertical retort, canned sardines, temperature, pressure

PENDAHULUAN

Industri pengalengan merupakan salah satu sektor dalam pengolahan pangan yang berpesar dalam memperpanjang umur simpan bahan makanan. Pengalengan merupakan salah satu metode pengawetan dengan menggunakan suhu tinggi Faza et al., (2024). Proses pengalengan dilakukan dengan menempatkan bahan pangan ke dalam wadah kedap udara (hermetis) yang kemudian dilanjutkan dengan pemanasan suhu tinggi untuk membunuh mikroorganisme patogen. Proses pemanasan suhu tinggi dengan memperhatikan suhu dan waktu selama proses dapat meningkatkan persentase keamanan pangan dari bakteri patogen yang terkandung. Menurut Kim et al., (2019) penurunan tingkat patogen berhubungan langsung dengan suhu dan waktu paparan. Penggunaan metode ini memungkinkan produk pangan dapat disimpan dalam waktu lama tanpa menggunakan bahan pengawet, sekaligus menjaga nilai gizi dan cita rasa produk.

Salah satu komoditas yang banyak diolah melalui proses pengalengan adalah ikan. Ikan merupakan sumber makanan yang mudah mengalami pembusukan (*perishable food*), sehingga perlu dilakukan penanganan yang cepat dan tepat supaya mutu serta nutrisi terkandung dapat tahan lama dan tidak berkurang (Arini & Subekti, 2019). Produk ikan kaleng, seperti sarden, memiliki daya minat tinggi karena praktis, bergizi, dan tahan lama. Namun, ikan tergolong bahan pangan dengan kadar air dan protein yang tinggi, sehingga sangat mudah mengalami degradasi mutu apabila tidak ditangani dengan baik. Berdasarkan tingkat keasamannya, produk ikan sarden kaleng dikategorikan sebagai pangan berasam rendah (*low acid food*) dengan nilai Ph diatas 4,6 sehingga kategori bahan pangan ini rentan terhadap pembusukan oleh bakteri anaerob seperti *Clostridium botulinum* (Rajput et al., 2022). Maka produk ikan sarden kaleng harus melewati proses suhu tinggi atau sterilisasi untuk mencapai kondisi aman dikonsumsi.

Sterilisasi merupakan bagian dari proses pengalengan yang dijadikan tahap kritis dalam proses pengolahan yang bertujuan untuk mematikan mikroorganisme serta spora tahan panas yang dapat menyebabkan kerusakan pada produk. Menurut Nurhikmat et al., (2015) sterilisasi adalah proses penting dalam membunuh mikroba pembusuk dan patogen pada produk pengalengan. Berdasarkan peraturan badan pengawas obat dan makanan (BPOM) tahun 2019, untuk proses sterilisasi digunakan suhu konstan 121,1 °C. Penggunaan suhu tinggi yang bertekanan digunakan alat yang disebut retort. Mekanisme kerja retort dengan cara memanaskan produk yang telah disegel rapat didalam wadah, menggunakan uap panas, hingga seluruh bagian produk mencapai suhu sterilisasi yang ditetapkan.

Kota Banyuwangi dikenal sebagai salah satu sektor industri pengalengan. Salah satu perusahaan

yang bergerak pada bidang industri pengalengan khusus ikan adalah PT.PHI. Proses pengolahan ikan yang dilakukan oleh PT. PHI menggunakan retort berjenis vertikal. Pengamatan terhadap mekanisme kerja retort vertikal penting dilakukan untuk memahami bagaimana proses sterilisasi berlangsung serta tahapan apa saja yang dilalui supaya mutu dan keamanan produk sarden tetap terjaga.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan ikan sarden (*Sardinella lemuru*) dalam kaleng media Vegetable oil, air, dan uap air. Peralatan yang digunakan yaitu keranjang retort, retort vertikal, dan Alat Pelindung Diri (APD).

Prosedur pengamatan

Persiapan

Melakukan pengamatan area proses sterilisasi dan memahami alur kerja retort vertikal yang digunakan di PT. PHI. Pengamatan awal meliputi identifikasi komponen utama alat seperti, keranjang, sistem sirkulasi air dan uap panas, serta panel kontrol yang digunakan untuk mengatur suhu dan tekanan serta pemantauan kerja retort.

