

3. PRODUK PANGAN SIAP KONSUMSI BERBASIS DAGING DAN HATI UNGGAS

Komoditi unggas yang berkontribusi besar dalam pemenuhan protein asal hewani untuk masyarakat Indonesia adalah ayam. Produksi dan konsumsi kalkun modern mengalami kenaikan yang tinggi selama paruh terakhir abad kedua puluh (Mozdziak, 2019).

Produk pangan siap konsumsi adalah produk-produk pangan yang telah melewati proses pembersihan, pemasakan, pengemasan dan siap untuk dikonsumsi tanpa proses pemasakan sebelumnya. Produk pangan siap konsumsi harus dapat langsung dimakan tanpa langkah tambahan untuk mencapai keamanan pangan untuk mengurangi cemaran mikroba. Berbeda dengan produk *ready to serve*, dimana produk masih memerlukan proses pendahuluan sebelum dikonsumsi, seperti pemanasan, penggorengan dan lainnya menggunakan *microwave*, kompor, dan oven. Produk pangan siap konsumsi biasanya mengandung *raw material* yang berasal dari hewan, seperti unggas dan telur, ikan, ratites, dan daging yang harus melalui proses pemasakan terlebih dahulu agar suhu internal mencapai suhu minimum. Salah satu kategori produk pangan siap konsumsi adalah daging ayam (Huang & Hwang, 2012). Produk pangan siap konsumsi yang dibahas adalah produk yang memiliki kadar air yang cukup tinggi dan rentan untuk ditumbuhi mikroorganisme.

3.1. Karakteristik Kimia, Sensori, dan Mikrobiologi Produk *Luncheon* Ayam

Luncheon merupakan produk daging atau campuran dari beberapa jenis daging yang dihaluskan sampai terbentuk emulsi, dengan atau tidak ditambahkan bahan *curing*, bahan pangan lain dan bahan tambahan pangan. Produk *luncheon* telah dimasak atau disterilisasi dan dapat disimpan pada suhu dingin atau beku (SNI, 2019). Produk *luncheon* dapat rusak oleh karena proses pemasakan yang kurang (*undercooked*), stabilitas penyimpanan yang tidak benar dan adanya pertumbuhan mikroorganisme (Bell *et al.*, 1984). Perlunya teknik pemrosesan dalam memperpanjang umur simpan dari *luncheon*. Berbagai macam teknik pemrosesan dilakukan untuk meningkatkan umur simpan dari *luncheon* ayam, beberapa diantaranya adalah iradiasi, kemasan vakum, dan penyimpanan suhu rendah/dingin.

Tabel 15. Karakteristik kimia *luncheon* ayam

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Kadar Air	Lemak	Protein	pH	Sumber
1	Iradiasi (sinar gamma, produk 2 kGy dan pengemas 10 kGy)	Plastik vakum (PE)	Pendinginan (1-4°C)	Meningkat 0,003% (akhir: 59,73%), tidak signifikan	Menurun 0,08% (akhir: 12,57%), signifikan	Menurun 0,14% (akhir: 14,28%), signifikan	Menurun (5,81- 6,1), tidak signifikan	(Al-Bachir, 2005)
2	-	-	Penyimpanan dingin (4°C, 4 bulan)	Kadar air produk 63,5%	Kadar lemak produk 4,4%	Masih terdapat AA esensial dan non esensial	-	(Aly & Morsy, 2019)

Keterangan:

- = Tidak dijelaskan

kGy = Kilo gray

Berdasarkan Tabel 15., dapat dilihat data salah satu produk ayam siap konsumsi, yaitu *luncheon* ayam dimana produk dan pengemas diiradiasi dengan sinar gamma (2 kGy) secara terpisah, dikemas dengan kemasan vakum berbahan PE dan disimpan di suhu dingin, memiliki beberapa perubahan pada kadar kimianya seperti kadar air yang meningkat sebesar 0,003% sedangkan lemak, dan protein pada *luncheon* ayam menurun sebesar 0,08%, dan 0,14%. Sedangkan pH *luncheon* berkisar antara 5,81- 6,1. Namun, berdasarkan hasil yang didapat, perlakuan pada *luncheon* ayam tersebut tidak berpengaruh signifikan terhadap perubahan kadar air dan pH *luncheon* ayam. Sedangkan, kadar lemak dan protein dari produk *luncheon* ayam menurun signifikan setelah disimpan selama 12 bulan.

Iradiasi merupakan proses *non* termal yang memiliki keunggulan yaitu tidak meninggalkan residu dalam produk, mampu mempertahankan kesegaran bahan, efektif, dan efisien. Biasanya aplikasi iradiasi digabungkan dengan proses lainnya (pengemasan dan penyimpanan) sehingga akan semakin menghambat pertumbuhan bakteri, *yeast*, dan *fungi* pada produk (Irawati, 2008). Disamping dampak tersebut, iradiasi juga dapat berdampak pada sifat fisik, kimia, dan biologi produk. Dampak dari iradiasi dapat berupa pemutusan ikatan kimia, ionisasi, atau eksitasi (Kurniati *et al.*, 2015). Iradiasi produk pangan menyebabkan protein pada bahan terinduksi radikal, kondisi tersebut didukung dengan panas atau cahaya serta oksigen sehingga menghasilkan pembentukan hidroperoksida (Patterson & Stevenson, 1995). Menurut Ketaren (2005) dan Jo (1999) iradiasi dapat menyebabkan reaksi hidrolisis, dimana lemak akan menjadi asam lemak bebas dan gliserol. Reaksi ini akan mengakibatkan kerusakan lemak karena adanya air dalam lemak. Reaksi ini yang menyebabkan bau tengik pada produk (Ketaren, 2005; Jo, 1999).

Proses iradiasi produk *luncheon* pada penelitian Al-Bachir (2005) dilakukan dengan cara menyinari pengemas terlebih dahulu dengan sinar gamma dosis 10 kGy, setelah itu produk *luncheon* ditempatkan pada *tray*. Kemudian dilakukan penyinaran sinar gamma dengan dosis 2 kGy pada produk. Adanya perbedaan dosis iradiasi yang digunakan dikarenakan, pada penelitian sebelumnya, diketahui bahwa dosis 5-10 kGy dapat mengurangi jumlah sel sampai ketinggian yang dapat diterima. Kisaran dosis tersebut

diperkirakan sama dengan efek mikroba pada fumigasi komersial dengan etilen oksida (Al-Bachir, 2005). Waktu paparan iradiasi tidak dijelaskan detail, namun waktu pemaparan yang semakin lama akan memiliki efek yang lebih besar terhadap inaktivasi mikroba. Setelah diiradiasi, produk dimasukkan dalam kemasan dan di vakum. Karena produk diiradiasi terpisah dengan kemasan, maka proses harus dijaga higienis dan aseptis, agar produk tidak terkontaminasi silang. Plastik PE diketahui memiliki efek permeabilitas yang rendah terhadap uap air dan oksigen, selain itu plastik PE mendukung kondisi pengemasan vakum, sehingga produk dapat terhindar dari kerusakan saat penyimpanan berlangsung (Chmielewski, 2006).

Tujuan utama dari iradiasi adalah membunuh mikroorganisme atau serangga, pengemasan juga bertujuan untuk melindungi produk dari kontaminasi ulang, oleh karena itu penting untuk menjaga integritas produk dan kemasan. Kemasan tidak akan mempengaruhi keefektifan proses iradiasi. Namun, kemasan yang dipakai tidak boleh menghasilkan zat beracun atau berubah sifat fungsionalnya saat proses pengolahan iradiasi berlangsung. Biasanya, kemasan umum yang digunakan untuk mengemas pangan siap konsumsi dapat diiradiasi (IAEA, 2015).

Hubungan protein dengan hidrolisis lemak adalah, protein berperan dalam daya ikat air pada bahan pangan, terlebih *luncheon* dimana pada pembuatannya *luncheon* menambahkan tepung yang berfungsi sebagai bahan pengikat dan pengisi, jika protein menjadi radikal dan rusak, maka daya ikat air akan melemah, air akan terlepas dari bahan dan mulai bereaksi dengan lemak dan menyebabkan hidrolisis. Hal ini mirip dengan reaksi oksidasi yang terjadi akibat paparan sinar matahari, karena sinar matahari juga memaparkan sinar gamma yang dalam hal ini digunakan untuk iradiasi. Peningkatan dosis iradiasi sinar gamma juga akan semakin meningkatkan resiko denaturasi protein (Kurniati *et al.*, 2015). Kemasan vakum dapat dipakai untuk menghindari ketengikan. Selain itu *modified atmospheres* juga dapat digabungkan dengan iradiasi untuk memperpanjang kualitas sensori dan umur simpan produk (IAEA, 2015).

Berdasarkan penjelasan Al-Bachir (2005), diketahui bahwa pada awal penyimpanan kadar lemak *luncheon* cenderung stabil, namun kemudian menurun seiring berjalannya

waktu. Kestabilan kadar lemak pada awal penyimpanan dapat dikarenakan iradiasi dapat menghilangkan oksigen yang ada di *head space* atau jaringan daging pada pengemasan vakum (Al-Bachir, 2005). Kadar lemak yang stabil membuat produk memiliki umur simpan yang lama, karena lemak tidak mudah teroksidasi. Penurunan kadar lemak karena oksidasi dapat mengubah lemak menjadi asam lemak bebas, yang menyebabkan produk mudah berbau tengik (Baehaki *et al.*, 2019). Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, ketengikan pada produk disebabkan oleh adanya reaksi hidrolisis.

Luncheon yang disimpan pada penyimpanan dingin dengan suhu 4°C selama 4 bulan menunjukkan kadar air produk sebesar 63,5%, kadar lemak 4,4%, dan masih terdapatnya asam amino esensial dan *non* esensial pada produk (Aly & Morsy, 2019). Pendinginan merupakan metode penyimpanan, dimana panas pada bahan akan terlepas ke lingkungan ruang pendingin dan panas dari lingkungan ruang pendingin akan terlepas keluar sistem pendingin, sehingga tercapai suhu tertentu yang diinginkan yang nantinya dipertahankan agar tetap stabil. Peralatan yang digunakan dalam proses pendinginan adalah *refrigerator* (Asiah *et al.*, 2020). Dalam proses pendinginan, pertumbuhan mikroorganisme akan terhambat, karena suhu pertumbuhan mikroorganisme adalah suhu ruang (30°C) (Suburian *et al.*, 2012). Sedangkan, pada penelitian Al-Bachir (2005) didapat hasil kadar air akhir sebesar 59,73%, lemak 12,57%, protein 14,28%, dan pH sebesar 6,1.

Berdasarkan data-data yang ada, diketahui bahwa, baik produk *luncheon* yang di iradiasi maupun tidak dan disimpan dengan pengemasan vakum maupun tidak, tetapi disimpan dalam suhu dingin (1-4°C), karakteristik kimianya sesuai dengan standar SNI yang berlaku yaitu minimal 13% untuk protein dan maksimal 20% untuk lemak. Sedangkan mengacu pada USDA (2019), kadar air *luncheon* adalah sebesar 65,7% yang berarti semua kadar air produk *luncheon* mendekati dari data yang disediakan USDA. Perbedaan yang terjadi dapat dikarenakan perbedaan cara pengujian kadar air pada produk. Diketahui bahwa, *luncheon* ayam yang memiliki pH 6,1 tergolong masih dalam keadaan yang baik. Nilai pH yang cenderung basa pada *luncheon* (6,45) dapat dikaitkan dengan adanya efek mikroorganisme pembusuk pada protein dan asam amino yang nantinya akan mempengaruhi tingkat akumulasi metabolit (Kumar *et al.*, 2011).

Tabel 16. Karakteristik sensori *luncheon* ayam

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bau	Tekstur	Rasa	Warna	Sumber
1	Iradiasi (sinar gamma, produk 2 kGy dan pengemas 10 kGy, sebelum pengemasan)	Plastik vakum (PE)	Pendinginan (1-4°C)	Dapat diterima (nilai: 3,30)	Dapat diterima (nilai: 3,40)	Dapat diterima (nilai: 3,30)	-	(Al-Bachir, 2005)
2	-	-	Penyimpanan dingin (4°C, 4 bulan)	Dapat diterima, menurun 0,20% (nilai: 6,3), signifikan selama penyimpanan 3 bulan	Dapat diterima, menurun 0,22% (nilai: 6,4), signifikan, selama penyimpanan 3 bulan	Dapat diterima, menurun 0,20% (nilai: 6,5), signifikan selama penyimpanan 3 bulan	Dapat diterima, menurun 0,15% (nilai: 7,1), signifikan selama penyimpanan 3 bulan	(Aly & Morsy, 2019)

Keterangan:

- = Tidak dijelaskan

kGy = Kilo gray

Berdasarkan Tabel 16. Karakteristik sensori *luncheon* ayam, didapat hasil dari aplikasi teknik pemrosesan pada *luncheon* ayam. Pada *luncheon* ayam yang di iradiasi 2 kGy dan disimpan dengan kemasan vakum (PE) dalam suhu 1-4°C didapat bahwa bau, tekstur, dan rasa masih dapat diterima. Iradiasi 2 kGy dan kemasan vakum tidak mempengaruhi penerimaan konsumen terhadap kualitas sensori dari produk (Al-Bachir, 2005). Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, iradiasi pada produk menghasilkan pembentukan hidroperoksida. Iradiasi juga menyebabkan hidrolisis yang menyebabkan lemak menjadi rusak. Hal tersebut dapat membuat produk menjadi tengik. Semakin besar dosis yang dipakai, maka efek negatif yang akan timbul akan semakin besar (Patterson & Stevenson, 1995; Ketaren, 2005; Jo, 1999). Namun pada produk *luncheon* ayam tersebut tidak terjadi adanya ketengikan, hal ini dapat dikarenakan penggunaan dosis iradiasi yang tidak terlalu besar dan produk disimpan pada suhu dingin, sehingga ketengikan akibat iradiasi dapat diminimalisir.

Sedangkan, pada *luncheon* ayam yang hanya disimpan dalam suhu dingin (4°C) dalam kurun waktu 4 bulan, didapat bahwa penurunan terbesar terjadi pada tekstur *luncheon* yaitu 0,22%, kemudian diikuti dengan bau dan rasa dengan masing-masing penurunan sebesar 0,20% dan warna sebesar 0,15% selama penyimpanan selama 3 bulan. Walau mengalami penurunan, produk *luncheon* ayam tersebut masih dapat diterima saat pengujian sensori dilakukan di bulan ke-3. Pada bulan ke-4, produk *luncheon* sudah di *reject* sehingga tidak adanya data sensori pada bulan ke-4. Produk *luncheon* yang sudah tidak layak dapat diidentifikasi dengan adanya bau tengik, produk yang berlendir, dan warna yang pucat. Berdasarkan SNI *luncheon*, kriteria keadaan *luncheon* seperti warna, bau, dan rasa harus dalam keadaan normal. Semua *luncheon* pada setiap penelitian, yaitu Al-Bachir (2005) yang simpan selama 12 bulan dan Aly & Morsy (2019) yang disimpan sampai bulan ke-3 didapat memenuhi syarat SNI karena produk masih dapat diterima oleh konsumen, yang berarti produk masih dalam keadaan normal (IAEA, 2015).

Tabel 17. Karakteristik mikrobiologi *luncheon* ayam

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bakteri	Yeast	Fungi	Umur Simpan	Sumber
1	Iradiasi (sinar gamma, produk 2 kGy dan pengemas 10 kGy, sebelum pengemasan)	Plastik vakum (PE)	Pendinginan (1-4°C)	Tidak terdeteksi selama penyimpanan	Tidak terdeteksi selama penyimpanan	Tidak terdeteksi selama penyimpanan	Pada bulan ke-12 produk masih dalam keadaan yang baik	(Al-Bachir, 2005)
2	-	-	Penyimpanan dingin (4°C, 4 bulan)	Meningkat 1,08% selama penyimpanan (akhir: $7,5 \times 10^2$ CFU/g)	Yeast dan fungi meningkat 1,56% selama penyimpanan (akhir: $8,2 \times 10^2$ CFU/g)		3 bulan, bulan ke-4 produk di <i>reject</i>	(Aly & Morsy, 2019)
				Signifikan menghilangkan 0,17% <i>Listeria monocytogenes</i> karena adanya efek <i>sodium benzoate</i> ($2,72 \log_{10}$ CFU/g ⁻¹)	-	-		

Keterangan:

- = Tidak dijelaskan

kGy = Kilo gray

CFU = *Colony Forming Unit*

Dari data yang diperlihatkan pada Tabel 17. Karakteristik mikrobiologi *luncheon* ayam, didapat hasil tidak terdeteksinya bakteri, *yeast*, dan *fungi* pada *luncheon* ayam yang di iradiasi 2 kGy dan disimpan dengan kemasan vakum dalam suhu 1-4°C (Al-Bachir, 2005). Dengan adanya sterilisasi menggunakan iradiasi, populasi mikroba berkurang dan umur simpan *luncheon* akan semakin lama. Sebelum diiradiasi, *luncheon* terlebih dahulu diberi perlakuan termal berupa perebusan agar produk dapat matang. Perlakuan panas pada *luncheon* tersebut dapat menghilangkan semua mikroorganisme, namun tidak untuk sporanya. Penambahan proses iradiasi pada *luncheon* dapat mematikan spora yang masih tersisa setelah proses pemasakan berlangsung. Iradiasi dapat menyebabkan eksitasi dan ionisasi yang dapat berefek langsung pada sintesis DNANYa sehingga dapat membunuh mikroorganisme, termasuk sporanya (Asiah *et al.*, 2019).

Sinar gamma mengandung energi yang cukup untuk memutus ikatan kimia dan mengionisasi molekul yang terkena paparannya. Sinar gamma juga memiliki daya tembus yang lebih besar dalam makanan. Efek bakterisida radiasi disebabkan oleh biomolekul sel bakteri. Radikal bebas yang dihasilkan dapat mengubah dan merusak struktur membran sel. Radiasi juga menyebabkan perubahan *ireversibel* pada molekul asam nukleat (DNA dan RNA) sel bakteri, sehingga menghambat kemampuan bakteri untuk tumbuh. Bakteri patogen tidak dapat menghasilkan endospora resisten dalam makanan berbasis unggas, daging, dan laut saat dipaparkan dengan iradiasi berdosisi 2-10 kGy. Namun, jika dosisnya terlalu rendah dapat menyebabkan DNA yang rusak dapat diperbaiki lagi oleh enzim khusus.

Pada *luncheon* yang disimpan dalam suhu dingin (4°C) dalam kurun waktu 4 bulan, didapat hasil adanya peningkatan bakteri sebesar 1,08% CFU/g dan peningkatan *yeast* dan *fungi* sebesar 1,56% CFU/g (Aly & Morsy, 2019). Namun, jika *luncheon* diberi tambahan *sodium benzoate*, maka kadar bakteri dalam produk akan semakin berkurang, dari penelitian yang dilakukan oleh Islam *et al.* (2002) didapat bahwa *sodium benzoate* signifikan menghilangkan 0,17% \log_{10} CFU/g⁻¹ *L. monocytogenes*. Kombinasi penyimpanan suhu dingin (1-4°C) dan pengemasan vakum juga membuat mikroorganisme tidak dapat tumbuh (Al-Bachir, 2005). Produk *luncheon* ayam di *reject* setelah penyimpanan selama 3 bulan, dapat dikarenakan tidak adanya penambahan

antioksidan dan antimikroba (Aly & Morsy, 2019). Selain itu, produk *luncheon* hanya disimpan dalam suhu dingin tanpa adanya pengolahan tambahan, sehingga inaktivasi mikroba pada produk kurang maksimal. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri adalah adanya gas, suhu, aktivitas air, pH, dan komposisi kimia dari makanan (WHO, 1999). Hasil *luncheon* ayam yang diiradiasi maupun tidak, dikemas vakum maupun tidak, dan disimpan dengan suhu dingin masih memenuhi standar SNI yaitu maksimal 10^4 koloni/g.