Proses sterilisasi

Pengamatan proses sterilisasi difokuskan pada tiga tahapan utama yaitu Venting, Sterilisasi, dan *Cooling*. Tahapan venting dilakukan sebagai pembersihan udara kotor yang berada didalam mesin retort sebelum dilakukan sterilisasi. Tahapan sterilisasi dilakukan setelah tahap venting dengan menambahkan uap serta tekanan hingga stabil sampai proses sterilisasi selesai dengan waktu yang ditentukan. Tahapan cooling dilakukan setelah proses sterilisasi selesai dengan menggunakan air sebagai bahan pembantu proses *cooling*.

Pascaproses

Pengamatan pascaproses dilakukan untuk pemeriksaan visual seperti, kondisi fisik kaleng dan tingkat kelunakan tulang pada setiap keranjang. Selain itu, dilakukan wawancara terhadap operator atau teknis untuk memperoleh informasi tambahan.

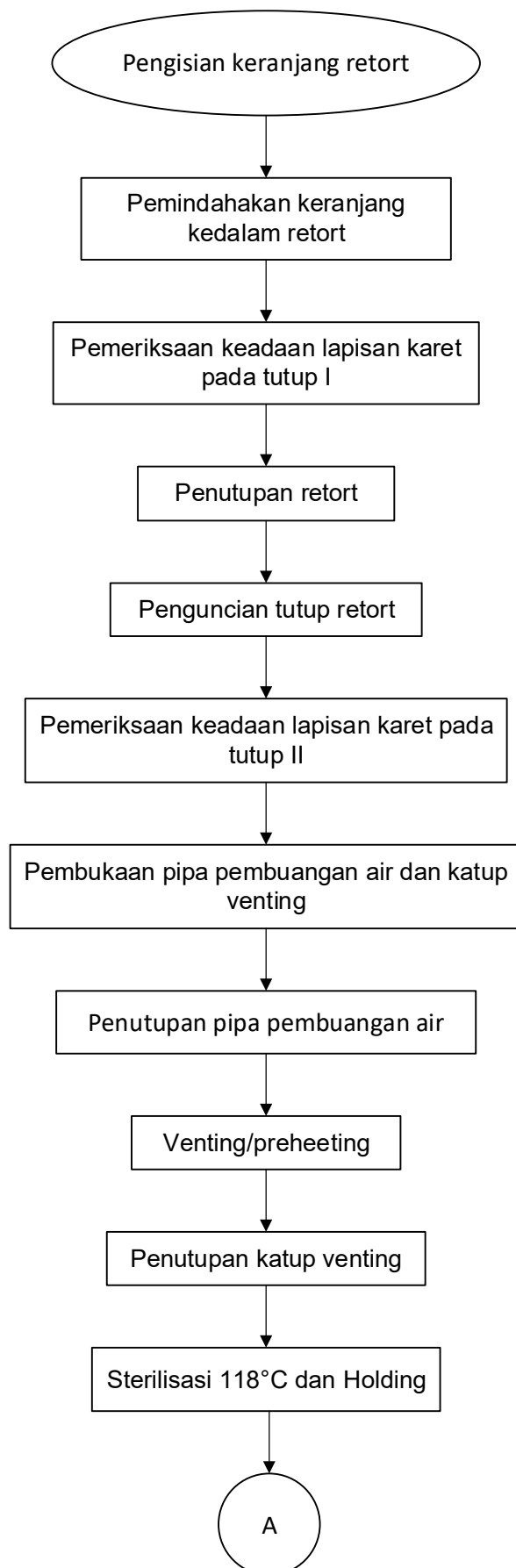
HASIL DAN BAHASAN

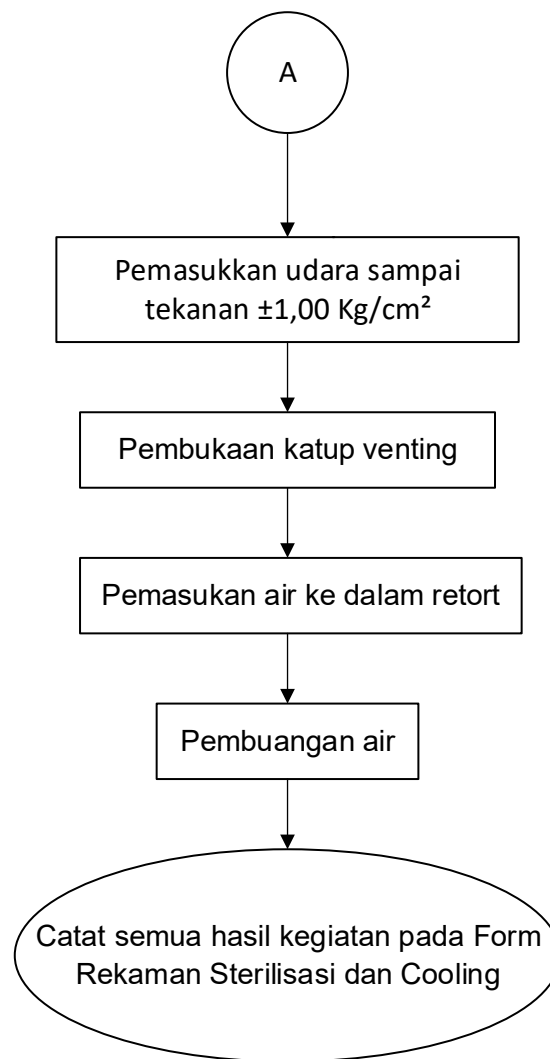
Hasil

Mekanisme Kerja retort Vertikal pada Proses Pengolahan Sarden Kaleng

Proses pengolahan sarden kaleng di PT.PHI sudah sesuai dengan SNI 8222:2022. Sejatinya terdapat beberapa jenis retort yaitu retort horizontal dan retort vertikal, namun yang digunakan di PT.PHI berjenis retort vertikal. Keunggulan dari retort vertikal yaitu tidak banyak memakan ruang karena penyusunan dilakukan berdiri atau vertikal. Menurut FAO, retort vertikal membutuhkan lebih sedikit lantai. Lantai yang dimaksud adalah besaran ruang yang digunakan retort vertikal.

Proses sterilisasi dilakukan menggunakan retort vertikal tipe steam water. Uap yang dihasilkan dari mesin boiler adalah uap jenuh yang merupakan hasil dari proses pendidihan air sehingga terbentuk uap. Boiler bertujuan mengubah air menjadi uap bertekanan sehingga dapat dioperasikan oleh mesin (Rismawati et al., 2021). Uap panas dihasilkan dari mesin boiler yang kemudian disalurkan dengan pipa menuju retort. Menurut Simoneth et al., (2024), Penggunaan uap jenuh dalam proses retort terbukti hemar biaya dan efisien energi dibanding dengan metode pemanasan lainnya. Adapun flowchart alur proses sterilisasi retort vertikal di PT.PHI. sebagai berikut:





Tabel 1 Pengamatan suhu retort

Pengamat an	Venting		Pre-heating		Sterilisasi		Cooling	
	In (°C)	Finish (°C)	In (°C)	Finish (°C)	In (°C)	Finish (°C)	In (°C)	Finish (°C)
1	37,5	110	110	118,5	118,5	119	119	32,2
2	36,4	110	110	118	118	119,2	119,2	31,6
3	36,7	110	110	118	118	118,8	118,8	31,4
4	37,3	110	110	118,3	118,3	118,9	118,9	31,8
5	37,5	110	110	118,5	118,5	119	119	32,6
6	37,2	110	110	118,5	118,5	118	118	32,9
7	36,8	110	110	118	118	118,8	118,8	31,6
8	37,6	110	110	118	118	118,9	118,9	31,4
9	37,5	110	110	118	118	118,8	118,8	32
10	37,5	110	110	118	118	118	118	32,5
Rata-rata	37,20	110,00	110,00	118,18	118,18	118,74	118,74	32,00
Rata±SD	37,30±0,42	110±0	110±0	118,18±0,24	118,18±0,24	118,74±0,41	118,74±0,41	32±0,53