Berdasarkan penjabaran mengenai evaluasi pada produk *luncheon* ayam didapat bahwa, teknik pemrosesan yang paling baik dan dapat menaikkan umur simpan dan dapat meminimalisir kerusakan produk *luncheon* ayam adalah iradiasi dengan dosis 2 kGy, kondisi dan pengemasan vakum (PE), serta pendinginan dengan suhu $1-4^{\circ}\text{C}$. Terbukti pada penelitian Al-Bachir (2005) bahwa *luncheon* ayam masih dalam keadaan baik walau sudah disimpan selama 12 bulan. Kualitas kimia, sensori, dan mikrobiologi dari *luncheon* ayam tersebut juga masih dapat diterima saat mengacu dengan standar SNI dan data USDA. Selain itu bakteri, *yeast*, dan *fungi* pada produk *luncheon* tidak terdeteksi saat di uji di bulan ke-12.

Iradiasi dapat meningkatkan umur simpan produk karena, iradiasi akan menyebabkan eksitasi dan ionisasi yang dapat menghambat sintesis DNA pada makhluk hidup dan akan menghambat pertumbuhan patogen dan mikroorganisme pembusuk. Kondisi ini akan membuat produk memiliki umur simpan yang lama, serta menurunkan resiko keamanan pangan produk tersebut. Iradiasi dapat dikombinasikan dengan beberapa prosedur lain seperti penyimpanan suhu rendah dan pengemasan untuk memperpanjang masa simpan produk, dikarenakan penyimpanan suhu rendah dapat menghambat pertumbuhan kembali mikroorganisme pada produk yang sudah diiradiasi, sedangkan pengemasan vakum juga merupakan pengemasan yang minim oksigen, sehingga mikroorganisme aerob akan susah tumbuh dalam produk. Selain itu plastik vakum berbahan dasar PE memiliki permeabilitas yang rendah terhadap uap air dan oksigen, hal tersebut akan mencegah reaksi oksidasi pada *luncheon* (Asiah *et al.*, 2019; Triyannanto *et al.*, 2020).

3.2. Karakteristik Kimia, Sensori, dan Mikrobiologi Produk *Pâté* Hati Ayam

Pâté adalah produk campuran daging dan lemak halus atau kasar yang dapat dioleskan. *Pâté* dibuat dengan campuran berbagai bumbu dan rempah-rempah. *Pâté* tradisional terbuat dari hati unggas, seperti ayam, angsa atau bebek (Porto-Fett *et al.*, 2019). Agar menarik minat konsumen, *pâté* harus berwarna merah muda dan bertekstur halus yang mudah dioleskan (Hutchison *et al.*, 2015). Kerusakan yang dapat mempengaruhi umur simpan pada produk *pâté* antara lain karena adanya pembersihan hati ayam yang kurang baik dan adanya cairan empedu yang masih terikut pada hati ayam. Kerusakan yang kedua adalah proses pemasakan yang kurang lama sehingga hati ayam atau *pâté* masih dalam keadaan kurang matang (*undercook*), sehingga masih didapat bakteri pembusuk dan patogen pada *pâté* hati ayam seperti *Campylobacter* dan *Listeria* (Hutchison *et al.*, 2015). Namun, jika panas yang digunakan untuk memasak *pâté* terlalu berlebihan, hal tersebut akan membuat warna *pâté* hati ayam menjadi keabuan dan tekstur *pâté* hati ayam menjadi kurang lembut.

Pâté sering kali menjadi salah satu sumber wabah penyakit bagi konsumen. Seperti yang didapat pada laman Food Safety News, bahwa *pâté* hati ayam merupakan penyebab wabah *campylobacteriosis* di Inggris tahun 2016 dan wabah yang serupa di Austria. Bakteri patogen *Campylobacter* diketahui kuat keberadaannya pada jaringan internal hati ayam. Berdasarkan risiko *campylobacteriosis* pada hati ayam, maka perlu adanya pemrosesan atau resep yang sekiranya dapat menghancurkan bakteri patogen *Campylobacter* saat preparasi komersial *pâté* hati ayam. Namun berdasarkan Hutchison *et al.* (2015) diketahui bahwa minyak esensial yang terkandung pada rempah-rempah yang ditambahkan pada *pâté* hati ayam kurang dapat mengurangi angka *Campylobacter*. Maka pemrosesan merupakan upaya yang diharapkan dapat meningkatkan keamanan pangan pada produk *pâté* hati ayam. Beberapa teknik pemrosesan yang dapat digunakan untuk memperpanjang umur simpan sekaligus menghancurkan bakteri patogen dari produk *pâté* hati ayam adalah *bain marie*, sterilisasi, iradiasi, pengemasan MAP, kaca, dan penyimpanan suhu dingin.

Tabel 18. Karakteristik kimia *pâté* hati ayam

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Kadar Air	Lemak	Protein	pH	Sumber
1	<i>Bain marie</i>	-	Pendinginan (4°C)	Kadar air produk 74,29%	Kadar lemak produk 10,25%	Kadar protein produk 13,53%	pH produk 4,79-5,94	(Porto-Fett <i>et al.</i> , 2019)
2	Pasteurisasi setelah proses pengemasan (85°C) dan tidak dipasteurisasi	Kaca	Pendinginan (4°C)	Kadar air produk 27,80%	Pasteurisasi: FFA meningkat 3,48%, signifikan selama penyimpanan 9 hari (akhir: 1,12) Tidak dipasteurisasi: FFA meningkat 3,72%, signifikan selama penyimpanan 9 hari (akhir: 1,18)	Kadar protein 10,10%	-	(Abu-Salem & Abou Arab, 2010)

Keterangan:

- = Tidak dijelaskan

FFA = *Free Fatty Acid*

Berdasarkan data yang didapat dari literatur pada Tabel 18. Karakteristik kimia *pâté* hati ayam. *Pâté* hati ayam yang diolah dengan pengolahan teknik *bain marie* dan disimpan pada suhu dingin memiliki kadar air produk sebesar 74,29%, kadar lemak sebesar 10,25%, kadar protein sebesar 13,53% dan pH sebesar (4,79-5,94) (Porto-Fett *et al.*, 2019). Proses pemasakan menggunakan *bain marie* merupakan proses pemasakan dengan menggunakan dua tempat, dimana tempat bagian atas adalah tempat untuk menempatkan makanan yang dalam hal ini adalah *pâté* hati ayam dan tempat lainnya berisi dengan air. Kedua tempat tersebut disusun sesuai dengan urutan penempatannya, kemudian bagian atas ditutup dengan *aluminium foil*, kemudian dimasukkan dalam oven atau panci untuk proses pemasakan lebih lanjut (Fentress, 2010; Axtell & Fellows, 2004). Panas yang dihasilkan dari proses *bain marie* akan lebih lembut dan merata, hal ini karena penggunaan air. Panas yang lembut akan membuat produk tidak terbakar atau menempel, karena suhu air tidak akan melebihi titik didihnya. Panas yang merata pada proses ini dapat membunuh mikroorganisme sampai ke inti produk, karena adanya perubahan sifat fisik dan kimia dari protein bakteri, yang dimana akan berpengaruh pada perubahan DNA mikroorganisme tersebut. Pengolahan *pâté* dengan suhu inti mencapai 70°C disinyalir dapat mengeliminasi bakteri *Campylobacter* (Porto-Fett *et al.*, 2019).



Gambar 7. Proses pemasakan *pâté* hati ayam dengan *bain marie*

(Axtell & Fellows, 2004)

Sedangkan, *pâté* hati ayam yang mengalami pengolahan pasteurisasi (85°C) dan tidak dipasteurisasi, dikemas dengan *jar* kaca, serta disimpan dalam suhu dingin (4°C) memiliki kadar air produk sebesar 27,80% dan kadar FFA meningkat lebih besar pada *pâté* yang tidak dipasteurisasi yaitu sebesar 3,7%. Peningkatan FFA *pâté* tersebut terjadi karena adanya pengaruh dari penyimpanan (Abu-Salem & Abou Arab, 2010), terbukti bahwa pada data tertulis, kadar FFA signifikan terhadap penyimpanan *pâté* hati ayam selama 9 hari. Peningkatan juga dapat terjadi karena penyimpanan dingin atau beku dapat

menyebabkan perubahan lemak oleh bakteri lipolitik. Perubahan ini disebabkan oleh hidrolisis lemak dan oksidasi enzimatis asam lemak oleh mikroorganisme (Abu-Salem & Abou Arab, 2010). Kenaikan FFA menyebabkan ketengikan karena hidrolisis trigliserida (Sopianti *et al.*, 2017).

Proses pasteurisasi dilakukan dengan cara memasukan produk terlebih dahulu pada *jar* kaca, kemudian air mulai ditambahkan pada tempat pasteurisasi, hingga menutupi seluruh bagian *jar*. Air harus menutupi semua bagian *jar*, yang bertujuan agar air yang merupakan medium penghantar panas dapat mendistribusikan panasnya secara merata dan mencegah *thermal shock* (Wulandari & Budi, 2021). Metode pasteurisasi didasarkan pada prinsip kematian bakteri akibat proses termal, dimana kematian populasi sel mengikuti kinetika reaksi pertama (Deák, 2014). Kemasan kaca merupakan pengemas yang biasa digunakan di berbagai produk makanan padat atau cair yang diberi perlakuan panas atau bertekanan. Kaca merupakan material *amorf* (*non* kristalin) (Yariş, 2017). Kemasan kaca dapat memperpanjang umur simpan produk pangan dikarenakan sifatnya yang merupakan *barrier* baik terhadap air, uap air, dan gas-gas lain. Kaca juga merupakan bahan yang inert, tembus pandang, tidak bermigrasi dan tahan lingkungan.

Mengacu dari data USDA, kadar air, lemak, dan protein *pâté* hati ayam masing-masing sebesar 65,6%, 13,1%, dan 13,4%, yang berarti kadar air dan protein *pâté* hati ayam penelitian Porto-Fett *et al.* (2019) lebih tinggi dibandingkan data yang disediakan USDA, namun perbedaan yang dimaksud tidak terlalu jauh. Hal tersebut dapat dikarenakan adanya perbedaan resep, metode pemasakan, dan waktu tunggu setelah memasak *pâté* hati ayam. Pada *pâté* hati ayam yang diolah dengan *bain marie* pada penelitian Porto-Fett *et al.* (2019) diketahui terdapat adanya penambahan telur rebus dan *bourbon* (minuman beralkohol), hal tersebut dapat meningkatkan kadar protein dan kadar air produk. Perbedaan cara memasak menggunakan teknik *bain marie* dan penggorengan konvensional akan menghasilkan perbedaan kadar air pada produk, hal ini dikarenakan pada proses *bain marie* dihasilkan uap air yang akan mencegah makanan mengering (Porto-Fett *et al.*, 2019). Hal tersebut juga dapat dijadikan penyebab terkait perbedaan kadar air yang besar antara *pâté* hati ayam pada penelitian Porto-Fett *et al.* (2019) dan Abu-Salem & Abou Arab (2010).

Tabel 19. Karakteristik sensori *pâté* hati ayam

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bau	Tekstur	Rasa	Warna	Sumber
1	<i>Bain marie</i> (100°C)	-	Pendinginan (2 hari)					(Hutchison <i>et al.</i> , 2015)
	Pasteurisasi (85°C) setelah pengemasan dan tidak dipasteurisasi	Kaca	Pendinginan (4°C)	Dapat diterima (kuat dan kaya aroma)	Dapat diterima (<i>creamy</i> dan lembut)	Dapat diterima	Dapat diterima (merah muda)	(Abu-Salem & Abou Arab, 2010)
	Sterilisasi (121°C) sebelum dikemas	MAP (EVOH +PE) dan Komersial (PE)	8 bulan					(Soffer <i>et al.</i> , 1994)
	Iradiasi (sinar gamma, 7 kGy)	-	Pendinginan (4°C, 14 hari)					(Inamura <i>et al.</i> , 2012)
2	Iradiasi (sinar gamma, 0,8 kGy)	-	Pendinginan (4°C) dan pembekuan (-20°C)	-	-	-	Tidak ada perubahan warna yang diakibatkan iradiasi	(Gunther <i>et al.</i> , 2019)
3	Penggorengan	-	Pendinginan (4°C)	-	-	-	Keabuan	(Whyte <i>et al.</i> , 2006)

Keterangan:

- = Tidak dijelaskan

kGy = Kilo gray

Data yang disajikan pada Tabel 19. Karakteristik sensori *pâté* hati ayam. Didapat bahwa pada *pâté* hati ayam yang diolah dengan teknik *bain marie* (100°C) dan disimpan pada suhu dingin selama 2 hari, pengolahan pasteurisasi (85°C) dan tidak dipasteurisasi dengan pengemasan kaca dan pendinginan (4°C), sterilisasi (121°C) dengan pengemasan MAP dan komersial dan disimpan dalam suhu dingin (4°C) selama 14 hari, dan iradiasi (7 kGy) dengan penyimpanan 8 bulan, memiliki hasil bau yang didapat diterima yaitu kuat dan kaya aroma, tekstur yang dapat diterima yaitu *creamy* dan lembut, rasa yang dapat diterima, dan warna yang dapat diterima yaitu merah muda. Proses pemasakan dengan *bain marie* sendiri dapat mempertahankan kualitas sensori dari *pâté* dikarenakan aplikasi pemanasan yang lebih merata sampai ke inti hati dibandingkan dengan pemanasan konvensional, walau waktu pemasakan dengan teknik *bain marie* lebih lama dibandingkan pemasakan konvensional (Hutchison *et al.*, 2015).

Proses sterilisasi pada penelitian Soffer *et al.* (1994) dilakukan sebelum produk dimasukkan kedalam kemasan dengan suhu 121°C selama 20 menit. Kemasan MAP yang digunakan diinjeksikan 75% CO₂ + 5% O₂ + 20% N₂ dan kemudian disimpan pada suhu rendah selama 14 hari. Dikarenakan proses sterilisasi dilakukan sebelum produk dimasukkan dalam kemasan. Maka perlu adanya praktik untuk menjaga ke higienisan produk seperti mengikuti kaidah GMP (Atmoko, 2017). Kemasan EVOH merupakan kemasan fleksibel yang memiliki permeabilitas terhadap uap air dan oksigen yang tinggi, jika dipakai untuk mengemas produk lembab seperti *pâté*, karena senyawa yang terkandung pada pengemas mudah bereaksi dengan air, oleh karena itu kemasan EVOH dikombinasikan dengan PE yang memiliki sifat rendah permeabilitas.

Pâté dengan pengolahan pasteurisasi dan sterilisasi menghasilkan kualitas *pâté* yang dapat diterima dikarenakan panas yang dihasilkan dari proses tersebut tidak langsung mengenai produk, namun melewati pengemas terlebih dahulu, sehingga kerusakan yang dihasilkan tidak terlalu terlihat. Sedangkan pada *pâté* hati ayam dengan pengolahan iradiasi (0,8 kGy) memiliki hasil, tidak adanya perubahan warna yang terlihat secara visual diakibatkan iradiasi. Pada penelitian sebelumnya, iradiasi dosis rendah (1,66-2,86 kGy) tidak terlalu mempengaruhi kualitas warna dari produk ayam, namun iradiasi mempengaruhi perubahan struktur serat produk ayam (Yoon, 2003). Selain itu, iradiasi

merupakan proses non termal, sehingga kerusakan kualitas sensori hati ayam dapat diminimalisir. Proses iradiasi *pâté* hati ayam pada Inamura *et al.* (2012) dilakukan dengan cara mengiradiasi produk beserta kemasannya dengan sinar gamma dosis 7 kGy, pengukuran *dosimetric* dilakukan sebelumnya dengan menggunakan *dosimetry* Fricke. Kemudian produk disimpan selama 8 bulan. Sedangkan, pada penelitian proses iradiasi dilakukan Gunther *et al.* (2019) sama seperti pada penelitian Inamura *et al.* (2012), namun dengan dosis yang berbeda yaitu 0,8 kGy, dosimetri diukur dengan menggunakan eScan Alanine System sesuai dengan American Standard Testing and Material (ASTM). Waktu paparan radiasi tidak dijelaskan detail pada literatur acuan, namun paparan radiasi pada produk dengan waktu yang lama akan memiliki lebih besar pada inaktivasi mikroba, selain itu juga kerusakan sensori pada produk juga akan semakin besar potensinya.

Pâté hati ayam pada percobaan yang diolah dengan proses penggorengan memiliki warna keabuan. Perubahan warna *pâté* yang menjadi keabuan karena proses penggorengan, dikarenakan adanya pemecahan dan oksidasi molekul heme saat pemasakan, pelepasan zat besi dari globin dan menyebabkan adanya perubahan warna pada hati ayam. *Metmyoglobin* merupakan hasil oksidasi dari *myoglobin* yang menyebabkan warna menjadi abu kecoklatan. Warna dari hati ayam berkorelasi dengan level pemasakan (Qu *et al.*, 2021). Menurut Abu-Salem & Abou Arab (2010) *pâté* hati ayam atau bebek yang baik adalah *pâté* yang kaya akan rasa dan aroma, penampilan dan tekstur yang terhomogenisasi dan *creamy*, warna yang cenderung ke kuningan, namun warna *pâté* yang terbaik adalah jika berwarna merah muda lembut dengan bintik krem, sedangkan untuk rasa *pâté* yang baik adalah sangat kaya dengan tekstur halus seperti sutra. Dari penjabaran tersebut maka *pâté* dengan pengolahan *bain marie* (100°C), pasteurisasi dan tidak dipasteurisasi, sterilisasi, dan iradiasi (7 kGy) masuk dalam kategori *pâté* hati ayam yang memiliki kualitas sensori yang baik.