Tabel 2 Pengamatan tekanan retort

Pengamatan	Venting		Pre-heating		Sterilisasi		Cooling	
	In (Kg/cm ²)	Finish (Kg/cm ²)	In (Kg/cm ²)	Finish (Kg/cm ²)	In (Kg/cm ²)	Finish (Kg/cm ²)	In (Kg/cm ²)	Finish (Kg/cm ²)
1	0	0,38	0,38	0,87	0,87	0,88	1,00	0,07
2	0	0,38	0,38	0,87	0,87	0,87	1,02	0
3	0	0,39	0,39	0,87	0,87	0,87	1,00	0
4	0	0,38	0,38	0,87	0,87	0,88	1,00	0
5	0	0,38	0,38	0,87	0,87	0,89	1,00	0,03
6	0	0,39	0,39	0,87	0,87	0,87	1,01	0
7	0	0,39	0,38	0,87	0,87	0,87	1,03	0
8	0	0,38	0,38	0,87	0,87	0,87	1,01	0,05
9	0	0,38	0,38	0,87	0,87	0,87	1,02	0
10	0	0,38	0,38	0,87	0,87	0,87	1,02	0
Rata-rata	0,00	0,38	0,38	0,87	0,87	0,87	1,01	0,02
Rata±SD	0±0	0,38±0	0,38±0	0,87±0	0,87±0	0,87±0,01	1,01±0,01	0,02±0,03

Pembahasan

Mekanisme Kerja Retort pada Proses Pengolahan Sarden Kaleng

Pengisian keranjang retort

Proses pengisian keranjang retort dengan produk ikan kaleng dilakukan di dalam bak kolam berisi air. Mula-mula keranjang retort dimasukkan ke dalam bak kolam menggunakan katrol yang dilengkapi rel menggantung. Satu bak kolam dapat menampung 3 hingga 6 keranjang. Keranjang-keranjang tersebut diposisikan mengikuti rel kaleng dari tahap pencucian II atau pencucian kaleng, sehingga kaleng yang telah selesai dicuci oleh mesin can washer akan melewati rel yang langsung menuju ke keranjang retort.

Pelaksanaan pengisian di dalam bak kolam bertujuan mencegah terjadinya benturan atau gesekan yang dapat menyebabkan kerusakan fisik pada kaleng. Kerusakan fisik pada kaleng berpotensi menyebabkan kontaminasi logam berat (Pb) (Fuadi & Wardana, 2024). Air berfungsi menahan laju kaleng sebelum akhirnya masuk ke dalam keranjang. Pengisian keranjang berlangsung hingga produk kaleng ikan hampir setara dengan permukaan atas keranjang atau mencapai sekitar 2.500 kaleng per keranjang.

Pemindahan keranjang ke dalam retort

Keranjang yang telah terisi kaleng ikan dipindahkan menggunakan mesin katrol berkapasitas angkat hingga 2 ton. Katrol dioperasikan melalui *remote control* yang terhubung

langsung dengan mesin, sehingga operator wajib mengikuti jalannya alat selama proses pemindahan berlangsung.

Mesin katrol dilengkapi pengait yang dikaitkan pada keranjang retort. Setelah pengait terpasang, keranjang diangkat keluar dari bak kolam dan dilakukan penirisan selama $\pm 1-2$ menit agar air tidak terbawa ke dalam mesin retort. Tahapan berikutnya adalah membawa keranjang menuju ke dalam retort secara bertahap. Setiap retort vertikal mampu menampung 4 keranjang.

Pemeriksaan keadaan lapisan karet pada tutup I

Retort yang telah terisi produk diperiksa kondisi lapisan karetnya sebelum penutupan. Pemeriksaan dilakukan menyeluruh pada seluruh lingkaran tutup retort untuk memastikan posisi karet tepat dan tidak menimbulkan kebocoran selama proses sterilisasi. Menurut Rodriguez et al., (2022). Tingkat kebocoran bergantung pada kekasaran permukaan antarmuka dan sifat karet.

Penutupan retort

Tahap berikutnya yaitu penutupan retort. Tutup retort dilengkapi pengunci (*clamp*) untuk memastikan penutupan rapat ketika proses sterilisasi dimulai. Penguncian dilakukan secara manual dengan memutar kunci menggunakan alat hingga kencang. Setiap tutup retort memiliki 6 clamp yang harus dikencangkan.

Pemeriksaan keadaan lapisan karet pada tutup II

Pemeriksaan lapisan karet dilakukan kembali untuk memastikan posisi karet sudah presisi dan tidak menciptakan rongga yang dapat menyebabkan kebocoran. Proses ini penting agar suhu dan tekanan di dalam retort tetap stabil. Menurut Ismail et al., (2015), distribusi suhu secara menyeluruh merupakan hal penting untuk memastikan keamanan makanan kaleng. Kebocoran pada tutup dapat menyebabkan suhu dan tekanan tidak mencapai standar yang ditetapkan, sehingga proses sterilisasi berisiko gagal.

Pembukaan pipa pembuangan air dan katup venting

Keran pipa pembuangan air dibuka untuk mengeluarkan sisa air yang terbawa saat proses pemindahan keranjang. Air yang mengendap di bagian bawah retort harus dibuang karena ruang retort hanya diisi produk dan uap panas selama proses sterilisasi. Kondisi tersebut memastikan suhu dan tekanan tercapai secara optimal. Air dikeluarkan melalui pipa pembuangan yang terletak di bagian bawah retort. Setelah air dipastikan keluar, katup venting dibuka untuk memberikan jalur keluarnya udara dari dalam retort sebelum proses sterilisasi dimulai. Menurut Simoneth et al., (2024), sangat penting untuk membuang udara untuk mencegah terbentuk zona dingin. Udara akan keluar melalui katup venting yang berada pada bagian penutup retort.

Penutupan pipa pembuangan air

Penutupan kembali pipa pembuangan air dilakukan untuk mencegah uap panas keluar melalui pipa pembuangan air ketika masa venting/preheating, sterilisasi, dan *cooling*. Kemudian dilakukan kontrol pembukaan pipa pembuangan air secara berkala untuk membuang sisa air yang dihasilkan dari uap panas. Hal ini dilakukan untuk mencegah kerusakan kaleng akibat terendam oleh air dan menjaga kestabilan suhu serta tekanan didalam retort.

Venting/preheating

Tahap venting bertujuan membuang sisa udara di dalam retort. Menghilangkan udara bertindak sebagai Penyebab titik dingin dan menghalangi peralatan mencapai suhu sterilisasi minimum (Gil et al., 2020). Proses ini dilakukan dengan membuka keran uap sekitar $\frac{3}{4}$ selama 10 menit hingga suhu mencapai 110°C dan tekanan $0,38 \text{ kg/cm}^2$. Uap panas dialirkan melalui pipa di bagian bawah retort, mendorong udara keluar melalui katup venting. Menurut Seidel & Yang, (2020), udara lembab memiliki massa jenis lebih rendah dibanding udara kering pada kondisi suhu, tekanan, dan volume yang sama karena berat molekul uap air lebih kecil dibanding berat molekul udara kering. Oleh sebab itu, uap panas akan mendorong udara keluar melalui katup venting, sehingga didalam retort hanya berisikan uap panas. Setelah seluruh udara keluar dan retort terisi penuh oleh uap panas, proses dilanjutkan ke tahap penutupan katup venting.

Penutupan katup venting

Katup venting ditutup secara manual sebagai tahapan awal sebelum sterilisasi. Penutupan ini mencegah uap panas keluar sehingga suhu dan tekanan di dalam retort dapat meningkat hingga mencapai standar yang telah ditetapkan.

Sterilisasi 118°C dan Holding

Sterilisasi dilakukan selama 90-110 menit tergantung jenis kaleng yang disterilisasi. PT.PHI. memproduksi 3 ukuran kalen, yaitu 125 gram, 155 gram, dan 425 gram. Pengamatan ini berfokuskan pada kaleng 125 gram atau club can. Suhu yang dicapai pada tahap ini adalah 118°C dengan tekanan $0,87 \text{ kg/cm}^2$ dengan waktu 90 menit. Uap panas disalurkan melalui pipa di bagian bawah retort dan bergerak dari bawah ke atas.

Selama proses berlangsung, kondisi mesin harus bebas dari kebocoran agar suhu dan tekanan mencapai standar. Kebocoran dapat menyebabkan proses sterilisasi tidak maksimal dan memungkinkan bakteri bertahan hidup. Menurut Aliyah, (2022), menyatakan bahwa gangguan pada mesin retort dapat menurunkan tekanan selama proses sterilisasi, sehingga bakteri tidak sepenuhnya tarinaktivasi.