Tabel 20. Karakteristik dan kualitas mikrobiologi *pâté*

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bakteri	Yeast	Fungi	Umur Simpan	Sumber
1	Pasteurisasi (85°C) setelah pengemasan dan tidak dipasteurisasi	Kaca	Pendinginan (4°C)	Nihil keberadaan <i>coliform</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , dan <i>Salmonella</i>	10 CFU/g setelah 9 hari penyimpanan	10 CFU/g setelah 9 hari penyimpanan	9 hari masih dalam keadaan baik, ada efek penambahan <i>sodium benzoate</i>	(Abu-Salem & Abou Arab, 2010)
	Iradiasi (sinar gamma, 7 kGy)	-	8 bulan		-	-	-	(Inamura <i>et al.</i> , 2012)
2	Penggorengan	-	Pendinginan (4°C)	Nihil keberadaan <i>Campylobacter</i> dan <i>Salmonella</i>	-	-	-	(Whyte <i>et al.</i> , 2006)
3	<i>Bain marie</i> (100°C)	-	Pendinginan (4°C)	Nihil keberadaan <i>Campylobacter</i> dan <i>Salmonella</i>	-	-	-	(Hutchison <i>et al.</i> , 2015)
	<i>Bain marie</i> (suhu int 73,9°C)	-						(Porto-Fett <i>et al.</i> , 2019)
4	Iradiasi (sinar gamma, 0,8 kGy)	-	Pendinginan dan pembekuan	<i>Campylobacter jejuni</i> menurun 0,6% (pendinginan) dan 3,8% (pembekuan), signifikan selama periode penyimpanan	-	-	1 minggu (pendinginan) dan 2 minggu (pembekuan)	(Gunther <i>et al.</i> , 2019)

Tabel 16. Karakteristik dan kualitas mikrobiologi *pâté* hati ayam (lanjutan)

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bakteri	Yeast	Fungi	Umur Simpan	Sumber
5	Sterilisasi <i>autoclave</i> setelah pengemasan (121,1°C, 2,5 bar, 45 menit)	Kaleng	-	Bakteri menurun 3,81%, signifikan	-	-	-	(Raseta <i>et al.</i> , 2019)
6	Sterilisasi sebelum pengemasan	MAP (EVOH) dan komersial (PE)	Pendinginan (4°C, 14 hari)	MAP: Sedikit ada peningkatan sampai hari ke-8, namun selanjutnya bakteri aerobik menurun sebesar 0,6% (akhir: 3,4 log ₁₀ CFU/g ⁻¹) Komersial: Bakteri aerobik meningkat pesat sebesar 4% (akhir: 8 log ₁₀ CFU/g ⁻¹)	-	-	-	(Soffer <i>et al.</i> , 1994)

Keterangan:

- = Tidak dijelaskan

kGy = Kilo gray

MAP = *Modified Atmosphere Packaging*CFU = *Colony Forming Unit*

Berdasarkan Tabel 20. Karakteristik mikrobiologi *pâté* hati ayam, didapat bahwa *pâté* hati ayam pada pengolahan pasteurisasi (85°C) dan tidak dipasteurisasi dikemas kaca dan disimpan pada suhu dingin serta produk *pâté* yang di iradiasi dengan dosis 7 kGy dan disimpan selama 8 bulan diketahui tidak ditemukan adanya keberadaan *coliform*, *Staphylococcus aureus*, dan *Salmonella*. *Pâté* yang diiradiasi memiliki hasil dalam 9 hari masih dalam keadaan baik. Pasteurisasi dan iradiasi dapat mengurangi mikroba pembusuk sampai ke tingkat yang paling rendah dan menghancurkan patogen vegetatif. *Pâté* yang dipasteurisasi tidak memiliki bakteri *coliform*, *Staphylococcus aureus*, dan *Salmonella*. Tidak terdeteksinya bakteri tersebut merupakan indeks kondisi sanitasi yang baik saat pemrosesan berlangsung (Abu-Salem & Abou Arab, 2010; Inamura *et al.*, 2012). Produk *pâté* yang diolah dengan pasteurisasi (85°C) dan tidak dipasteurisasi memiliki kadar *yeast* dan *fungi* yang rendah, yaitu sebesar 10 CFU/g setelah 9 hari penyimpanan. Kadar air dan pH produk *pâté* hati ayam Abu-Salem *et al.* (2010) merupakan media yang baik untuk pertumbuhan *yeast* dan *fungi*. *Yeast* dan *fungi* optimal tumbuh pada produk dengan kadar air tinggi yaitu diatas 70% dan pH 5,5-7,8 (Usuman & Fitrianiingsih, 2011; Syelvia, 2018). Sedangkan, kadar air dan pH *pâté* hati ayam yang di pasteurisasi maupun tidak, tidak mendukung pertumbuhan *yeast* dan *fungi*.

Pâté hati ayam dalam penelitian yang dilakukan oleh Whyte *et al.* (2006) menggunakan metode penggorengan konvensional, dan didapat hasil bahwa *pâté* tersebut nihil keberadaan bakteri *Campylobacter* dan *Salmonella* hal ini dikarenakan suhu yang digunakan untuk menggoreng hati ayam mungkin sangat tinggi, terbukti pada Tabel 14. menunjukkan bahwa *pâté* hati ayam Whyte *et al.* (2006) memiliki warna keabuan yang dikarenakan paparan suhu yang sangat tinggi pada hati ayam. Walau begitu, penggorengan konvensional memiliki implementasi panas pemasakan yang kurang merata. Pada *pâté* hati ayam dengan pengolahan penggorengan dan *bain marie* serta penyimpanan suhu dingin (4°C) diketahui tidak ditemukan adanya bakteri *Campylobacter* dan *Salmonella* dalam produk *pâté* (Hutchison *et al.*, 2015; Porto-Fett *et al.*, 2019). Bakteri *Salmonella* dapat di inaktivasi pada suhu 60-68°C sedangkan bakteri *Campylobacter* dapat diinaktivasi diatas suhu 48°C (Porto-Fett *et al.*, 2019; Teufel, 2002). Pada pengolahan *bain marie* dan penggorengan, *pâté* di masak dengan suhu di atas 73,9°C, sehingga bakteri seperti *Campylobacter* dan *Salmonella* dapat terinaktivasi.

Pengolahan dengan teknik *bain marie* membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan penggorengan biasa untuk mencapai suhu internal yang di targetkan, namun distribusi panas yang dihasilkan pada teknik *bain marie* lebih seragam (Porto-Fett *et al.*, 2019).

Pada *pâté* ayam yang di iradiasi sinar gamma dengan dosis 0,8 kGy, disimpan dengan pendinginan dan pembekuan didapat hasil bahwa *C. jejuni* menurun 0,6% (pendinginan) dan 3,8% (pembekuan), signifikan selama periode penyimpanan. Pada penyimpanan dingin *pâté* dapat dipertahankan selama 1 minggu, sedangkan pada pembekuan *pâté* dapat dipertahankan selama 2 minggu. Pada suhu rendah (pendinginan) pertumbuhan bakteri terhambat, namun sampai batas tertentu bakteri tidak mengalami kematian, bakteri tersebut adalah psikrofilik. Bakteri yang masih dapat tumbuh di suhu dingin, dapat lebih dihambat lagi dengan penyimpanan beku. Kematian bakteri pada pembekuan dikarenakan koloidal protoplasma berubah permanen (Priharsanti, 2009).

Pâté hati ayam yang mengalami proses sterilisasi dengan suhu 121,1°C selama 45 menit dapat menurunkan bakteri sebesar 3,81% secara signifikan. Proses sterilisasi dilakukan di dalam kaleng, proses sterilisasi dilakukan dengan menggunakan *autoclave* dengan tekanan 2,4 bar (Raseta *et al.*, 2019). Sterilisasi dapat menghancurkan mikroba patogen dan pembusuk, dan membuat produk matang dengan cita rasa dan tekstur yang sesuai (Nurhikmat *et al.*, 2016). *Pâté* hati ayam yang mengalami sterilisasi, pengemasan MAP dan komersial, dan pendinginan 4°C selama 14 hari didapat bahwa bakteri aerobik menurun sebesar 0,6% pada kemasan MAP dan meningkat 4% pada kemasan komersial. Kemasan MAP merupakan pengemas yang mengkondisikan pencampuran antara CO₂ yang tinggi dengan penambahan O₂ yang sedikit. CO₂ dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme karena meningkatkan fase lag dan waktu generasi mikroorganisme, oleh sebab itu sampai hari ke-8 bakteri sedikit meningkat, namun setelah itu menurun karena sudah masuk fase stasioner dan kematian. Efek penghambatan mikroorganisme oleh CO₂ yang diinjeksikan pada kemasan MAP, memiliki efek yang sangat besar jika digabungkan dengan penyimpanan dingin (4°C) (Soffer *et al.*, 1994).

Pâté pada pengolahan penggorengan, *bain marie*, pasteurisasi, sterilisasi, dan iradiasi dosis 0,8 kGy memenuhi standar produk yang memuaskan menurut Centre for Food Safety (2014) dikarenakan tidak terdeteksinya bakteri seperti *Campylobacter*, *coliform*, *Staphylococcus aureus*, dan *Salmonella*. *Pâté* hati ayam yang di sterilisasi dan dikemas MAP dan kemasan komersial pada penelitian Soffer *et al.* (1994) juga masih masuk dalam kategori *pâté* siap konsumsi yang memuaskan berdasarkan standar produk Hong Kong pada Centre for Food Safety (2014), karena jumlah bakteri aerobik produk tersebut $< 10^5$.

Berdasarkan perbandingan data yang ada, teknik pemrosesan pada produk *pâté* hati ayam yang paling baik, dapat menaikkan umur simpan, dan dapat meminimalisir kerusakan produk *pâté* hati ayam adalah teknik pengolahan *bain marie*, pengemasan kaca dengan pembekuan atau MAP dengan pendinginan. Konsumen cenderung melihat produk pangan dari kualitas sensorinya terlebih dahulu. *Pâté* hati ayam yang disukai oleh konsumen, adalah yang berwarna merah muda dengan tekstur yang lembut. Namun, jika mengacu pada nilai sensori tersebut, seringkali *pâté* hati ayam tidak dimasak dengan matang sempurna, dan dapat membahayakan keamanan konsumen. *Bain marie* dapat mempertahankan sifat-sifat sensori yang dapat diterima oleh konsumen pada penelitian yang dilakukan oleh Hutchison *et al.* (2015), dikarenakan efek pemanasan dengan teknik *bain marie* merata. Efek pemanasan yang merata sampai ke inti hati ayam tersebut juga dapat mematikan bakteri-bakteri pembusuk dan patogen pada produk seperti yang disampaikan Hutchison *et al.* (2015) dan Porto-Fett *et al.* (2019).

Pengemasan kaca atau MAP juga baik untuk menyimpan *pâté*, namun pengemasan kaca lebih baik dipakai karena sifatnya yang inert dan dapat lebih higienis dan mudah untuk pemakaian jangka sedang karena produk dapat ditutup kembali dengan rapat. Untuk pengemasan kaca, penyimpanan yang digunakan adalah pendinginan. Kemasan kaca tidak dapat disimpan beku dikarenakan akan terjadi adanya *thermal shock* pada kaca saat di keluarkan. Namun, pembekuan lebih meningkatkan umur simpan, namun sebelum dipakai produk harus di *thawing* terlebih dahulu, proses tersebut tidak praktis dan apabila dilakukan terlalu sering, produk akan terkontaminasi. Pengemas yang dapat digunakan pada penyimpanan beku adalah MAP. Kedua pengemas tersebut juga memiliki kelemahan karena tembus pandang. Namun, karena penerimaan konsumen terhadap *pâté*

tergantung pada nilai sensorinya, maka *pâté* harus disimpan dalam kemasan tembus pandang, walau *pâté* akan mudah teroksidasi. Oleh karena itu, konsumen harus menyimpan *pâté* pada tempat yang jauh dari cahaya dan akan lebih baik jika diikuti dengan penyimpanan suhu rendah. *Pâté* yang dapat disimpan dalam kurun waktu 2 minggu atau lebih, namun setelah dibuka, umur simpan *pâté* menjadi 7 hari.

Pâté dengan proses pasteurisasi juga memiliki hasil yang baik dalam segi sensori, walau pada kualitas kimia *pâté* pasteurisasi mengalami kenaikan FFA dan terdapatnya *yeast* dan *fungi* pada 9 hari penyimpanan. Hal tersebut tergolong wajar, karena kadar lemak *pâté* cenderung tinggi, selain itu kadar *yeast* serta *fungi* pada *pâté* tersebut masih cenderung rendah. Sama dengan proses pasteurisasi, hasil *pâté* yang dihasilkan dari proses iradiasi juga tergolong baik dalam segi sensori dan mikrobiologi. Namun, proses pasteurisasi dan iradiasi merupakan proses tambahan, dimana produk harus diproses terlebih dahulu sebelum di pasteurisasi, contohnya dengan penggorengan atau *bain marie*. Proses pengolahan *pâté* dengan penggorengan menghasilkan *pâté* dengan kualitas mikrobiologi yang baik, namun panas berlebihan dan tidak rata pada proses penggorengan dapat menyebabkan *pâté* menjadi gosong dan memiliki warna keabuan, dimana warna tersebut kurang diminati konsumen. Sedangkan, dengan proses pengolahan *bain marie* saja sudah dapat menghasilkan *pâté* yang baik dari segi kimia, sensori, dan mikrobiologinya, sehingga produsen tidak perlu menambah proses tambahan lain. Hal tersebut dapat menekan biaya produksi.

3.3. Karakteristik Kimia, Sensori, dan Mikrobiologi Produk Sosis Ayam dan Kalkun Siap Konsumsi

Sosis menurut SNI (2015) merupakan produk dengan bahan dasar daging yang dihaluskan dengan atau tanpa penambahan bahan tambahan pangan dan bahan pangan lain yang diizinkan dan dimasukkan dalam selongsong sosis. Sosis dapat rusak karena benturan fisik, perubahan kimia, aktivitas mikroba, dan pecah emulsi. Ciri-ciri kerusakan dari sosis adalah adanya perubahan warna, rasa, timbul lendir dan bau tengik yang disebabkan oleh oksidasi lemak daging (Kartika *et al.*, 2014). Beberapa teknik pemrosesan yang dapat digunakan untuk memperpanjang umur simpan dari produk antara lain pemanasan ohmik, iradiasi, pengemasan vakum, dan penyimpanan suhu dingin.

Tabel 21. Tabel karakteristik kimia sosis ayam dan sosis kalkun siap konsumsi

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Kadar Air	Lemak	Protein	pH	Sumber
1	Pemanasan ohmik sesudah pengemasan	Plastik vakum (PE)	-	Meningkat 0,03% (akhir: 57,44%)	Menurun 0,02% (akhir: 22,78%)	Meningkat 0,0025% (akhir: 14,17%)	Meningkat (6,29-6,31)	(Inmanee <i>et al.</i> , 2019)
2	Pemanasan ohmik (45 V, 55V, dan 100 V)	-	Pendinginan (4°C)	Pemanasan ohmik (45 V), int 70°C): menurun 0,05%, tidak signifikan	-	-	-	(Lim-im <i>et al.</i> , 2019)
				Pemanasan ohmik (55 V), int 70°C): menurun 0,02%, tidak signifikan	-	-	-	
					Pemanasan ohmik (100 V, int temp 72°C): oksidasi meningkat 0,54%, signifikan selama 5 hari (akhir: 0,054%)			(Patyukov & Pacinovski, 2015)

Tabel 21. Tabel karakteristik kimia sosis ayam dan sosis kalkun siap konsumsi (lanjutan)

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Kadar Air	Lemak	Protein	pH	Sumber
3	Iradiasi (sinar gamma, 5 kGy/h, setelah pengemasan) dan tidak diiradiasi	Plastik vakum (PE/nylon bag)	Pendinginan (4°C, 4 minggu)	-	-	-	Tidak di iradiasi: tidak berubah, tidak signifikan (6,41-6,43) Iradiasi 5 kGy: menurun, tidak signifikan (akhir: 6,41-6,42)	(Hwang <i>et al.</i> , 2015)
4	Perebusan (100°C, 120 menit, dan 74°C)	Plastik vakum (PE)	Pendinginan (4°C)	Perebusan (100°C, 120 menit): kadar air produk 68,36%	Perebusan (100°C, 120 menit): kadar lemak produk 5,85%	Perebusan (100°C, 120 menit): kadar protein produk 19,53%	Perebusan (100°C, 120 menit): pH produk adalah (6,50-6,53)	(Naveena <i>et al.</i> , 2017)
				Perebusan (74°C): kadar air produk 76,61%	Perebusan (74°C): kadar lemak produk 0,61%	Perebusan (74°C): kadar protein produk 14,4%	Perebusan (74°C): pH produk adalah 6,07-6,17	(Andrés <i>et al.</i> , 2006)

Tabel 21. Tabel karakteristik kimia sosis ayam dan sosis kalkun siap konsumsi (lanjutan)

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Kadar Air	Lemak	Protein	pH	Sumber
5	-	Plastik vakum (PP, PE)	Pendinginan (3-4°C, 21 hari)	Menurun 0,005%, tidak signifikan (rata-rata akhir: 67,55%)	Meningkat 0,14%, tidak signifikan (rata-rata akhir: 0,64%)	Meningkat 0,05%, tidak signifikan (rata-rata akhir: 15,84%)	-	(Vergiyana <i>et al.</i> , 2014)
				-	-	-	Meningkat, signifikan (6,85-6,90)	(Sallam <i>et al.</i> , 2004)

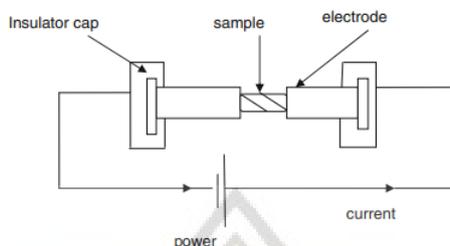
Keterangan:

- = Tidak dijelaskan
V = Volt
kGy = Kilo gray
int temp = *Internal temperature*

Berdasarkan Tabel 21. Karakteristik kimia sosis ayam dan kalkun siap konsumsi. Pada sosis ayam dengan pemanasan ohmik pada penelitian Inmanee *et al.* (2019) memiliki hasil kadar air, protein, dan pH meningkat, serta kadar lemak menurun. Kualitas kimia pada sosis tersebut mendekati standar SNI dan USDA, dimana kadar lemak sosis masih dibawah data USDA. Namun perlu menjadi catatan bahwa, lambatnya laju pemanasan pada pemanasan ohmik berefek pada denaturasi protein produk sosis (Christensen *et al.*, 2011). Dari data sosis ayam pengolahan pemanasan ohmik dengan voltase sebesar 45 dan 55 didapat bahwa tidak berpengaruh dalam penurunan kadar air sosis. Pemanasan ohmik tidak mempengaruhi kadar air, namun semakin besar voltase yang digunakan maka aktivitas air akan semakin berkurang, hal ini berperan penting dalam pengawetan (Lim-im *et al.*, 2019). Penggunaan kemasan vakum dapat memperpanjang umur simpan dari sosis ayam, keadaan minim oksigen pada kemasan vakum dapat menekan pertumbuhan bakteri aerobik (Triyannanto *et al.*, 2020). Adanya peningkatan signifikan sebesar 0,054% pada bilangan peroksida sosis ayam yang diolah dengan pemanasan ohmik (100 V) dan penyimpanan dingin selama lima hari dikarenakan adanya kandungan ikatan rangkap yang lebih besar pada PUFA sosis ayam, seperti linoleat dan asam linolenat (Patyukov & Pacinovski, 2015).

Pemanasan ohmik digunakan secara luas sebagai aplikasi seperti pengeringan, pengawetan, sterilisasi/pasteurisasi, *thawing*, dan pemanggangan. Untuk proses makanan berkemasan, regulasi yang digunakan sama seperti pengolahan termal konvensional di United States (Varghese *et al.*, 2014). Proses pemanasan ohmik diawali dengan pemasakan dan pengemasan vakum sosis terlebih dahulu. Produk yang sudah dikemas ditempatkan pada *chamber* yang dikelilingi medium konduktor (media transmisi untuk arus listrik). Tegangan (voltase) diaplikasikan pada produk. Larutan natrium sulfat (0,1% b/b) ditambahkan sebagai media untuk memanaskan bungkus sosis (Inmanee *et al.*, 2019). Pada penelitian Lim-im *et al.* (2019) sosis rebus dalam 100°C air selama 10 menit dan dikemas dan dikeringkan sebelum percobaan, sosis dimasukkan dalam *chamber* dan diapit dengan dua elektroda. Tegangan 45 dan 55 V diaplikasikan dalam produk hingga produk mencapai suhu 70°C. Hal serupa juga dilakukan pada Patyukov & Pacinovski (2015) pada penelitiannya, namun tegangan yang digunakan adalah 100 V sampai suhu mencapai 72°C atau selama 20 menit. Pada pemanasan ohmik, alur pemrosesan juga dapat

dibalik. Panas yang dihasilkan dari pemanasan ohmik dapat menyebabkan kerusakan DNA pada mikroorganisme. Hal ini serupa dengan pengaruh pemanasan termal lain. Sosis dapat diproses terlebih dahulu dengan pemanasan ohmik, kemudian produk dikemas dengan kondisi aseptik (Varghese *et al.*, 2014).