Uap pansa yang memenuhi retort akan mengalami kondensasi ketika bersentuhan dengan permukaan penutup. Air hasil kondensasi dapat menetes ke bawah dan menimbulkan genangan yang memengaruhi kestabilan suhu serta tekanan, bahkan berpotensi merusak label kaleng (Yuga et al., 2022). Mesin retort dilengkapi pipa pembuangan air di bagian bawah yang harus dikontrol secara berkala untuk mengeluarkan air kondensasi. Setelah air keluar seluruhnya, pipa ditutup kembali.

Ketika suhu mencapai 118°C, dilakukan proses *holding* atau penahanan untuk menjaga kestabilan suhu dan tekanan. Proses ini berjalan otomatis melalui *safety valve* yang terletak pada bagian tutup dan akan terbuka atau tertutup otomatis apabila suhu dan tekanan melebihi batas yang diinginkan.

Pemasukkan udara sampai tekanan $\pm 1,00 \text{ Kg/cm}^2$

Pemasukkan udara merupakan bagian dari tahap *cooling*. Tahap ini udara dimasukkan hingga tekanan menjadi $\pm 1,00 \text{ Kg/cm}^2$ secara manual. Pemasukkan udara ini dilakukan untuk menurunkan suhu secara bertahap, sebelum dimasukkan air ke dalam retort (*cooling*). Proses pemasukkan udara ini untuk membantu menyeimbangkan tekanan di dalam dan di luar kaleng. Menurut Ghai et al., (2015), peningkatan tekanan internal kemasan tanpa tekanan balik dapat mengakibatkan deformasi wadah yang serius. Tahap ini berlangsung singkat dan cermat.

Pembukaan katup venting

Katup venting dibuka kembali setelah proses sterilisasi selesai untuk mengeluarkan udara panas di dalam retort sebelum tahap pendinginan (*cooling*). Pelepasan udara panas membantu memaksimalkan efektivitas pendinginan produk.

Pemasukan air ke dalam retort (cooling)

Pendinginan atau *cooling* dilakukan di dalam retort setelah proses sterilisasi berakhir untuk menghentikan pemasakan agar tidak terjadi *overcooking*. Tahapan ini diawali dengan mengeluarkan uap, kemudian air dialirkan melalui pipa menuju ke dalam retort guna mempercepat penurunan suhu kaleng. Aliran air bergerak dari bawah ke atas, sebagai bentuk pencegahan air meluap terdapat pipa di bagian atas berfungsi sebagai pencegahan debit air yang berlebihan atau overflow. Proses pendinginan berlangsung selama 30 menit dengan target suhu akhir produk 40°C. Menurut Janesa et al., (2024), menyebutkan bahwa produk dianggap selesai didinginkan ketika suhunya mencapai 38-40°C.

Pembuangan air

Air sisa pendinginan dibuang setelah suhu kaleng mencapai target. Keran pembuangan dibuka sepenuhnya untuk memastikan seluruh air di dalam retort terbuang sebelum dilakukan pengisian keranjang kembali.

Pencatatan hasil sterilisasi

Proses pencatatan hasil sterilisasi dilakukan oleh bagian *Quality Control* (QC). Setiap keranjang diambil sampelnya untuk memastikan hasil proses sterilisasi. Pemeriksaan dilakukan secara fisik dengan memastikan tulang ikan telah lunak sebagai indikator keberhasilan proses sterilisasi

Pengamatan Suhu

Berdasarkan hasil pengamatan suhu pada proses sterilisasi menggunakan retort vertikal, diperoleh bahwa suhu pada setiap tahapan menunjukkan kestabilan yang baik. Tahap venting mencapai suhu akhir rata-rata 110°C , diikuti tahap pre-heating yang meningkat hingga $118,18^{\circ}\text{C}$, dan kemudian tahap sterilisasi mencapai suhu maksimum $118,72^{\circ}\text{C}$. Setelah itu, suhu turun secara bertahap pada tahap *cooling* hingga mencapai 32°C .