Gambar 8. Diagram sistematis proses pemanasan ohmik

(Varghese *et al.*, 2014)

Sosis yang diiradiasi diolah dengan tidak diiradiasi dan iradiasi 5 kGy/h, dikemas vakum, dan disimpan pada suhu dingin 4°C selama 14 minggu memiliki pH yang tidak berubah dengan pH akhir produk 6,41 pada pengolahan tidak diiradiasi, sedangkan untuk sosis ayam iradiasi 5 kGy memiliki penurunan pH (6,41-6,42), semua hasil pH tidak memiliki hasil yang signifikan terhadap pengolahan. Nilai pH yang basa, berkorelasi dengan pertumbuhan mikroorganisme pembusuk, protein dan asam amino yang nantinya akan mempengaruhi tingkat akumulasi metabolit (Kumar *et al.*, 2011). Proses iradiasi dilakukan dengan menempatkan sosis matang yang sebelumnya sudah dikemas vakum dengan plastik PE kedalam irradiator. Kemudian dilakukan penyinaran sinar gamma berdosisi 5 kGy/h. Kemudian produk segera disimpan pada suhu 4°C selama 4 minggu.

Pada sosis ayam yang direbus dengan suhu 100°C dan 74°C, dikemas vakum, dan disimpan dalam suhu 4°C (Andrés *et al.*, 2006; Naveena *et al.*, 2017), memiliki hasil kadar lemak yang memenuhi standar SNI, dan kadar air dan protein yang mendekati standar SNI. Pada sosis ayam yang hanya di dikemas vakum dan disimpan dengan suhu 4°C selama 21 hari, memiliki hasil penurunan kadar air, peningkatan protein dan pH (Vergiyana *et al.*, 2014). Sosis tersebut memiliki pH basa setelah penyimpanan 21 hari, yang berarti sosis tersebut tidak dapat diterima konsumen. Sedangkan, lemak dan proteinnya meningkat, namun kadar airnya menurun. Kadar air dan lemak sosis tersebut masih memenuhi standar SNI.

Tabel 22. Karakteristik sensori sosis ayam dan sosis kalkun siap konsumsi

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bau	Tekstur	Rasa	Warna	Sumber
1	Pemanasan ohmik sesudah pengemasan	Plastik vakum (PE)	-	Dapat diterima, tidak berubah, tidak signifikan	Dapat diterima, meningkat 0,02%, tidak signifikan	Dapat diterima, tidak berubah, tidak signifikan	Dapat diterima, menurun 0,01%, tidak signifikan	(Inmanee <i>et al.</i> , 2019)
		-	Pendinginan (4°C)	-	-	-	Pemanasan ohmik (45 V, <i>int temp</i> 70°C): Coklat	(Lim-im <i>et al.</i> , 2019)
2	Perebusan (100°C, 120 menit, dan 74°C)	Plastik vakum (PE)	Pendinginan (4°C)	Perebusan (100°C, 120 menit): Bau metalik	Dapat diterima	Dapat diterima	Perebusan (100°C, 120 menit): Coklat sedikit cerah	(Naveena <i>et al.</i> , 2017)
				-	-	-	Perebusan (74°C): Coklat cerah	(Andrés <i>et al.</i> , 2006)

Tabel 22. Karakteristik sensori sosis ayam dan sosis kalkun siap konsumsi (lanjutan)

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bau	Tekstur	Rasa	Warna	Sumber
3	Iradiasi (sinar gamma, 5 kGy/h dan 3 kGy, setelah pengemasan) dan tidak diiradiasi	Plastik vakum (PE/nylon bag)	Pendinginan (4°C, 4 minggu)	Sosis ayam, non iradiasi: Dapat diterima, menurun 0,11%, tidak signifikan	-	-	Sosis ayam, non iradiasi: Sangat dapat diterima, meningkat 0,02%, tidak signifikan	(Hwang <i>et al.</i> , 2015)
				Sosis ayam, iradiasi 5 kGy: Dapat diterima, menurun 0,13%, tidak signifikan terhadap iradiasi			Sosis ayam, iradiasi 5 kGy: Sangat dapat diterima, menurun 0,02%, tidak signifikan	
				Sosis kalkun, iradiasi 3 kGy: Dapat diterima, meningkat 0,74%, tidak signifikan	-	Sosis kalkun, iradiasi 3 kGy: <i>Off flavor</i> meningkat 0,82%, signifikan setelah iradiasi	Sosis kalkun, iradiasi 3 kGy: Dapat diterima, meningkat 0,74%, tidak signifikan	(Du & Ahn, 2002)
4	<i>Pulsed UV light</i> setelah proses pengemasan	Tidak dikemas dan plastik vakum (PP)	-	-	-	-	Tidak dikemas, <i>Pulsed UV light</i> (13 cm, 5 detik): Kecoklatan, tidak signifikan	(Keklik <i>et al.</i> , 2009)

Tabel 22. Karakteristik sensori sosis ayam dan sosis kalkun siap konsumsi (lanjutan)

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bau	Tekstur	Rasa	Warna	Sumber
4	<i>Pulsed UV light</i> setelah proses pengemasan	Tidak dikemas dan plastik vakum (PP)	-	-	-	-	Vakum, <i>Pulsed UV light</i> (13 cm, 5 detik): Agak kekuningan, tidak signifikan <hr/> Tidak dikemas, <i>Pulsed UV light</i> (8 cm, 30 detik): Kecoklatan, tidak signifikan <hr/> Vakum, <i>Pulsed UV light</i> (8 cm, 30 detik): Agak kekuningan, tidak signifikan	(Keklik <i>et al.</i> , 2009)
5	-	-	Suhu ruangan (5 hari)	Asam sangat menyengat	Lunak berlendir	-	Kecoklatan	(Kartika, 2014)
6	-	Plastik vakum (PE)	Pendinginan (21 hari)	Bau bawang terlalu kuat	Agak empuk	Rasa bawang terlalu kuat	-	(Sallam <i>et al.</i> , 2004)

Keterangan:

- = Tidak dijelaskan

int temp = *Internal temperature*

kGy = Kilo gray

V = Volt

Berdasarkan Tabel 22. Karakteristik sensori sosis ayam dan kalkun siap konsumsi. Pada sosis ayam dengan pemanasan ohmik, pengemasan vakum didapat hasil bau dan rasa yang tidak berubah, tekstur yang dapat diterima dan meningkat, dan warna yang dapat diterima dan menurun. Berdasarkan hasil tersebut, diketahui bahwa pengemasan vakum dan pemanasan ohmik tidak mempengaruhi perubahan dan karakteristik sensori sosis, terbukti dengan tidak signifikannya hasil yang diperoleh (Inmanee *et al.*, 2019). Hal tersebut sesuai dengan Sastry (2008) Pemanasan ohmik dapat meminimalkan tekstur dan penampilan pangan siap konsumsi dan dapat menonaktifkan patogen. Pemanasan ohmik merupakan pemanasan yang dihasilkan secara internal mengalir langsung melalui produk makanan. Pada sosis ayam dengan pemanasan ohmik (45 V dan 55 V) dan pendinginan (4°C) memiliki hasil warna coklat. Pemanasan ohmik membuat warna sosis menjadi lebih gelap (Lim-im *et al.*, 2019).

Sosis ayam yang diolah dengan perebusan 100°C selama 120 menit, pengemasan vakum, dan pendinginan (4°C) memiliki hasil bau metalik, tekstur dan rasa yang dapat diterima, dan warna coklat sedikit cerah. Bau metalik yang dihasilkan dapat dikarenakan pemasakan sosis yang terlalu lama, sehingga terjadi pelepasan ion logam yang nantinya meningkatkan oksidasi (Naveena *et al.*, 2017). Sedangkan, pada pengolahan perebusan 74°C, pengemasan vakum, dan pendinginan (4°C), menghasilkan tekstur dan rasa yang dapat diterima dengan warna coklat cerah (Andrés *et al.*, 2006).

Sosis ayam dengan pengolahan non iradiasi dan iradiasi 5 kGy/h memiliki hasil bau yang dapat diterima namun menurun dan warna yang sangat dapat diterima, meningkat pada non iradiasi dan menurun pada iradiasi 5 kGy/h, namun semuanya tidak mempunyai hasil signifikan terhadap pengolahan (Hwang *et al.*, 2015). Sosis kalkun yang diiradiasi 3 kGy memiliki hasil tekstur dan warna yang dapat meningkat, namun tidak signifikan, sementara tingkat *off flavor* produk meningkat signifikan setelah iradiasi (Du & Ahn, 2002). Iradiasi dapat mempercepat reaksi radikal bebas dan menyebabkan oksidasi lipid, pembentukan bau, rasa, dan warna yang negatif, namun hal itu dapat diatasi dengan penambahan antioksidan pada produk atau penggunaan kemasan MAP (Hwang *et al.*, 2015). Iradiasi membuat adanya perpindahan massal yang melibatkan interaksi dengan pengemas, sehingga menyebabkan *off flavor*, iradiasi memicu perubahan dalam kinetika

interaksi tersebut (Pilette, 1990). Pada sosis dengan pengolahan *pulsed UV light* dengan tidak dikemas dan vakum memiliki warna yang kecoklatan pada sosis yang tidak dikemas, dan agak kekuningan pada sosis yang dikemas vakum. Warna kecoklatan pada sosis yang tidak dikemas dapat dikarenakan adanya efek antara produk dengan udara. *Pulsed UV light* diterapkan pada produk yang sudah dikemas dengan plastik vakum PP, sebelum diaplikasikan, sampel dan lampu diberi jarak. *Pulsed UV light* berdenyut 3 kali per detik, durasi tiap denyutan adalah 360 μ s (Keklik *et al.*, 2009). Plastik PP lebih kuat terhadap suhu tinggi dan memiliki barrier yang lebih kuat dibanding plastik PE, namun plastik PP kurang resisten di suhu rendah. Berdasarkan Chen *et al.* (2020) metode *pulsed UV light* kurang efisien dari pada radiasi gamma. Hal tersebut dikarenakan, penetrasi *pulsed UV light* yang terbatas, sedangkan sinar gamma yang mampu menembus jauh ke dalam jaringan. Frekuensi dan daya tembus sinar gamma paling besar dari semua sinar yang ada. Selain itu, berdasarkan sumber literatur yang sama, diketahui bahwa perlakuan *pulsed UV light* menghasilkan tingkat oksidasi lipid yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel yang diiradiasi gamma, hal ini sejalan dengan oksidasi lipid karena sinar matahari, karena sumber utama matahari adalah sinar UV. Beberapa spora, seperti spora *B. cereus* memiliki ketahanan yang kuat terhadap resistensi sinar UV.

Sosis ayam yang disimpan selama 5 hari pada suhu ruang memiliki bau asam yang menyengat, tekstur lunak berlendir, dan warna kecoklatan (Kartika, 2014). Karakteristik tersebut, menandakan sosis yang sudah tidak layak dikonsumsi. Salah satu ciri sosis yang tidak dapat dikonsumsi selanjutnya adalah warna sosis yang semakin terang dan semakin ke merah muda selama penyimpanan, hal tersebut dikarenakan adanya peningkatan pH (Brewer *et al.*, 2001). Pada sosis ayam yang dikemas vakum dan pendinginan selama 21 hari memiliki karakteristik bau dan rasa bawang yang terlalu kuat serta tekstur yang empuk, hal ini karena adanya penambahan bawang yang banyak pada sosis, karena berkaitan dengan sifat antibakterinya. Semua sosis sesuai dengan standar keadaan sosis pada SNI (2015), kecuali sosis pada penelitian perebusan 100°C selama 120 menit yang berbau metalik, sosis iradiasi 3 kGy karena adanya *off flavor* yang meningkat signifikan, dan sosis penyimpanan suhu ruangan karena sudah terkontaminasi dan tidak layak konsumsi.

Tabel 23. Karakteristik mikrobiologi sosis ayam dan kalkun siap konsumsi

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bakteri	Yeast	Fungi	Umur Simpan	Sumber
1	Perebusan (74°C)	Plastik vakum (PE)	Pendinginan (4°C, 50 hari)	Pendinginan (4°C, 50 hari)	Dibawah 2 log CFU/g	Dibawah 2 log CFU/g	50 hari masih dalam kondisi baik	(Andrés <i>et al.</i> , 2006)
2	Perebusan (100°C, 120 menit)	Plastik vakum (PE)	Pendinginan (4°C)	LAB muncul pada hari ke 40 (3,43 log CFU/g). <i>Coliform</i> dan <i>Salmonella</i> tidak terdeteksi selama 120 hari, penambahan ekstrak <i>rosemary</i> signifikan menurunkan LAB	-	-	-	(Naveena <i>et al.</i> , 2017)
3	Pemanasan ohmik	Plastik vakum (PE)	-	Mengurangi 99% bakteri	-	-	-	(Inmanee <i>et al.</i> , 2019)
4	Tidak diiradiasi, iradiasi (sinar gamma, 5 kGy/h, sesudah pengemasan)	Plastik vakum (PE/nylon bag)	Pendinginan (4°C, 4 minggu)	-	-	-	Masih dapat diterima setelah 4 minggu iradiasi	(Hwang <i>et al.</i> , 2015)

Tabel 23. Karakteristik mikrobiologi sosis ayam dan kalkun siap konsumsi (lanjutan)

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bakteri	Yeast	Fungi	Umur Simpan	Sumber
5	Tidak di iradiasi, iradiasi 2 kGy, dan 3 kGy	PE bags	Pembekuan (-18°C, 30 hari)	Tidak di iradiasi: Bakteri meningkat 0,02%	-	-	-	(Grozdanov <i>et al.</i> , 1994)
				Iradiasi (2 kGy): Bakteri menurun 0,07%, signifikan				
				Iradiasi (3 kGy): Bakteri menurun 0,08%, signifikan				
6	Pulsed UV light	Tidak dikemas dan plastik vakum (PP)	-	Tidak dikemas, Pulsed UV light (13 cm, 5 detik): Mengurangi 30 CFU/cm ² <i>L. monocytogenes</i> , signifikan	-	-	-	(Keklik <i>et al.</i> , 2009)
				Vakum, Pulsed UV light (13 cm, 5 detik): Mengurangi 0,1 CFU/cm ² <i>L. monocytogenes</i> , signifikan				
				Tidak dikemas, Pulsed UV light (8 cm, 30 detik): Mengurangi 0,1 CFU/cm ² <i>L. monocytogenes</i> , signifikan				
				Vakum, Pulsed UV light (8 cm, 30 detik): Mengurangi 0,9 CFU/cm ² <i>L. monocytogenes</i> , signifikan				

Tabel 23. Karakteristik mikrobiologi sosis ayam dan kalkun siap konsumsi (lanjutan)

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bakteri	Yeast	Fungi	Umur Simpan	Sumber
7	-	Plastik vakum (PE)	Pendinginan (21 hari)	Total bakteri aerob meningkat 0,46%, signifikan (akhir: 6,42 log ₁₀ CFU/g)	-	-	21 hari produk masih dalam kondisi baik	(Sallam <i>et al.</i> , 2004)
8	-	-	Pendinginan (4°C, 21 hari)	<i>Enterobacteriaceae</i> meningkat dari tidak terdeteksi menjadi 4,5 x 10 ¹ CFU/g, tidak signifikan <i>Salmonella</i> tidak terdeteksi selama 21 hari, tidak signifikan	-	-	-	(Vergiyana <i>et al.</i> , 2014)
9	-	-	Suhu ruangan (5 hari)	Bakteri <i>coliform</i> meningkat 3,5% (akhir: 1100 CFU/g) Bakteri <i>E. coli</i> meningkat 6,3% (akhir: 1100 CFU/g) Total bakteri meningkat 1,37% (akhir: 38 x 10 ⁴ CFU/g)	-	-	-	(Kartika, 2014)

Keterangan:

- = Tidak dijelaskan

LAB = *Lactic Acid Bacteria*CFU = *Colony Forming Unit*

kGy = Kilo gray

Pada Tabel 23. Karakteristik dan kualitas mikrobiologi sosis ayam dan kalkun siap konsumsi, dapat dilihat hasil karakteristik dan kualitas mikrobiologi sosis dari berbagai teknik pemrosesan. Pada pengolahan sosis ayam perebusan dengan suhu 74°C, dikemas vakum, dan didinginkan pada suhu 4°C selama 50 hari memiliki total bakteri dibawah 7 log CFU/g, namun tidak signifikan, *yeast* dan *fungi* pada sosis berkisar dibawah 2 log CFU/g dan dalam 50 hari, sosis masih dalam kondisi baik. Pertumbuhan *yeast* dan *fungi* dikarenakan hasil pertumbuhan bakteri asam laktat dalam kondisi vakum selama penyimpanan dingin (Andrés *et al.*, 2006). Pada pengolahan sosis ayam perebusan dengan suhu 100°C selama 120 menit, dikemas vakum, dan didinginkan pada suhu 4°C didapat hasil adanya LAB di hari ke-40 sebesar 3,43 log CFU/g, namun bakteri *coliform* dan *Salmonella* tidak terdeteksi selama 120 hari. Mikroba yang terhitung masih rendah, penambahan ekstrak *rosemary* signifikan menurunkan LAB dikarenakan adanya kandungan antioksidan pada ekstrak *rosemary* (Naveena *et al.*, 2017).

Pada sosis ayam yang diolah dengan pemanasan ohmik dan kemasan vakum didapat hasil bahwa bakteri berkurang sebesar 99%. Inaktivasi *L. monocytogenes* unggul pada pemanasan ohmik dikarenakan pergerakan ion yang sangat cepat secara bergantian. Pemanasan ohmik menonaktifkan mikroorganisme dengan efek termal (Inmanee *et al.*, 2019). Sosis ayam yang mengalami pengolahan tidak diiradiasi, iradiasi 2,5 kGy, dan 5 kGy/h, dikemas vakum, dan didinginkan pada 4°C selama 4 minggu masih dapat diterima setelah 4 minggu (Hwang *et al.*, 2015). Produk sosis ayam dengan perlakuan iradiasi 2 kGy dan 3 kGy berhasil menurunkan bakteri dengan signifikan, sementara pada perlakuan yang tidak di iradiasi bakteri meningkat (Grozdanov *et al.*, 1994). Selain untuk meningkatkan umur simpan, iradiasi juga dapat menurunkan penggunaan bahan pengawet pada sosis (Hwang *et al.*, 2015). Proses iradiasi dilakukan sama seperti pada penelitian sebelumnya. *Pulsed UV light* dengan jarak dan waktu yang berbeda, signifikan menurunkan bakteri *L. monocytogenes* pada sosis walaupun produk dikemas vakum atau tidak. Semakin dekat jarak dan lama waktu pengaplikasian, pengurangan bakteri akan semakin besar. Sinar UV yang dipaparkan dapat membuat sel bakteri rusak, mencegahnya bereplikasi dan sel tidak bisa bereproduksi. Panas yang dihasilkan dari aplikasi *pulsed UV light* dapat menginaktifkan bakteri pada produk pangan (Keklik *et al.*, 2009).