Pola kenaikan suhu dari tahap venting hingga sterilisasi menunjukkan bahwa proses pemanasan berlangsung terkendali dan seragam, menandakan distribusi panas dalam retort berjalan efektif. Menurut Gil et al., (2020), suhu dan waktu penutupan katup venting serta saat CUT (*Come-up-time*), penting untuk memastikan pembuangan udara secara menyeluruh, mendukung keseragaman suhu di retort. Suhu puncak 118°C yang dicapai selama sterilisasi berada sedikit di bawah standar $121,1^{\circ}\text{C}$, namun masih dinilai cukup untuk memenuhi efek letalitas (F_0) yang memadai, terutama masa sterilisasi atau *holding* diperpanjang sesuai prosedur.

Tahap pendinginan juga menunjukkan penurunan suhu yang konsisten tanpa fluktuasi ekstrem, sehingga stabilitas kaleng dan mutu produk tetap terjaga. Secara keseluruhan, proses sterilisasi pada suhu maksimum 118°C menghasilkan kondisi yang aman, stabil, dan efisien untuk pengolahan ikan sarden dalam kaleng.

Pengamatan Tekanan

Berdasarkan hasil pengamatan tekanan selama proses sterilisasi menggunakan retort vertikal, diketahui bahwa tekanan mengalami peningkatan bertahap dari tahap venting hingga *cooling*. Pada tahap venting, tekanan awal tercatat 0 Kg/cm^2 dan meningkat hingga $0,38 \text{ Kg/cm}^2$. Selanjutnya pada tahap pre-heating, tekanan stabil di kisaran $0,38-0,39 \text{ Kg/cm}^2$, kemudian naik menjadi $0,87 \text{ Kg/cm}^2$ pada tahap sterilisasi, dan mencapai sekitar $1,00 \text{ Kg/cm}^2$ pada tahap *cooling* sebelum akhirnya turun kembali.

Kestabilan tekanan pada tahap sterilisasi menunjukkan bahwa proses berlangsung dalam kondisi terkendali dan konsisten, sehingga mampu menjaga distribusi panas yang merata di seluruh bagian retort. Tekanan pada retort juga berpengaruh untuk mencegah kenaikan jumlah kecacatan fisik (Pamuji et al., 2021). Kenaikan tekanan pada tahap *cooling* berfungsi untuk menyeimbangkan tekanan internal kaleng, mencegah deformasi (*buckling* atau *swelling*), serta mempertahankan stabilitas kelang Setelah proses pemanasan.

KESIMPULAN

Proses sterilisasi menggunakan retort vertikal di PT. PHI berjalan melalui tahapan terstruktur yang meliputi pengisian keranjang, venting, *pre-heating*, sterilisasi, *cooling*, hingga pencatatan hasil akhir. Setiap tahapan memiliki peran penting dalam memastikan efektivitas sterilisasi dan keamanan produk. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa suhu dan tekanan selama proses berlangsung stabil dan terkendali, dengan suhu sterilisasi mencapai 118°C pada tekanan 0,87 kg/cm² selama 90 menit. Distribusi panas merata serta pengaturan tekanan yang tepat membantu memastikan inaktivasi mikroorganisme dan menjaga mutu fisik kaleng. Tahapan *cooling* dilakukan hingga suhu produk mencapai ±32-40°C efektif menghentikan pemasakan berlebih dan mempertahankan integritas kaleng.

Daftar Pustaka

- Aliyah, N. M. (2022). *Laporan Praktik Kerja Lapangan (Pkl) Ii Penerapan Mesin Retort Dalam Proses Pengalengan Olahan Buah Di Pt Banjarnegara Agro Mandiri Sejahtera (Bams) Desa Pagelak Kecamatan Madukara Kabupaten Banjarnegara Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia.*
- Arini, & Subekti, S. (2019). Proses Pengalengan Ikan Lemuru (*Sardinella Longiceps*) Di Cv . Pasific Harvest Banyuwangi , Provinsi Jawa Timur. *Journal Of Marine And Coastal Science*, 8(2), 56–65.
- Faza, F. I. I., Wahyu, Y. I., & Ariadi, P. S. (2024). Pengendalian Produk Sterilisasi Komersial Tuna Dalam Kemasan Kaleng Dengan Menggunakan Penerapan Sistem Hazard Analysis Critical Control Point. *Sains Dan Tekonolgi Pangan*, 9(6), 7891–7902.
- Fuadi, A., & Wardana, A. A. (2024). The Effect Of Storage Time In Influencing Pb Metal Content In Canned Food : A Review. *International Conference On Eco Engineering Development*, 1324, 1–7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1324/1/012128>
- Ghai, G., Teixeira, A. A., Welt, B. A., Goodrich-Schneider, R., Yang, W., & Almonacid, S. (2011). Measuring And Predicting Head Space Pressure During Retorting Of Thermally Processed Foods. *Journal Of Food Science*, 76(3), 298–308. <https://doi.org/10.1111/J.1750-3841.2011.02075.X>
- Gil, A. G., Gonzalez, O. A. O., Sepulveda, L. F. C., & Torres, P. N. A. (2020). Case Studies In Thermal Engineering Venting Stage Experimental Study Of Food Sterilization Process In A Vertical Retort Using Temperature Distribution Tests And Energy Balances. *Case Studies In Thermal Engineering*, 22(7), 1–11. <https://doi.org/10.1016/J.Csite.2020.100736>

- Ismail, I. M., Fahmy, A., Azab, A., Abadir, M., & Fateen, S. (2015). Optimizing The Sterilization Process Of Canned Food Using Temperature Distribution Studies. *Journal Of Agriculture And Veterinary Science*, 6(4), 26–33.
- Janesa, O., Sipahutar, Y. H., Masengi, S., & Sitorus, P. P. R. (2024). Kelayakan Dasar Pengolahan Ikan Lemuru (*Sardinella Lemuru*) Dalam Kaleng Dengan Media Saus Tomat Di Cv . Ijp , Muncar-Jawa Timur Basic Feasibility Of Processing Lemuru Fish (*Sardinella Lemuru*) In Cans With Tomato Sauce At Cv Ijp , Muncar-Jawa Timur Pen. *Seminar Nasional Perikanan Indonesia Ke-25*, 15–37.
- Kim, C., Alrefaei, R., Bushlaibi, M., Ndegwa, E., Kaseloo, P., & Wynn, C. (2019). Influence Of Growth Temperature On Thermal Tolerance Of Leading Foodborne Pathogens. *Food Science & Nutrition*, 7, 4027–4036. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1268>
- Nurhikmat, A., Suratmo, B., Bintoro, N., & Suharwadji. (2014). Pemodelan Pindah Panas Pada Proses Sterilisasi Gudeg Kaleng. *Reaktor*, 15(1), 64–72.
- Pamuji, M. W., Purnomo, E. H., & Sitanggang, A. B. (2021). Industrial Practice For Reducing Defective Sterile Milk Products Produced Using Overpressure Rotary Retorts. *Internastional Journal Of Food Studies*, 10(4), 221–232.
- Rajput, H., Goswami, D., Arya, M., & Randhawa, A. (2022). Technology For Canning. *Global Hi-Tech Horticulture*, 6, 136–151.
- Rismawati, D., Ibrahim, H., Sutrisno, J., & Bahri, N. (2021). Analisis Sistem Distribusi Uap Dari Water Tube Boiler Dengan Kapasitas 45 Ton / Jam. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Polmed*, 2(2), 37–44.
- Rodriguez, N., Tiwari, A., & Persson, B. N. J. (2022). Air Leakage In Seals With Application To Syringes. *Applied Surface Science Advances*, 8, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2022.100222>
- Seidel, S. D., & Yang, D. (2020). The Lightness Of Water Vapor Helps To Stabilize Tropical Climate. *Science Advances*, 1–9.
- Simoneth, P., Sneh, J., Bangar, P., Suffern, M., & Whiteside, W. S. (2024). Understanding Retort Processing : A Review. *Food Science & Nutrition*, 12, 1545–1563. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3912>
- Yuga, A. Y., Tamrin, Warji, & Kuncoro, S. (2022). Modifikasi Rancang Bangun Kondensasi Uap Air Laut Untuk Mendapatkan Air Murni. *Agricultural Biosystem Engineering*, 1(4), 446–454.