Sosis ayam yang dikemas dengan kemasan vakum dan didinginkan selama 21 hari memiliki total bakteri aerobik meningkat 0,46% (akhir: 6,42 log₁₀ CFU/g) dan dalam 21 hari produk masih dalam kondisi baik (Sallam *et al.*, 2004). Pada sosis ayam yang disimpan pada suhu 4°C selama 21 hari terdapat bakteri *Enterobacteriaceae* meningkat dari tidak terdeteksi menjadi 4,5 x 10¹ CFU/g, namun *Salmonella* tidak terdeteksi selama 21 hari namun peningkatan tersebut tidak signifikan. Efek temperatur dingin yang diterapkan akan membuat lingkungan yang tidak nyaman bagi bakteri, walau seperti itu, bakteri akan tetap tumbuh namun dengan kecepatan rendah (Vergiyana *et al.*, 2014). Pada sosis ayam penelitian Kartika (2014) sosis ayam disimpan pada suhu ruang 5 hari memiliki bakteri *coliform*, *E. coli*, dan total bakteri meningkat masing masing 3,5%, 6,3%, dan 1,37%. Pembusukan terjadi ketika populasi mikroba mencapai 8 log CFU/g di permukaan dan mengeluarkan bau dan terdapat lendir yang jelas (Modi *et al.*, 2006). Keberadaan bakteri *coliform*, *E. coli*, *S. aureus*, dan *Salmonella* spp. dalam sosis didapat karena adanya kontak tidak langsung dengan kotoran yang menandakan pengolahan tersebut tidak higienis (Widiyanti & Ristiati, 2004). Dari semua sosis, hanya sosis pada penyimpanan suhu ruang selama 5 hari saja yang tidak memenuhi standar SNI (2015), yang berarti sosis tersebut tidak layak untuk dikonsumsi karena terkontaminasi bakteri.

Berdasarkan perbandingan data yang ada, pemrosesan pada produk sosis ayam dan kalkun yang paling baik, dapat menaikkan umur simpan, dan dapat meminimalisir kerusakan produk sosis ayam dan kalkun adalah pemanasan ohmik, pengemasan vakum (PE), dan pendinginan. Pemanasan ohmik disarankan karena terdapat bukti pendukung yang menyatakan bahwa pengolahan tersebut dapat mengurangi bakteri sebesar 99% pada sosis (Inmanee *et al.*, 2019). Pemanasan ohmik juga dapat mempertahankan kualitas kimia dan sensori pada produk sosis, hal tersebut juga terbukti pada penelitian Inmanee *et al.* (2019). Pemanasan ohmik termasuk pada pemanasan *high temperature short time* (HTST). Keuntungan dari pemanasan ohmik adalah modal dan biaya perawatan yang rendah, suhu tinggi dapat cepat tercapai, dan karena tidak ada permukaan panas untuk perpindahan panas, melainkan panas dihasilkan dari produk, maka produk akan rendah risiko kerusakan akibat terbakar (Varghese *et al.*, 2014). Penggunaan kemasan vakum pada sosis sudah banyak diaplikasikan karena sifatnya yang kedap udara, sehingga dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Polimer PE yang digunakan untuk mengemas

memiliki sifat permeabilitas yang rendah terhadap oksigen dan uap air, sehingga kemasan tersebut sulit ditembus oleh oksigen dan uap air (Chmielewski, 2006). Pada penyimpanan suhu dingin, bakteri masih dapat tumbuh secara lambat. Penggunaan kemasan vakum akan semakin menekan pertumbuhan bakteri di suhu dingin, sehingga umur simpan sosis semakin lama. Produk komersial yang dipanaskan secara ohmik dan pengolahan steril memiliki umur simpan 3 tahun (Varghese *et al.*, 2014).

Jika dilihat pada data yang ada, *pulsed UV light* juga menghasilkan karakteristik sensori dan mikrobiologi sosis yang baik. Namun proses pemanasan ohmik lebih disarankan, karena kurangnya data pada sosis *pulsed UV light*, sehingga tidak adanya penjelasan pada karakteristik kimia sosis *pulsed UV light*. Namun, tidak menutup kemungkinan *pulsed UV light* merupakan salah satu upaya pemrosesan yang paling baik untuk diaplikasikan pada sosis. Perlu adanya studi lanjut untuk membahas secara mendetail terkait dengan pengolahan tersebut. Proses iradiasi menghasilkan sosis dengan kualitas kimia dan mikrobiologi yang baik. Namun, iradiasi dapat meningkatkan *off flavor* dan *off odor* pada produk. Terbukti pada penelitian Du & Ahn (2002) didapat adanya *off flavor* sosis pada iradiasi 3 kGy. Walaupun pada penelitian Hwang *et al.* (2015) tidak didapat adanya *off flavor* dan *off odor* karena sosis disimpan pada suhu dingin (4°C), namun tidak menutup kemungkinan terjadinya *off flavor* dan *off odor* pada sosis, semakin lamanya periode penyimpanan. Selain itu penyimpanan suhu ruang pada sosis membuat umur simpan sosis berkurang, yang dapat dilihat dari kenaikan bakteri pada sosis.

3.4. Karakteristik Kimia, Sensori, dan Mikrobiologi Produk Kari Ayam

Kari adalah rempah daging, ikan atau sayuran yang direbus dan disajikan dengan nasi, roti, jagung atau pati lainnya (Sen, 2009). Kari yang akan dibahas adalah kari dari Indonesia, yang memiliki nama lain opor. Kari mengandung santan yang dapat mudah ditumbuhi mikroorganisme. Kari ayam juga dapat rusak karena adanya perubahan kimia yang menyebabkan aroma kari menjadi tengik. Santan mudah mengalami kerusakan akibat pemisahan emulsi menjadi dua fase akibat tingginya kandungan air dan lemak pada santan (Kailaku *et al.*, 2020). Beberapa teknik pemrosesan yang dapat digunakan untuk memperpanjang umur simpan dari produk kari ayam antara sterilisasi, iradiasi, kemasan vakum, dan penyimpanan suhu dingin.

Tabel 24. Karakteristik kimia kari ayam siap konsumsi

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Kadar Air	Lemak	Protein	pH	Sumber
1	Iradiasi (45 kGy, <i>cryogenic</i> , setelah pengemasan)	Plastik vakum (<i>pouch</i> laminasi PET/Al/LLDPE)	Suhu ruang	Suhu ruang (18 bulan): Menurun 0,05% (akhir: 57,67%)	Suhu ruang (18 bulan): Menurun 0,03% (akhir: 7,10%)	Suhu ruang (18 bulan): Menurun 0,02% (akhir: 16,50%)	Suhu ruang (18 bulan): Menurun (4,75-5,55)	(Irawati <i>et al.</i> , 2010)
				Suhu ruang (12 bulan): Menurun 0,02% (akhir: 58,60%)	Suhu ruang (12 bulan): Menurun 0,07% (akhir: 8,45%)	Suhu ruang (12 bulan): Menurun 0,02% (akhir: 17,45)	Suhu ruang (12 bulan): Menurun (5,00-5,75)	(Irawati <i>et al.</i> , 2003)
2	Iradiasi (24-45 kGy, <i>cryogenic</i> , setelah pemasakan)	Plastik vakum (<i>multi-layer aluminium foil barrier pouch</i>)	Pembekuan (-20°C sampai -40°C, 3 bulan)	-	-	Ada kerusakan asam amino akibat pemasakan (sebelum proses iradiasi)	-	(Bruyn, 1997)

Tabel 24. Karakteristik kimia kari ayam siap konsumsi (lanjutan)

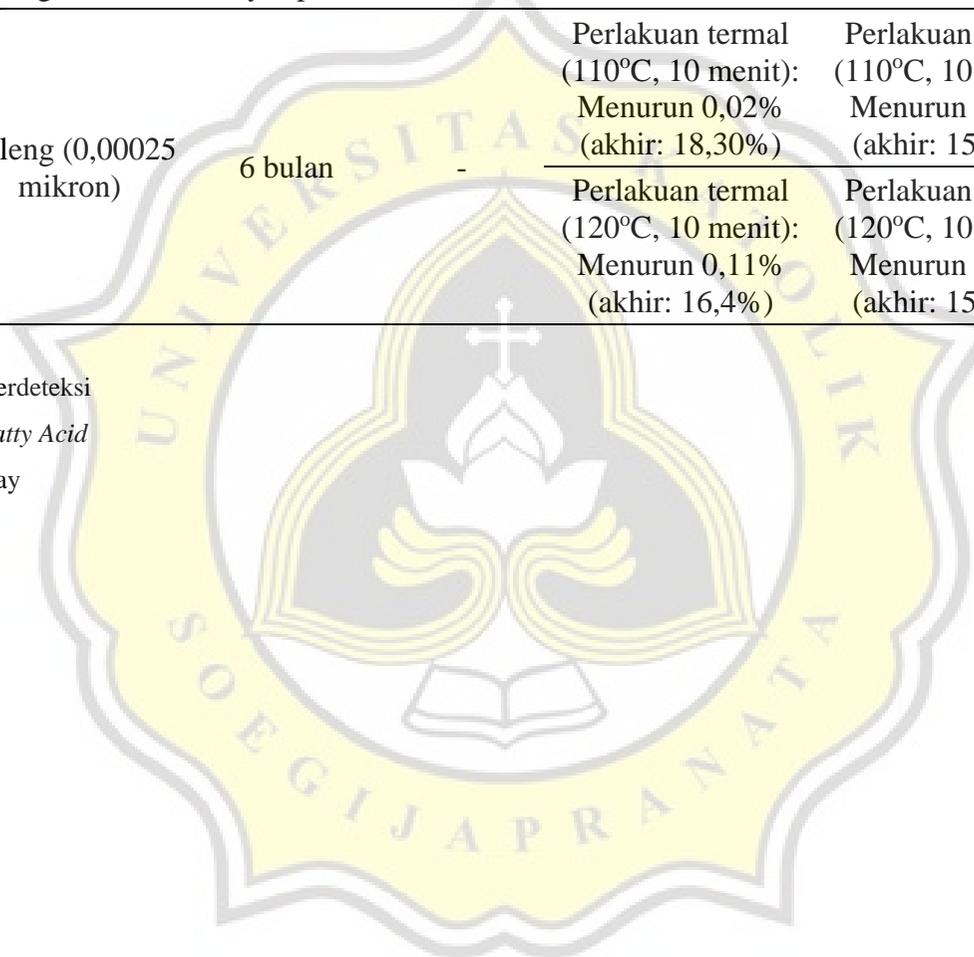
No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Kadar Air	Lemak	Protein	pH	Sumber
3	-	Plastik vakum (PE laminasi <i>aluminium foil</i>)	Pembekuan (- 18°C, 6 bulan)	-	Kadar lemak ayam 11g/100g. FFA meningkat 1% tidak signifikan selama penyimpanan, (akhir: 0,60%)	-	pH ayam menurun, tidak signifikan (5,7- 6,0)	(Modi <i>et al.</i> , 2006)
					Kadar lemak saus 15,40g/100g. FFA meningkat 0,16% signifikan selama penyimpanan (akhir: 0,59%)		pH saus menurun, tidak signifikan (5,9- 5,7)	
4	Perebusan (95- 100°C, 10-15 menit)	-	Pembekuan (- 18°C, 6 bulan)	-	FFA ayam meningkat 0,61%, tidak signifikan (akhir: 0,45%)	-	pH ayam menurun, tidak signifikan (5,51-5,73)	(Sunooj & Radhakrishna, 2013)
					FFA saus meningkat 0,59%, tidak signifikan (akhir: 0,46)		pH saus menurun, tidak signifikan (5,68-6,02)	

Tabel 24. Karakteristik kimia kari ayam siap konsumsi (lanjutan)

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Kadar Air	Lemak	Protein	pH	Sumber
5	Perlakuan termal - perebusan (setelah pengemasan)	Kaleng (0,00025 mikron)	6 bulan	-	Perlakuan termal (110°C, 10 menit): Menurun 0,02% (akhir: 18,30%) Perlakuan termal (120°C, 10 menit): Menurun 0,11% (akhir: 16,4%)	Perlakuan termal (110°C, 10 menit): Menurun 0,12% (akhir: 15,80%) Perlakuan termal (120°C, 10 menit): Menurun 0,21% (akhir: 15,00%)	-	(Massey <i>et al.</i> , 2019)

Keterangan:

- = Tidak terdeteksi
 FFA = *Free Fatty Acid*
 kGy = Kilo gray



Berdasarkan data yang didapat dari literatur pada Tabel 24. Karakteristik dan kualitas kimia kari ayam siap konsumsi, didapat kari ayam dengan proses iradiasi, kemasan vakum, dan disimpan di suhu ruang selama 18 dan 12 bulan didapat bahwa semua parameter kimia menurun, penurunan terbesar terjadi pada kari ayam yang disimpan selama 18 bulan (Irawati *et al.*, 2010; Irawati *et al.*, 2003). Penurunan tersebut sejalan dengan waktu penyimpanan. Kari ayam diolah dengan pemasakan dan iradiasi (24-45 kGy) dengan kondisi *cryogenic*, dikemas vakum, dan dibekukan pada suhu -20 sampai -40°C selama 3 bulan mengalami kerusakan asam amino karena denaturasi saat pemasakan sebelum iradiasi (Bruyn, 1997).

Sebelum diiradiasi kari ayam dimasak terlebih dahulu untuk menginaktivasi enzim otolitik, kemudian dimasukkan dalam *pouch* laminasi PET/Al/LLDPE dalam kondisi panas dan kemudian divakum 80%. Hal ini bertujuan agar mengurangi oksidasi lemak. Produk dibekukan pada suhu -18°C selama 48 jam. Kemudian produk dimasukkan dalam tempat yang sudah berisikan CO₂ padat (-79°C). Produk diiradiasi dengan dosis 45 kGy dan suhu proses -50°C (*cryogenic*). Pengkondisian tersebut bertujuan untuk menghilangkan spora bakteri *Cl. botulinum* dan bakteri spora lain seperti *Bacillus* spp. yang sifatnya patogen, namun tidak menurunkan kualitas produk akhir (Irawati *et al.*, 2010; Irawati *et al.*, 2003). Sedangkan pada penelitian Bruyn (1997) produk dimasak terlebih dahulu sampai mencapai suhu internal 75°C untuk menginaktivasi enzim. Produk kemudian dikemas vakum (*multi-layer aluminium foil barrier pouch*), produk kemudian dibekukan sampai suhu -40°C (*cryogenic*). Lalu, produk di iradiasi dengan dosis 25-45 kGy dalam kondisi temperatur di antara -40°C dan -20°C. Menurut Bammes *et al.* (2010) iradiasi *cryogenic* juga bertujuan untuk mengurangi efek kerusakan akibat iradiasi. Suhu yang rendah dapat melindungi produk dengan mengurangi pengaruh reaksi kimia dan memperlambat perpindahan fragmen molekul yang dibebaskan saat iradiasi. Dari sumber literatur yang sama, didapat bahwa efek kerusakan protein oleh iradiasi dapat di minimalisir pada suhu *cryogenic*. Penggunaan plastik *multilayer* (polimer dan *aluminium foil*) bertujuan agar produk tidak terpapar langsung dengan sinar matahari, karena kemasannya yang tidak tembus pandang, sehingga oksidasi dapat dihindari.

Hasil kari ayam yang dikemas vakum dan mengalami pembekuan (-18°C, 6 bulan), diketahui bahwa kadar lemak kari 11g/100g, FFA meningkat 1%, dan pH saus menurun (5,7-6,0), sedangkan untuk kadar lemak saus 15,40g/100g, FFA meningkat 0,16%, dan pH saus menurun (5,9-5,7) selama penyimpanan (Modi *et al.*, 2006). Berdasarkan kari ayam yang diolah dengan perebusan (95-100°C, 10-15 menit) dan di bekukan pada -18°C selama 6 bulan, FFA ayam meningkat 0,61% dan pH ayam menurun (5,51-5,73), sedangkan FFA saus meningkat 0,59% dan pH ayam menurun (5,68-6,02) (Sunooj & Radhakrishna, 2013). Peningkatan nilai FFA dan penurunan pH pada produk daging dikarenakan aktivitas lipase saat penyimpanan berlangsung, namun hal tersebut dapat direduksi dengan penggunaan pengemas vakum (Modi *et al.*, 2006).

Kari ayam yang mengalami proses perlakuan termal 110°C dan 120°C selama 10 menit, dikemas dengan kaleng, dan disimpan selama 6 bulan, kadar lemak dan protein pada sterilisasi 110°C menurun masing-masing 0,02% dan 0,12%, sedangkan pada sterilisasi 120°C kadar lemak dan protein menurun 0,11% dan 0,21%. Penurunan kadar protein dapat dikarenakan protein terdenaturasi akibat proses pengalengan dan penyimpanan, beberapa proses juga dapat mengubah ikatan protein sehingga tidak rentan terhadap pencernaan enzimatik. Tingginya temperatur dan lamanya waktu membuat persentase lemak produk selama penyimpanan menurun, karena adanya kemungkinan pemutusan *long chain fatty acid* panjang menjadi *mono chain fatty acid* (Massey *et al.*, 2019).

Proses pengolahan Massey *et al.* (2019) diawali dengan pengisian produk yang telah jadi kedalam kaleng yang sudah di sterilisasi, setelah itu kaleng di kemas secara rapat (*hermetically*). Produk kemudian diberi perlakuan termal pada waktu dan temperatur yang berbeda untuk interpretasikan efek dari pengolahan termal. Penggunaan kaleng dengan ketebalan 0,00025 mikron digunakan karena cocok untuk pengolahan makanan asam. Kualitas kimia kari ayam pada semua penjabaran tabel tersebut nilainya mendekati data kualitas kimia kari ayam di USDA (2020), sedangkan kadar pH setiap kari ayam masih baik. Sehingga produk masih layak untuk dikonsumsi sampai periode penyimpanan berakhir.

Tabel 25. Karakteristik sensori kari ayam siap konsumsi

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bau	Tekstur	Rasa	Warna	Sumber
1	-	Plastik vakum (PE laminasi aluminium foil)	Pembekuan (-18°C, 6 bulan)	-	Dapat diterima, menurun 0,10%, signifikan (nilai: 7,8)	Dapat diterima, menurun 0,08%, signifikan (nilai: 7,6)	Dapat diterima, menurun 0,10%, signifikan (nilai: 7,9)	(Modi <i>et al.</i> , 2006)
2	Perebusan (95-100°C, 10-15 menit)	-	Pembekuan (-18°C, 6 bulan)	-	Dapat diterima, menurun perlahan 0,13% (nilai: 7,8)	Dapat diterima, menurun perlahan 0,11% (nilai: 7,4)	Dapat diterima, menurun perlahan 0,09% (nilai: 7,1)	(Sunooj & Radhakrishna, 2013)
3	Iradiasi (24-45 kGy, cryogenic, setelah pemasakan)	Plastik vakum (multi-layer aluminium foil barrier pouch)	Pembekuan (-20°C sampai -40°C, 3 bulan)	-	Menjadi lebih lunak selama penyimpanan	Ada rasa “dry cooked” flavour	-	(Bruyn, 1997)
4	Iradiasi (45 kGy, cryogenic, setelah pengemasan)	Plastik vakum (pouch laminasi PET/Al/LLDPE)	Suhu ruang	Suhu ruang (18 bulan): Dapat diterima, namun menurun 0,02% (nilai: 4,2)	Suhu ruang (18 bulan): Dapat diterima, tidak berubah (nilai: 4,0)	Suhu ruang (18 bulan): Dapat diterima, namun menurun 0,06% (nilai 4,0)	-	(Irawati <i>et al.</i> , 2010)

Tabel 25. Karakteristik sensori kari ayam siap konsumsi

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bau	Tekstur	Rasa	Warna	Sumber
5	Iradiasi (45 kGy, <i>cryogenic</i> , setelah pengemasan)	Plastik vakum (<i>pouch</i> laminasi PET/Al/LLDPE)	Suhu ruang	Suhu ruang (12 bulan): Dapat diterima dan baik, namun menurun 0,02% (nilai: 4,3)	Suhu ruang (12 bulan): Dapat diterima dan baik, namun menurun 0,17% (nilai: 4,0)	Suhu ruang (12 bulan): Dapat diterima dan baik, namun menurun 0,09% (nilai: 4,0)	-	(Irawati <i>et al.</i> , 2003)

Keterangan:

- = Tidak terdeteksi
kGy = Kilo gray



Pada Tabel 25. Karakteristik dan kualitas sensori kari ayam siap konsumsi, didapat hasil pada kari ayam pengemasan vakum dan pembekuan (-18°C , 6 bulan) didapat tekstur, rasa, dan warna yang dapat diterima namun menurun signifikan masing-masing sebesar 0,10%, 0,08%, dan 0,10%. Kari ayam yang diolah dengan perebusan ($95-100^{\circ}\text{C}$, 10-15 menit) dan di bekukan pada -18°C selama 6 bulan, didapat bahwa tekstur, rasa dan warna kari ayam dapat diterima walaupun menurun masing-masing sebesar 0,13%, 0,11%, dan 0,09%. Terdapat korelasi pada waktu penyimpanan dengan penurunan nilai sensori kari ayam (Modi *et al.*, 2006; Sunooj & Radhakrishna, 2013).

Penurunan nilai sensori pada produk akibat waktu penyimpanan wajar terjadi. Penurunan kualitas sensori akan berpengaruh pada umur simpan produk. Walau penurunan nilai sensori termasuk wajar, tetap diperlukan adanya upaya untuk menghambat penurunan nilai atau kualitas produk tersebut. Pada produk kari ayam tersebut, menggunakan pembekuan untuk menghambat penurunan nilai atau kualitas produk. Pembekuan dapat menonaktifkan aktivitas enzim, mencegah reaksi kimia, dan menghambat aktivitas mikroba yang dapat merusak kualitas produk pangan.

Kari ayam pada pemasakan dan iradiasi (24-45 kGy), dikemas vakum, dan dibekukan pada suhu -20°C sampai -40°C selama 3 bulan memiliki tekstur menjadi lebih lunak dan memiliki "*dry cooked*" flavour (Bruyn, 1997). Iradiasi akan mengubah mikrostruktur dan tekstur yang lebih lunak pada daging dan membentuk flavour yang kurang diinginkan pada produk (Yoon, 2003). Kari ayam yang diolah dengan iradiasi (45 kGy) dikemas vakum dan di simpan dalam suhu ruang selama 18 bulan, didapat hasil bau, tekstur, dan rasa dapat diterima, untuk bau dan rasa diketahui menurun 0,02% dan 0,06%. Sedangkan pada pengolahan dan pengemasan yang sama namun disimpan selama 12 bulan di dapat hasil bau, tekstur dan rasa dapat diterima dan baik namun menurun sebesar 0,02%, 0,17%, dan 0,09%. Dapat diketahui, bahwa dari semua data yang ada, produk masih memiliki kualitas kimia yang baik dan dapat diterima. Namun pada penelitian yang dilakukan Bruyn (1997), produk memiliki kualitas yang kurang tidak diinginkan. Hal tersebut dapat terjadi karena besarnya dosis yang dipakai untuk iradiasi produk.

Tabel 26. Karakteristik dan kualitas mikrobiologi kari ayam siap konsumsi

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bakteri	Yeast	Fungi	Umur Simpan	Sumber
1	Perebusan (95-100°C, 10-15 menit)	-	Pembekuan (-18°C, 6 bulan)	TPC <10, <i>coliform</i> , <i>S. aureus</i> , <i>Salmonella</i> , <i>E. coli</i> tidak terdeteksi selama penyimpanan	Menurun 0,5% (1×10^1 CFU/g)	Menurun 0,5% (1×10^1 CFU/g)	6 bulan produk masih dalam keadaan yang baik (bisa lebih dari 6 bulan)	(Sunooj & Radhakrishna, 2013)
2	Perlakuan termal - perebusan (setelah pengemasan)	Kaleng (0,00025 mikron)	6 bulan	Sterilisasi (110°C, 10 menit): TPC menurun 0,13% (akhir: 15%)	Sterilisasi (110°C, 10 menit): Menurun 0,13% (akhir: 17,5%)	Sterilisasi (110°C, 10 menit): Menurun 0,13% (akhir: 17,5%)	6 bulan produk masih dalam keadaan yang baik	(Massey <i>et al.</i> , 2019)
				Sterilisasi (120°C, 10 menit): TPC menurun 0,06% (akhir: 12,5%)	Sterilisasi (120°C, 10 menit): Menurun 0,06%, signifikan (akhir: 15%)	Sterilisasi (120°C, 10 menit): Menurun 0,06%, signifikan (akhir: 15%)		

Tabel 26. Karakteristik dan kualitas mikrobiologi kari ayam siap konsumsi (lanjutan)

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bakteri	Yeast	Fungi	Umur Simpan	Sumber
3	-	Plastik vakum (PE laminasi aluminium foil)	Pembekuan (-18°C, 6 bulan)	TPC meningkat 0,1% (2,3 log CFU/g). Spora meningkat 0,6% (2,4 log CFU/g). Psikrofil menurun 0,11% (1,6 log CFU/g), tidak signifikan <i>Staphylococci</i> dan <i>coliform</i> tidak terdeteksi selama penyimpanan	Tidak terdeteksi selama penyimpanan	Tidak terdeteksi selama penyimpanan	-	(Modi <i>et al.</i> , 2006)
4	Iradiasi 45 kGy (setelah pengemasan)	Plastik vakum (PE laminasi aluminium foil)	Suhu ruang	Suhu ruang (7 hari): <i>Streptococcus</i> spp. dan <i>Cl. sporogenes</i> tidak terdeteksi selama penyimpanan Suhu ruang (18 bulan): TPC sebelum di iradiasi $2,10 \times 10^2$ CFU/ml lalu tidak terdeteksi setelah iradiasi dan penyimpanan	-	-	-	(Natalia <i>et al.</i> , 2009)

Tabel 26. Karakteristik dan kualitas mikrobiologi kari ayam siap konsumsi (lanjutan)

No	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bakteri	Yeast	Fungi	Umur Simpan	Sumber
4	Iradiasi 45 kGy (setelah pengemasan)	Plastik vakum (PE laminasi aluminium foil)	Suhu ruang	Suhu ruang (7 hari): <i>Streptococcus</i> spp. dan <i>Cl. sporogenes</i> tidak terdeteksi setelah iradiasi dan penyimpanan Suhu ruang (18 bulan): Sebelum diiradiasi $1,04 \times 10^2$ CFU/ml lalu tidak terdeteksi setelah iradiasi dan penyimpanan	-	-	-	(Natalia <i>et al.</i> , 2009)
5	Iradiasi (45 kGy, <i>cryogenic</i> , setelah pengemasan)	Plastik vakum (<i>pouch</i> laminasi PET/AI/LLDP E)	Suhu ruang	Suhu ruang (18 bulan): TPC sebelum $2,10 \times 10^2$ CFU/g, lalu tidak terdeteksi setelah iradiasi dan penyimpanan Suhu ruang (12 bulan): TPC bakteri aerobik sebelum iradiasi $1,04 \times 10^2$ CFU/g, bakteri anaerobik dan aerobik tidak terdeteksi setelah iradiasi dan penyimpanan	-	-	18 bulan	(Irawati <i>et al.</i> , 2010) (Irawati <i>et al.</i> , 2003)

Keterangan:

-	= Tidak terdeteksi
CFU	= <i>Colony Forming Unit</i>
kGy	= Kilo gray
TPC	= <i>Total Plate Count</i>

Berdasarkan Tabel 26. Karakteristik dan kualitas mikrobiologi kari ayam siap konsumsi, didapat hasil produk kari ayam yang diolah dengan perebusan (95-100°C, 10-15 menit) dan di bekukan pada -18°C selama 6 bulan, diketahui TPC kari ayam <10, *coliform*, *S. aureus*, *Salmonella*, *E. coli* tidak terdeteksi selama penyimpanan, *yeast* dan *fungi* menurun 0,5%, dan produk masih dalam keadaan yang baik selama penyimpanan 6 bulan dan masih dapat disimpan lebih dari 6 bulan (Sunooj & Radhakrishna, 2013). Pada produk kari ayam dari penelitian Massey *et al.* (2019) yang diberi perlakuan termal 110°C dan 120°C selama 10 menit, dikemas kaleng, dan disimpan selama 6 bulan, pada sterilisasi 110°C diketahui TPC, *yeast*, dan *fungi* menurun 0,13%, sedangkan pada sterilisasi 120°C didapat TPC, *yeast*, dan *fungi* menurun 0,06% dan pada 6 bulan setelahnya masih dalam keadaan yang baik. Penurunan TPC, *yeast*, dan *fungi* yang menurun dikaitkan dengan peningkatan penyimpanan. *S. aureus*, *coliform*, *Salmonella*, dan *E. coli* yang tidak terdeteksi dikarenakan proses termal pada awal pengolahan yang diikuti dengan pengemasan yang higienis dan adanya efek antibakteri pada rempah-rempah. Sterilisasi merupakan proses penghancuran mikroba pembusuk dan patogen, membuat produk matang dengan kualitas sensori yang diinginkan, sterilisasi harus dilakukan pada kisaran suhu 121°C (Nurhikmat *et al.*, 2016).

Kari ayam yang dikemas vakum dan disimpan pada suhu -18°C selama 6 bulan didapat adanya peningkatan TPC sebesar 0,1%, bakteri psikrofil menurun 0,11%, *Staphylococcus* dan *coliform* tidak terdeteksi selama penyimpanan, sedangkan *yeast* dan *fungi* tidak terdeteksi selama penyimpanan (Modi *et al.*, 2006). Pada kari ayam dengan pengolahan iradiasi 45 kGy dan pengemasan vakum (PE laminasi *aluminium foil*) serta penyimpanan suhu ruang pada 7 hari dan 18 bulan didapat hasil pada suhu ruang dengan penyimpanan 7 hari bakteri *Streptococcus* spp. dan *Cl. sporogenes* tidak terdeteksi selama penyimpanan, sedangkan untuk kari ayam pada suhu ruang selama 18 bulan, pada sampel awal didapat adanya TPC sebesar $2,10 \times 10^2$ CFU/ml lalu tidak terdeteksi setelah iradiasi dan penyimpanan (Natalia *et al.*, 2009), hal serupa juga terjadi pada perlakuan yang sama pada Natalia *et al.* (2009) namun, bakteri awal sebelum diiradiasi adalah sebesar $1,0^4 \times 10^2$ CFU/ml. Proses iradiasi sama seperti pada penelitian lainnya, namun setelah produk yang telah jadi dikemas dalam kemasan vakum (PE laminasi *aluminium foil*), produk di iradiasi dengan dosis 45 kGy dalam suhu *cryogenic* atau suhu yang sangat rendah.

Pada penelitian Irawati *et al.* (2010) kari ayam diolah dengan iradiasi (45 kGy) dikemas vakum dan di simpan dalam suhu ruang selama 18 bulan, didapat TPC awal sebelum di iradiasi adalah sebesar $2,10 \times 10^2$ CFU/g, lalu setelah iradiasi dan penyimpanan bakteri anaerobik dan aerobik tidak terdeteksi setelah iradiasi dan penyimpanan, hal serupa juga terjadi pada Irawati *et al.* (2003) Namun, jumlah TPC bakteri aerobik sebelum bakteri adalah $1,04 \times 10^2$ CFU/g. Pada produk diiradiasi dengan 45 kGy, tidak ditemukan pertumbuhan bakteri dan adanya spora, sedangkan makanan yang tidak diiradiasi masih menunjukkan pertumbuhan bakteri. Kemasan vakum juga menghambat pertumbuhan bakteri (WHO, 1999). Kemasan vakum dapat mengurangi bakteri aerobik, perubahan bau dan rasa, serta penampakan saat penyimpanan (Triyannanto *et al.*, 2020). Semua kari ayam yang dikaji masuk dalam kategori memuaskan berdasarkan standar produk Hong Kong pada Centre for Food Safety (2014), karena tidak terdeteksinya bakteri seperti *Salmonella* spp., *coliform* dan *L. monocytogenes*.

Berdasarkan perbandingan data yang ada, teknik pemrosesan pada produk kari ayam yang paling baik, dapat menaikkan umur simpan, dan dapat meminimalisir kerusakan produk kari ayam adalah proses perebusan konvensional dengan suhu 95-100°C selama 10-15 menit, pengemasan vakum (*multilayer – aluminium foil* dan polimer) atau kemasan kaleng, dan pembekuan. Merujuk pada Sunooj & Radhakrishna (2013), kari ayam yang diolah dengan proses perebusan dengan suhu 95-100°C selama 10-15 menit dan di bekukan, memiliki umur simpan 6 bulan atau lebih. Jika proses tersebut ditambah dengan pengemasan vakum, umur simpan dari produk kari ayam akan bertambah lama lagi. Pada proses tersebut, kualitas kimia produk tidak terlalu menurun, kualitas sensori produk juga masih dapat diterima, kualitas mikrobiologi produk baik karena tidak terdeteksinya bakteri dan keberadaan *yeast* dan *fungi* yang sangat rendah selama 6 bulan penyimpanan. Proses yang disarankan juga adalah dengan menambahkan perlakuan termal pada produk kari yang sudah dikemas kaleng, dengan suhu 120°C selama 10 menit, walau pada suhu tersebut kualitas kimia lebih menurun dibandingkan pada perlakuan suhu 110°C selama 10 menit, namun total pengurangan mikroba pada suhu 120°C lebih besar dibandingkan pada suhu 110°C, sehingga produk lebih aman disimpan dalam waktu yang lama. Keuntungan berikutnya dari proses tersebut adalah produk dapat disimpan pada suhu ruang. Kualitas sensori dari produk dengan perlakuan termal tersebut tidak dijelaskan,

namun berkaca pada proses termal yang mirip pada Sunooj & Radhakrishna (2013) produk masih memiliki kualitas sensori yang dapat diterima konsumen.

Perebusan dapat menginaktivasi bakteri karena adanya efek termal. Pengemasan vakum akan menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan oksidasi lipid pada kari ayam. Pembekuan dapat mematikan pertumbuhan bakteri selama penyimpanan. Produk kari ayam yang diolah dengan proses tersebut kualitasnya dapat dipertahankan 6 bulan atau lebih. Pengolahan yang juga baik diaplikasikan pada kari ayam adalah iradiasi. Selain memberikan kualitas mikrobiologi yang sangat baik, yaitu dapat mematikan semua bakteri pasca iradiasi, produk juga dapat disimpan dalam kurun waktu 18 bulan. Kualitas kimia yang dihasilkan dari produk kari ayam iradiasi juga masih mendekati data USDA. Namun, kualitas sensori dari produk kari ayam kurang memuaskan, walau pada penelitian (Irawati *et al.*, 2010; Irawati *et al.*, 2003) kualitas sensori produk masih dapat diterima, namun pada penelitian (Bruyn, 1997) setelah disimpan produk menjadi lebih lunak dan timbul "*dry cooked flavour*" pada produk yang telah diiradiasi, hal tersebut kurang diinginkan oleh konsumen. Sehingga kari ayam disarankan berfokus pada pengemas vakum dengan pembekuan atau pengemas kaleng, namun diolah dengan teknik konvensional. Kemasan vakum mengurangi bakteri aerobik, perubahan bau dan rasa, serta penampakan saat penyimpanan (Triyannanto *et al.*, 2020). Pengemas kaleng dengan ketebalan 0,00025 mikron cocok untuk pengolahan makanan asam (Massey *et al.*, 2019).

3.5. Karakteristik Kimia, Sensori, dan Mikrobiologi Produk Olahan Ayam dan Kalkun Siap Konsumsi

Produk ayam dahulu biasanya hanya berupa sosis ayam atau makanan cepat saji. Namun sekarang, banyak produk ayam dan kalkun olahan siap konsumsi yang berkreasi memberikan pengalaman unik bagi konsumennya. Salah satunya adalah pemberian *topping* ayam sterilisasi siap makan yang dikemas dengan kemasan *retort* pada mie instan (ayam lada hitam), sate ayam, sup ayam, bahkan *chicken/turkey breast roll* siap konsumsi. Varian olahan ayam siap konsumsi sangat banyak, merujuk pada produk olahan dan resep masing-masing. Untuk memastikan keamanan pangan dan memperpanjang umur simpan olahan ayam siap konsumsi, produk akan diproses lebih lanjut dengan pemrosesan termal yaitu pemanasan seperti sterilisasi maupun iradiasi dengan teknik pengemasan vakum.

Tabel 27. Karakteristik kimia olahan ayam dan kalkun siap konsumsi

No	Produk	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Kadar Air	Lemak	Protein	pH	Sumber
1	Olahan ayam siap konsumsi (ayam kalasan siap konsumsi)	Pengukusan (tidak ada suhu spesifik) dan sterilisasi <i>retort</i> (121°C, 15 psi, setelah pengemasan)	Plastik vakum dan <i>retort pouch</i> (aluminium dengan laminasi polimer)	Suhu ruang (28°C, 14 hari)	Pengukusan, vakum: Menurun 0,20% (akhir: 51,26%)	Pengukusan, vakum: Meningkat 0,30 (akhir: 10,28%)	Pengukusan, vakum: Meningkat 0,21% (akhir: 29,48%)	Pengukusan, vakum: Menurun (5,96- 6,00)	(Triyannanto <i>et al.</i> , 2019)
					Sterilisasi <i>retort pouch</i> (121°C), Menurun 0,24% (akhir: 53,47%)	Sterilisasi <i>retort pouch</i> (121°C), Meningkat 0,14% (akhir: 8,20%)	Sterilisasi <i>retort pouch</i> (121°C), Meningkat 0,04% (akhir: 25,06%)	Sterilisasi <i>retort pouch</i> (121°C), Meningkat (5,75-6,00)	
2	Olahan ayam siap konsumsi (sate ayam siap konsumsi)	Pengukusan (tidak ada suhu spesifik) dan sterilisasi <i>retort</i> (121°C, setelah pengemasan)	Plastik vakum (PE) dan <i>retort pouch</i> vakum (<i>multilayer packaging</i> – PE dan aluminium)	Suhu ruang (8 minggu)	Pengukusan, vakum: Menurun 0,09% (akhir: 30,30%)	-	-	Pengukusan, vakum: Meningkat (5,87-6,17)	(Triyannanto <i>et al.</i> , 2020)
					<i>Retort pouch</i> : Menurun 0,02% (akhir: 29,20%)	-	-	<i>Retort pouch</i> : Menurun (5,77-5,83)	

Tabel 27. Karakteristik kimia olahan ayam dan kalkun siap konsumsi (lanjutan)

No	Produk	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Kadar Air	Lemak	Protein	pH	Sumber
3	Olahan ayam siap konsumsi (<i>chicken pulav</i> siap konsumsi)	Sterilisasi <i>retort</i> (121°C) + iradiasi (sinar gamma, 5 kGy, setelah pengemasan)	<i>Retort pouch</i> (PE/Al/ CPP)	Suhu ruang (19-30°C, 12 bulan)	Kadar air produk 64,15%	Kadar lemak produk 8,15%. FFA meningkat 0,9%, signifikan (akhir: 0,5)	Kadar protein produk 7,4%	-	(Kumar <i>et al.</i> , 2013)
4	Olahan ayam siap konsumsi (<i>pepper chicken</i> siap konsumsi)	Sterilisasi <i>retort</i> (121°C, 20 psi, setelah pengemasan)	<i>Retort pouch</i> (CPP/biaxiall y oriented nylon/Al/PE)	Suhu ruang (25-30°C, 90 hari)	-	-	-	Menurun, tidak signifikan (5,31-5,40)	(Nalini <i>et al.</i> , 2018)
5	Olahan ayam (<i>chettinad chicken</i> siap konsumsi)	Sterilisasi <i>retort</i> (121°C, 20 psi, setelah pengemasan)	<i>Retort pouch</i> (aluminium dengan laminasi polimer- 4 layer)	Suhu ruang	Suhu ruang (35°C, 180 hari): Menurun 0,07%, signifikan terhadap penyimpanan (akhir: 49,8%)	Suhu ruang (35°C, 180 hari): FFA tidak berubah, signifikan terhadap penyimpanan (0,1%)	-	Suhu ruang (35°C, 180 hari): Menurun, signifikan terhadap penyimpanan (6,2-6,3)	(Rajan <i>et al.</i> , 2014)
					-	-	-	Suhu ruang (32°C, 3 bulan): Menurun, tidak signifikan (akhir: 5,36-5,44)	(Nalini <i>et al.</i> , 2015)

Tabel 27. Karakteristik kimia olahan ayam dan kalkun siap konsumsi (lanjutan)

No	Produk	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Kadar Air	Lemak	Protein	pH	Sumber
6	Olahan ayam siap konsumsi (samgyetang siap konsumsi)	Sterilisasi <i>retort</i> (120°C, 65 menit, setelah pegemasan)	<i>Retort pouch</i> (PET/Al/PA/ CPP)	Pendinginan (dibawah 5°C)	Kadar air daging ayam meningkat 0,0002%, tidak signifikan (akhir: 70,57%)	Kadar lemak daging ayam menurun 0,03%, signifikan (akhir: 1,20%)	Kadar protein ayam meningkat 0,0004%, signifikan (akhir: 27,77%)	pH ayam meningkat (6,43-6,57)	(Triyannanto & Lee, 2015)
					Kadar air bubur tidak berubah, tidak signifikan (akhir: 87,20%)	Kadar lemak bubur menurun 0,14%, tidak signifikan (akhir: 1,20%)	Kadar protein bubur meningkat 0,07%, tidak signifikan (akhir: 3,20%)	pH bubur meningkat (6,46-6,56)	
					Kadar air kuah meningkat 0,0006%, signifikan (akhir: 96,08%)	Kadar lemak kuah menurun 0,02%, tidak signifikan (akhir: 1,26%)	Kadar protein kuah meningkat 0,01%, tidak signifikan (akhir: 1,96%)	pH kuah meningkat (6,16-6,38)	
7	Olahan ayam siap konsumsi (bubur ayam ginseng)	Sterilisasi (121°C, 20 menit, setelah pegemasan)	<i>Retort pouch multilayer</i>	Suhu ruang (25°C, selama 28 minggu)	Kadar air produk 84,3%	Kadar lemak produk 1,6%	Kadar protein produk 6,6%	pH produk menurun (6,49-6,05)	(Jang & Lee, 2012)

Tabel 27. Karakteristik kimia olahan ayam dan kalkun siap konsumsi siap konsumsi (lanjutan)

No	Produk	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Kadar Air	Lemak	Protein	pH	Sumber
8	Olahan kalkun siap konsumsi	Sterilisasi <i>retort</i> (121,1°C, 15 psi, 25 menit, setelah pengemasan)	<i>Retort pouch (aluminium foil dengan laminasi PP)</i>	-	Menurun 0,03%, signifikan (akhir: 70,8%)	Meningkat 0,28%, signifikan (akhir: 5,6%)	Meningkat 0,02%, signifikan (akhir: 21,4%)	-	(Lyon & Klose, 1981)
9	Olahan ayam siap konsumsi (pepes ayam siap konsumsi)	Iradiasi (sinar gamma, 45 kGy, <i>cryogenic</i> , setelah pengemasan)	Plastik vakum (PET/Al/LLDPE)	Suhu ruang (28-30°C, 18 bulan)	Menurun 0,02% (akhir: 56,40%)	Menurun 0,04% (akhir: 29,85%)	Menurun 0,007% (akhir: 15,15%)	Menurun 0,16% (5,25-6,25)	(Irawati, 2009)
10	Olahan ayam siap konsumsi (yunan <i>chicken</i> siap konsumsi)	Iradiasi 5 kGy (sinar gamma, 45 kGy, <i>cryogenic</i> , setelah pengemasan)	Plastik vakum (PET/LDPE/Al/LDPE/LLDPE)	Pendinginan (5°C, 3 bulan)	Meningkat 0,07% (akhir: 41,82%)	Menurun 0,07% (akhir: 7,47%)	Meningkat 0,16% (akhir: 7,46%)	Meningkat (6,0-6,4)	(Irawati <i>et al.</i> , 2009)

Tabel 27. Karakteristik kimia olahan ayam dan kalkun siap konsumsi (lanjutan)

No	Produk	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Kadar Air	Lemak	Protein	pH	Sumber
11	Olahan kalkun siap konsumsi	Iradiasi (2,5 kGy, setelah pengemasan)	Plastik vakum (<i>aluminium foil</i> dengan laminasi polimer)	Pendinginan (4°C, 7 hari)	-	<i>Patties - leg:</i> Meningkat 0,37%, signifikan pada penyimpanan <i>Patties - breast:</i> Meningkat 0,43%, signifikan pada penyimpanan	-	-	(Ahn <i>et al.</i> , 1998)
12	Olahan ayam siap konsumsi	Iradiasi (sinar gamma, 25 kGy, setelah pengemasan)	-	-	-	-	Protein mempengaruhi <i>off flavor</i> produk	-	(Patterson & Stevenson, 1995)

Keterangan:

- = Tidak terdeteksi

FFA = *Free Fatty Acid*

kGy = Kilo gray

psi = *Pound Per Square Inch*

Pada penjabaran tabel diatas, diketahui bahwa kebanyakan produk olahan ayam dan kalkun siap konsumsi diberi proses sterilisasi, dikemas dengan kemasan vakum atau *retort pouch* vakum. Proses sterilisasi dilakukan setelah produk dikemas dalam kemasan. Sterilisasi dilakukan dengan suhu 121°C-121,1°C. Setelah disterilisasi produk akan didiamkan sampai mencapai suhu ruang (Triyannanto *et al.*, 2020). Produk yang telah mengalami proses sterilisasi dapat disimpan di suhu ruang. Pada produk yang mengalami iradiasi atau pengolahan kombinasi sterilisasi dan iradiasi, proses-proses tersebut diaplikasikan setelah produk mengalami proses pengemasan.

Proses iradiasi dilakukan sama seperti pada pengolahan untuk produk siap konsumsi lainnya, dengan sinar gamma dan dosis yang sudah ditentukan. Namun, pada penelitian Irawati (2009) dan Irawati *et al.* (2009) produk yang sudah dimasak, dimasukkan dalam *pouch* laminasi PET/Al/LLDPE dalam kondisi panas dan kemudian divakum 80%. Produk dibekukan pada suhu -18°C selama 48 jam. Kemudian produk dimasukkan dalam tempat yang sudah berisikan CO₂ padat (-79°C). Produk diiradiasi dengan dosis 45 kGy dan suhu proses -50°C (*cryogenic*). Untuk proses kombinasi, produk mula-mula disterilisasi terlebih dahulu dengan suhu 121°C, setelah itu dilakukan iradiasi menggunakan sinar gamma (Kumar *et al.*, 2013).

Berdasarkan Tabel 27. Karakteristik kimia olahan ayam dan kalkun siap konsumsi, didapat hasil bahwa ayam kalasan siap konsumsi dengan perlakuan sterilisasi dengan kemasan vakum memiliki perubahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan sterilisasi *retort* 121°C dan kemasan *retort pouch* (Triyannanto *et al.*, 2019). Sama seperti ayam kalasan, sate ayam siap konsumsi yang diolah sterilisasi dan dikemas dengan kemasan vakum juga memiliki perubahan yang lebih besar jika dibandingkan pada pengolahan sterilisasi *retort* dengan kemasan *retort pouch*.

Pada produk dengan sterilisasi *retort* mengalami pemanasan tinggi hingga 121°C, hal ini menyebabkan pengerutan akibat pemasakan semakin tinggi akibat denaturasi semakin besar. Selain itu pertumbuhan mikroorganisme pada suhu ruangan juga dapat mendegradasi protein, sehingga kadar air berkurang, selain itu akibat pertumbuhan mikroba, pH produk menjadi menurun. Tetapi pertumbuhan mikroorganisme ditekan oleh

kondisi pengemasan vakum, hal itu membuat pH produk tidak turun drastis pada penyimpanan suhu ruang.

Kadar lemak dan air akan menurun sejalan dengan tingginya temperatur pemasakan. Lemak akan meleleh dan keluar dari permukaan (Gerber *et al.*, 2009). Sama seperti *luncheon*, kadar lemak yang semakin rendah akan menyebabkan produk tidak mudah rusak akibat oksidasi, sehingga produk dapat lebih lama disimpan (Putri *et al.*, 2017). Dalam produk pangan, air merupakan penyusun yang mempengaruhi keamanan pangan, stabilitas, kualitas, dan sifat fisik. Kadar air juga akan mempengaruhi tekstur dari produk. Semakin tinggi kadar air, maka aktivitas air akan semakin tinggi. Aktivitas air merupakan pengukuran air bebas (a_w), yang biasanya digunakan untuk pertumbuhan mikroorganisme (Chowdhury *et al.*, 2011).

Pada percobaan Triyannanto *et al.* (2019) dan Triyannanto *et al.* (2020) kemasan yang digunakan ada dua macam, yaitu kemasan vakum dan *retort pouch*. Kemasan vakum dapat mengurangi bakteri, perubahan bau dan rasa, serta penampakan saat penyimpanan. Karena dalam kondisi vakum, bakteri aerob akan tumbuh relatif lebih kecil dibandingkan dengan kondisi non vakum. *Retort pouch* merupakan kemasan fleksibel yang berbentuk kantong yang digunakan untuk mengemas produk siap konsumsi. *Retort pouch* juga cocok untuk sterilisasi produk dan kemasan. Keuntungan dari penggunaan *retort pouch* adalah lebih stabil saat penyimpanan, ringan, tidak memakan tempat saat menyimpannya, mudah dibuka, kemudahan saat persiapan, kelayakan teknis dan komersial (Nalini *et al.*, 2018). Selain itu, *retort pouch* adalah kemasan yang tahan terhadap proses sterilisasi, *pouch* yang tipis dapat mengurangi waktu pemanasan sehingga menghindari pemasakan yang berlebihan, produk juga memiliki warna yang lebih baik, tekstur lebih kompak, dan tidak ada penyusutan nutrisi (Triyannanto *et al.*, 2020). Hal tersebut terbukti dari hasil yang didapat bahwa produk yang diolah tidak mengalami penyusutan lemak dan protein. Berdasarkan data yang ada, kebanyakan produk dikemas dengan menggunakan *retort pouch* ber-*multilayer*. Pengemasan *multilayer* bertujuan agar produk dapat terhindar dari paparan sinar matahari.

Chicken pulav siap konsumsi yang diolah dengan sterilisasi *retort* 121°C dan iradiasi 5 kGy, pengemasan dengan *retort pouch*, penyimpanan suhu ruang (19-30°C) selama 12 bulan didapat kadar air produk 64,15%, kadar lemak 8,15% dan kadar FFA meningkat 0,9% signifikan, serta kadar protein produk sebesar 7,4%. Kenaikan FFA akan menyebabkan ketengikan akibat hidrolisis trigliserida (Sopianti *et al.*, 2017). *Chicken pulav* pada penelitian Kumar *et al.* (2013) memiliki karakteristik kimia mendekati data yang ada pada USDA (2019). Pada olahan ayam siap konsumsi (*pepper chicken* siap konsumsi) yang diolah dengan sterilisasi *retort* 121°C, dikemas dengan *retort pouch*, dan penyimpanan suhu ruang (25-30°C) selama 90 hari didapat hasil pH menurun (5,31-5,40) (Nalini *et al.*, 2018). Nilai pH tersebut menunjukkan bahwa produk cenderung asam, yang dikaitkan dengan bahan yang digunakan, yaitu tomat (Sreenath *et al.*, 2007).

Pada olahan ayam siap konsumsi *chettinad chicken* siap konsumsi yang diolah dengan sterilisasi *retort* 121°C, kemasan *retort pouch*, dan penyimpanan suhu ruang 35°C selama 180 hari didapat hasil kadar air menurun 0,07%, FFA tidak berubah, dan pH menurun 0,02% dengan pH akhir 6,2-6,3 (Rajan *et al.*, 2014). Pada sampel yang sama, namun disimpan selama 3 bulan diketahui pH menurun 0,01% dengan pH akhir 5,36-5,44 (Nalini *et al.*, 2015). Penurunan kadar air dan pH dikaitkan pada denaturasi panas protein dan pelepasan asam amino bebas. pH juga berkaitan dengan pertumbuhan mikroorganisme. Protein dapat menahan air pada daging, degradasi kolagen mempengaruhi daya ikat air (Dewi, 2012). FFA atau asam lemak bebas merupakan produk enzimatik atau mikroba lipolisis enzimatik (Rajan *et al.*, 2014).

Penurunan kadar lemak pada samgyetang siap konsumsi dikarenakan ekstraksi kulit ayam di suhu tinggi (80°C). Perlakuan pencucian dengan menggunakan air dan panas dapat menyebabkan penghilangan lemak dan material organik lainnya. pH yang diatas 6,0 dapat meningkatkan kestabilan emulsi setelah 24 jam (Triyannanto & Lee, 2015). Pada penelitian Jang & Lee (2012) yang di sterilisasi 121°C selama 20 menit, dengan kemasan *retort pouch*, dengan penyimpanan suhu ruang 25°C selama 28 minggu, dengan kadar air 84,3%, lemak 1,6%, protein 6,6%, pH produk menurun (6,49-6,05). Kualitas kimia produk samgyetang siap konsumsi dan bubur ayam ginseng sesuai dengan data yang disediakan USDA (2021). Olahan kalkun pada sterilisasi *retort* dan kemasan *retort*,

didapat kadar air menurun 0,03%, kadar lemak meningkat 0,28%, dan kadar protein meningkat 0,02%.

Pada olahan pepes ayam siap konsumsi yang diiradiasi 45 kGy, kemasan vakum, dan disimpan pada suhu ruang 28-30°C selama 18 bulan didapat semua parameter kimia seperti kadar air, lemak, protein, dan pH turun masing masing sebesar 0,02%, 0,04%, 0,007%, dan 0,16%. pH produk pada bulan ke-18 adalah 5,25-6,25. pH tersebut relatif sedang, pH medium mempengaruhi jenis mikroba yang tumbuh, namun bakteri tidak tumbuh baik pada pH medium (4,7-5,5) (Irawati, 2009). Sampel *yunan chicken* siap konsumsi yang diradiasi 5 kGy, kemasan vakum, dan didinginkan pada suhu 5°C selama 9 minggu didapat hasil kadar air, protein, dan pH meningkat sebesar 0,07%, 0,16% dan 0,32% dengan pH 6,0-6,4, namun kadar lemak menurun 0,07% (Irawati *et al.*, 2009). Walau perlakuan pepes ayam dan *yunan chicken* sama, yaitu iradiasi dan kemasan vakum, namun kualitas kimia keduanya berbeda, hal ini dapat dikarenakan adanya pengaruh dosis iradiasi dan penyimpanan. Semakin besar dosis iradiasi, suhu, dan periode penyimpanan, dapat menurunkan parameter kimia produk. Pada *patties* kalkun didapat FFA meningkat 0,37% dan 0,43% pada *leg patties* dan *breast patties* seiring dengan bertambahnya periode penyimpanan.

Untuk dapat meningkatkan kestabilan lemak, produk dapat ditambahkan vitamin E atau penggunaan kemasan vakum setelah di masak. Vitamin E dapat mendonorkan ionnya untuk asam lemak yang tidak stabil agar menjadi stabil. Pengemasan vakum dan ditambah dengan vitamin E akan berpengaruh pada kualitas oksidatif produk yang dapat dipertahankan selama periode penyimpanan (Ahn *et al.*, 1998). Olahan ayam siap konsumsi yang diiradiasi 25 kGy didapat bahwa protein mempengaruhi *off flavor* produk, hal ini dikarenakan protein diinduksi radikal, juga didukung dengan panas atau cahaya serta oksigen yang menghasilkan pembentukan hidroperoksida. Selain itu iradiasi menyebabkan hidrolisis yang menyebabkan kerusakan lemak (Patterson & Stevenson, 1995; Ketaren, 2005; Jo, 1999).

Tabel 28. Karakteristik sensori olahan ayam dan kalkun siap konsumsi

No	Produk	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bau	Tekstur	Rasa	Warna	Sumber
1	Olahan ayam siap konsumsi (<i>chicken pulav</i> siap konsumsi)	Sterilisasi <i>retort</i> (121°C) + iradiasi (sinar gamma, 5 kGy, setelah pengemasan)	<i>Retort pouch</i> (PE/AL/ CPP)	Suhu ruang (19-30°C, 12 bulan)	Dapat diterima (nilai: 8,0)	-	Dapat diterima (nilai: 8,2)	Dapat diterima (nilai: 8,1)	(Kumar <i>et al.</i> , 2013)
2	Olahan ayam siap konsumsi (<i>pepper chicken</i> siap konsumsi)	Sterilisasi <i>retort</i> (121°C, 20 psi, setelah pengemasan)	<i>Retort pouch</i> (CPP/ <i>biaxially oriented nylon</i> /AL/PE)	Suhu ruang (25-30°C, 90 hari)	-	Dapat diterima, menurun 0,02%, tidak signifikan (nilai: 7,52)	Dapat diterima, menurun 0,04%, tidak signifikan (nilai: 7,50)	-	(Nalini <i>et al.</i> , 2018)
3	Olahan ayam (<i>chettinad chicken</i> siap konsumsi)	Sterilisasi <i>retort</i> (121°C, 20 psi, setelah pengemasan)	<i>Retort pouch</i> (aluminium dengan laminasi polimer – 4 <i>layer</i>)	Suhu ruang (35°C, 180 hari)	-	Dapat diterima, tidak berubah, tidak signifikan terhadap penyimpanan (nilai: 7,7)	Dapat diterima, menurun 0,03%, tidak signifikan terhadap penyimpanan (nilai: 7,7)	-	(Rajan <i>et al.</i> , 2014)

Tabel 28. Karakteristik sensori olahan ayam dan kalkun siap konsumsi (lanjutan)

No	Produk	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bau	Tekstur	Rasa	Warna	Sumber
4	Olahan ayam siap konsumsi (ayam kalasan siap konsumsi)	Pengukusan (tidak ada suhu spesifik) dan sterilisasi <i>retort</i> (121°C, 15 psi, setelah pengemasan)	Plastik vakum dan <i>retort pouch</i> (aluminium dengan laminasi polimer)	Suhu ruang (28°C, 14 hari)	Pengukusan, vakum: Dapat diterima, menurun 0,03%	Pengukusan, vakum: Dapat diterima, menurun 0,05%, signifikan terhadap pengemas dan penyimpanan	Pengukusan, vakum: Dapat diterima, menurun 0,05%, signifikan terhadap pengemas dan penyimpanan	Pengukusan, vakum: Dapat diterima, menurun 0,41%, signifikan terhadap pengemas dan penyimpanan	(Triyannanto <i>et al.</i> , 2019)
					Sterilisasi <i>retort</i> (121°C), <i>retort pouch</i> : Dapat diterima, menurun 0,04%	Sterilisasi <i>retort</i> (121°C), <i>retort pouch</i> : Dapat diterima, menurun 0,01%, signifikan terhadap pengemas dan penyimpanan	Sterilisasi <i>retort</i> (121°C), <i>retort pouch</i> : Dapat diterima, menurun 0,02%, signifikan terhadap pengemas dan penyimpanan	Sterilisasi <i>retort</i> (121°C), <i>retort pouch</i> : Dapat diterima, menurun 0,06%, signifikan terhadap pengemas dan penyimpanan	

Tabel 28. Karakteristik sensori olahan ayam dan kalkun siap konsumsi (lanjutan)

No	Produk	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bau	Tekstur	Rasa	Warna	Sumber
5	Olahan ayam siap konsumsi (sate ayam siap konsumsi)	Pengukusan (tidak ada suhu spesifik) dan sterilisasi <i>retort</i> (121°C, setelah pengemasan)	Plastik vakum (PE) dan <i>retort pouch</i> vakum (<i>multilayer packaging</i> – PE dan aluminium)	Suhu ruang (8 minggu)	-	Pengukusan, vakum: Dapat diterima, meningkat 1,83%, signifikan terhadap pengemasan dan penyimpanan (nilai: 3,20) Sterilisasi, <i>retort pouch</i> : Dapat diterima, meningkat 1,14%, signifikan terhadap pengemasan dan penyimpanan (nilai: 3,38)	-	-	(Triyannanto <i>et al.</i> , 2020)
6	Olahan kalkun siap konsumsi	Sterilisasi <i>retort</i> (121,1°C, 15 psi, 25 menit, setelah pengemasan)	<i>Retort pouch</i> (<i>aluminium foil</i> dengan laminasi PP)	-	-	Sedikit lebih empuk	-	-	(Lyon & Kloese, 1981)

Tabel 28. Karakteristik sensori olahan ayam dan kalkun siap konsumsi (lanjutan)

No	Produk	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bau	Tekstur	Rasa	Warna	Sumber
7	Olahan ayam siap konsumsi (<i>samgyetang</i> siap konsumsi)	Sterilisasi <i>retort</i> (120°C, 65 menit, setelah pengemasan)	<i>Retort pouch</i> (PET/AL/PA/ CPP)	Pendinginan (dibawah 5°C)	-	Dapat diterima, meningkat 0,002%, signifikan (nilai: 8,69)	Dapat diterima, meningkat 0,032%, signifikan (nilai: 8,32)	Warna ayam menjadi coklat keabuan dan semakin cerah	(Triyannanto & Lee, 2015)
8	Olahan ayam siap konsumsi (bubur ayam ginseng)	Sterilisasi (121°C, 20 menit, setelah pengemasan)	<i>Retort pouch</i> (plastik <i>multilayer</i>)	Suhu ruang (25°C, selama 28 minggu)	Skor <i>off odor</i> menurun selama penyimpanan (0,46%), signifikan terhadap penyimpanan. Pada minggu ke-28 tidak dapat diterima (nilai: 4,9)	Menurun 0,51%, signifikan terhadap penyimpanan. Pada minggu ke-28 tidak dapat diterima (nilai: 4,4)	Menurun 0,46%, signifikan terhadap penyimpanan. Pada minggu ke-28 tidak dapat diterima (nilai: 4,9)	Menurun 0,42%, signifikan terhadap penyimpanan (nilai: 5,1)	(Jang & Lee, 2012)
9	Olahan ayam siap konsumsi (pepes ayam siap konsumsi)	Iradiasi (sinar gamma, 45 kGy, <i>cryogenic</i> , setelah pengemasan)	Plastik vakum (PET/AL/LLD PE)	Suhu ruang (28-30°C, 18 bulan)	Dapat diterima, menurun 0,17% (nilai: 4,0)	Dapat diterima, menurun 0,17% (nilai: 4,0)	Dapat diterima, menurun 0,17% (nilai: 4,0)	-	(Irawati, 2009)

Tabel 28. Karakteristik sensori olahan ayam dan kalkun siap konsumsi (lanjutan)

No	Produk	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bau	Tekstur	Rasa	Warna	Sumber	
10	Olahan kalkun siap konsumsi (<i>turkey breast rolls</i> siap konsumsi)	Iradiasi (2 kGy, 2,5 kGy, dan 4 kGy, setelah pengemasan)	-	-	Iradiasi 2 kGy, pendinginan (0°C, 13 hari): Meningkat 0,13% (nilai: 5,1)	Iradiasi 2 kGy, pendinginan (0°C, 13 hari): Meningkat 0,07% (nilai: 4,8)	Iradiasi 2 kGy, pendinginan (0°C, 13 hari): Meningkat 0,42% (nilai: 6,1)	-	(Stevenson, 1993)	
					Pendinginan (0°C, 13 hari) dan 7 hari	Iradiasi 4 kGy, pendinginan (0°C, 13 hari): Meningkat 0,29% (nilai: 5,8)	Iradiasi 4 kGy, pendinginan (0°C, 13 hari): Meningkat 0,13% (nilai: 4,6)			Iradiasi 4 kGy, pendinginan (0°C, 13 hari): Meningkat 0,15% (nilai: 5,3)
					Plastik vakum (<i>nylon/PE</i>)	Iradiasi 2,5 kGy, 7 hari: <i>Off odor</i> produk meningkat 1,65%, signifikan terhadap iradiasi (nilai: 9,8), bau meningkat menjadi 0,17% karena iradiasi (nilai: 8,9)	Iradiasi 2,5 kGy, 7 hari: Meningkatkan 0,05%, tidak signifikan terhadap iradiasi (nilai: 7,8)			Iradiasi 2,5 kGy, 7 hari: Menurun 0,22%, signifikan pada iradiasi (nilai: 3,8)

Tabel 28. Karakteristik sensori olahan ayam dan kalkun siap konsumsi (lanjutan)

No	Produk	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bau	Tekstur	Rasa	Warna	Sumber
11	Olahan ayam siap konsumsi (<i>chicken breast rolls</i> siap konsumsi)	Iradiasi (2,5 kGy, setelah pengemasan)	Plastik vakum (<i>nylon/PE</i>)	-	Bau produk menurun 0,16%, signifikan setelah di iradiasi, bau produk tergolong sedang (nilai: 6,9)	Menurun 0,16%, tidak signifikan, agak lembut (nilai: 5,2)	Skor <i>off flavor</i> menurun setelah di iradiasi (0,36%), signifikan, namun <i>off flavor</i> tergolong lemah dan dapat diterima (nilai: 5,3)	Meningkat 0,38%, signifikan, warna produk sedikit putih kecerahan dan dapat diterima (nilai: 5,6)	(Du <i>et al.</i> , 2004)
12	Olahan kalkun siap konsumsi	Iradiasi (setelah pengemasan)	Plastik vakum (<i>multilayer</i>) dan Plastik	Pendinginan (0°C, 10 minggu) dan 12 hari	-	-	-	Vakum, pendinginan (0°C, 10 minggu): Semakin tinggi dosis radiasi, warna semakin merah muda dan cerah	(Nanke <i>et al.</i> , 1998)

Tabel 28. Karakteristik sensori olahan ayam dan kalkun siap konsumsi (lanjutan)

No	Produk	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bau	Tekstur	Rasa	Warna	Sumber
12	Olahan kalkun siap konsumsi	Iradiasi (setelah pengemasan)	Plastik vakum (<i>multilayer</i>) dan Plastik	Pendinginan (0°C, 10 minggu) dan 12 hari	-	-	-	Plastik, 12 hari: Warna kalkun semakin kemerahan, warna kuning pada kalkun menurun tidak signifikan, kecerahan kalkun tidak berubah seiring penyimpanan	(Nanke <i>et al.</i> , 1999)
13	Olahan ayam siap konsumsi	Iradiasi (sinar gamma, 25 kGy, setelah dikemas)	-	-	-	-	Iradiasi menyebabkan <i>off flavor</i>	-	(Patterson & Stevenson, 1995)

Keterangan:

- = Tidak terdeteksi

kGy = Kilo gray

psi = *Pound Per Square Inch*

Olahan *chicken pulav* siap konsumsi bau, rasa, dan warnanya masih dapat diterima dengan nilai yang cukup tinggi setelah 12 bulan di suhu ruang yang sebelumnya di sterilisasi dan diiradiasi. Sterilisasi dan iradiasi potensial untuk memproduksi produk yang tinggi kualitas dan stabil penyimpanan (pada suhu berapapun) (Kumar *et al.*, 2013). *Pepper chicken* siap konsumsi memiliki kualitas sensori tekstur dan rasa yang dapat diterima maupun menurun. Penurunan tersebut juga tidak signifikan (Nalini *et al.*, 2018). Tekstur merupakan karakteristik penting dalam produk makanan, terutama pada produk yang disimpan dalam waktu lama. Penurunan tekstur menjadi lebih rendah terjadi karena proses *retort* menyebabkan konversi kolagen menjadi gelatin dan adanya efek periode penyimpanan (Rajkumar *et al.*, 2010).

Chettinad chicken siap konsumsi masih memiliki tekstur dan rasa yang dapat diterima, tekstur produk tidak berubah, namun rasa produk menurun, perubahan tersebut tidak signifikan terhadap penyimpanan (Rajan *et al.*, 2014). Ayam kalasan siap konsumsi yang diolah dengan sterilisasi dan kemasan vakum serta *retort pouch* semuanya masih dapat diterima setelah 14 hari penyimpanan di suhu ruang. Penerimaan konsumen terhadap bau, tekstur, rasa, dan bau menurun sepanjang waktu (Triyannanto *et al.*, 2019). Faktor yang mempengaruhi bau produk adalah tipe pemasakan, waktu pemasakan, suhu pemasakan, serta bahan yang digunakan. Perubahan tekstur yang dimaksud adalah kelembutan dari produk. Rasa produk dapat dipengaruhi senyawa kimia, suhu, konsentrasi, dan komponen rasa lainnya dari bahan lain.

Hal serupa juga terjadi pada bubur ayam ginseng, semua parameter sensorinya menurun dan signifikan terhadap penyimpanan (Jang & Lee, 2012). Pada produk, pengolahan, dan pengemasan yang hampir serupa didapat hasil kualitas semakin meningkat, hal ini dikarenakan produk disimpan pada suhu dingin, yaitu di bawah 5°C (Triyannanto & Lee, 2015). Perubahan warna dapat dipengaruhi perubahan kimia daging dan aktivitas mikroba sepanjang penyimpanan (Triyannanto *et al.*, 2020). Sate ayam yang disimpan selama 8 minggu dan sebelumnya di sterilisasi dan dikemas vakum dan *retort* memiliki hasil tekstur yang dapat diterima dan menjadi alot. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, tekstur daging yang menurun terjadi karena daya ikat air berkurang karena degradasi protein, sehingga produk akan kehilangan air yang banyak.

Pepes ayam siap konsumsi yang di iradiasi 45 kGy, dikemas vakum, dan di simpan di suhu ruang selama 18 bulan memiliki kualitas sensori yang dapat diterima namun menurun (Irawati, 2009). Pepes ayam siap konsumsi diiradiasi dengan teknik *cryogenic*, selain untuk menambah keefektifan proses iradiasi, teknik tersebut juga mengurangi kerusakan pada produk akibat iradiasi, sehingga dapat dihasilkan produk siap konsumsi yang masih baik dan dapat diterima walau disimpan dalam kurun waktu yang lama.

Turkey breast roll yang didapat dari Stevenson (1993) dan Du *et al.* (2002) memiliki hasil bau, tekstur dan warna yang meningkat, sedangkan pada iradiasi 2 dan 4 kGy memiliki hasil rasa yang meningkat, sedangkan pada iradiasi 2,5 kGy yang disimpan 7 hari, hasil rasa menurun. *Chicken breast roll* mengalami penurunan pada setiap parameter sensorinya. Iradiasi dosis tinggi dapat mengagregasi enzim penyebab biokimia, namun aktivitasnya masih berjalan lambat, sehingga masih dapat mempengaruhi kualitas dari produk (Irawati, 2009). Perubahan warna yang lebih cerah semakin meningkatnya dosis radiasi pada kalkun siap konsumsi yang dikemas vakum dan plastik dikarenakan perubahan pigmen (*oxymyoglobin*) yang terjadi karena rendahnya oksigen pada kondisi pengemasan tersebut (Nanke *et al.*, 1998; Nanke *et al.*, 1999). Perubahan warna menjadi lebih cerah berhubungan dengan kesegaran produk. Iradiasi juga dapat menyebabkan *off flavor* karena adanya pembentukan hidroperoksida (Patterson & Stevenson, 1995).

Tabel 29. Karakteristik mikrobiologi olahan ayam dan kalkun siap konsumsi

No	Produk	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bakteri	Yeast	Fungi	Umur Simpan	Sumber
1	Olahan ayam siap konsumsi (<i>chicken pulav</i> siap konsumsi)	Sterilisasi <i>retort</i> (121°C) + iradiasi (sinar gamma, 5 kGy, setelah pengemasan)	<i>Retort pouch</i> (PE/AL/ CPP)	Suhu ruang (19-30°C, 12 bulan)	TPC, <i>coliform</i> , bakteri spora tidak terdeteksi selama penyimpanan	Tidak terdeteksi selama penyimpanan	Tidak terdeteksi selama penyimpanan	12 bulan masih dalam keadaan yang baik, dan dapat disimpan lebih lama lagi	(Kumar <i>et al.</i> , 2013)
2	Olahan ayam siap konsumsi (<i>pepper chicken</i> siap konsumsi)	Sterilisasi <i>retort</i> (121°C, 20 psi, setelah pengemasan)	<i>Retort pouch</i> (CPP/ <i>biaxially oriented nylon</i> / AL, PE)	Suhu ruang (25-30°C, 90 hari)	TPC meningkat 0,043% (0,47 log CFU). Bakteri aerobik, <i>Staphylococcal</i> , <i>coliform</i> , <i>Clostridium</i> , <i>Salmonella</i> tidak terdeteksi selama penyimpanan	Tidak terdeteksi selama penyimpanan	Tidak terdeteksi selama penyimpanan	90 hari dalam suhu ruang masih dalam keadaan yang baik	(Nalini <i>et al.</i> , 2018)
3	Olahan ayam siap konsumsi (<i>chettinad chicken</i> siap konsumsi)	Sterilisasi <i>retort</i> (121°C, setelah pengemasan)	<i>Retort pouch</i> (aluminium dengan laminasi polimer – 4 layer)	Suhu ruang (32°C, 3 bulan)	TPC meningkat 0,16% signifikan (1,66 log CFU). Bakteri aerobik, <i>Staphylococcal</i> spp., <i>E. coli</i> , <i>Clostridium</i> spp., <i>Salmonella</i> spp. tidak terdeteksi selama penyimpanan	Tidak terdeteksi selama penyimpanan	Tidak terdeteksi selama penyimpanan	90 hari dalam suhu ruang masih dalam keadaan yang baik	(Nalini <i>et al.</i> , 2015)

Tabel 29. Karakteristik mikrobiologi olahan ayam dan kalkun siap konsumsi (lanjutan)

No	Produk	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bakteri	Yeast	Fungi	Umur Simpan	Sumber
4	Olahan ayam siap konsumsi (sate ayam siap konsumsi)	Pengukusan (tidak ada suhu spesifik) dan sterilisasi <i>retort</i> (121°C, setelah pengemasan)	Plastik vakum (PE) <i>Retort pouch vakum (multilayer packaging – PE dan aluminium)</i>	Suhu ruang (8 minggu)	Pada minggu 0 TPC sate adalah 0 CFU/g, setelah 8 minggu meningkat menjadi $1,00 \times 10^7\%$, signifikan terhadap pengemasan dan penyimpanan Pada minggu 0 TPC sate adalah 0 CFU/g, setelah 8 minggu meningkat menjadi $7,60 \times 10^3\%$, signifikan terhadap pengemasan dan penyimpanan	-	-	-	(Triyannanto <i>et al.</i> , 2020)
5	Olahan ayam siap konsumsi (bubur ayam ginseng)	Sterilisasi (121°C, 20 menit, setelah pengemasan)	<i>Retort pouch (plastik multilayer)</i>	Suhu ruang (25°C, selama 28 minggu)	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi	24 minggu pada suhu ruang (25°C)	(Jang & Lee, 2012)

Tabel 29. Karakteristik mikrobiologi olahan ayam dan kalkun siap konsumsi (lanjutan)

No	Produk	Pengolahan	Pengemasan	Penyimpanan	Bakteri	Yeast	Fungi	Umur Simpan	Sumber
6	Olahan ayam siap konsumsi (ayam pala manis siap konsumsi)	Iradiasi (sinar gamma, 45 kGy, <i>cryogenic</i> , setelah pengemasan)	Plastik vakum (aluminium dengan laminasi polimer)	Suhu ruang (7 hari) Suhu ruang (18 bulan)	<i>Streptococcus</i> spp. tidak terdeteksi TPC sebelum 2,10 x 10 ² CFU/g, lalu tidak terdeteksi setelah iradiasi dan penyimpanan	-	-	-	(Natalia <i>et al.</i> , 2011)
7	Olahan ayam siap konsumsi (pepes ayam siap konsumsi)	Iradiasi (sinar gamma, 45 kGy, <i>cryogenic</i> , setelah pengemasan)	Plastik vakum (PET/AL/LLDPE)	Suhu ruang (28-30°C, 18 bulan)	TPC sebelum 1,95 x 10 ² CFU/g, lalu tidak terdeteksi setelah iradiasi dan penyimpanan	-	-	18 bulan dalam suhu ruang masih dalam kondisi yang baik	(Irawati, 2009)
8	Olahan ayam siap konsumsi (<i>yunan chicken</i> siap konsumsi)	Iradiasi 5 kGy (sinar gamma, 45 kGy, <i>cryogenic</i> , setelah pengemasan)	Plastik vakum (PET/LDPE/AL/LDPE/LLDPE)	Pendinginan (5°C, 9 minggu)	TPC sebelum 1,2 x 10 ⁶ , lalu tidak terdeteksi setelah iradiasi dan penyimpanan	-	-	9 bulan atau lebih dengan dosis iradiasi 5 kGy	(Irawati <i>et al.</i> , 2009)

Keterangan:

- = Tidak terdeteksi

kGy = Kilo gray

psi = *Pound Per Square Inch*TPC = *Total Plate Count*

Berdasarkan Tabel 29. Karakteristik dan kualitas mikrobiologi olahan ayam dan kalkun siap konsumsi, didapat hasil bahwa *chicken pulav* siap konsumsi yang diolah dengan sterilisasi *retort* 121°C dan iradiasi 5 kGy, kemasan *retort pouch*, didapat bahwa tidak ada tanda-tanda pertumbuhan mikroba dan aman secara biologis, serta dalam 12 bulan masih dalam keadaan yang baik dan masih dapat disimpan lebih lama, walau disimpan dalam suhu ruang. Baik sterilisasi maupun iradiasi mengerahkan efeknya lewat penyerapan energi yang akan menyebabkan kerusakan membran sel atau DNA. Efek baik pada radiasi termal membutuhkan kondisi basah. Spora *Bacillus subtilis* tidak terpengaruh jika iradiasi dilakukan pada suhu 80 dan 100°C. Semakin tinggi temperatur, maka pengurangan mikroba vegetatif dan spora akan semakin berkurang (Kumar *et al.*, 2013). Pada olahan ayam siap konsumsi (*pepper chicken* siap konsumsi) yang diolah dengan sterilisasi *retort* 121°C, dikemas dengan *retort pouch*, dan penyimpanan suhu ruang (25-30°C) selama 90 hari didapat hasil TPC produk meningkat 0,043%, namun tidak didapat adanya bakteri aerobik, *Staphylococcal*, *coliform*, *Clostridium*, *Salmonella*, *yeast*, dan *fungi* tidak terdeteksi selama penyimpanan sehingga dalam 90 hari penyimpanan, produk masih dalam keadaan yang baik. Sama seperti *pepper chicken*, *chettinad chicken* siap konsumsi dengan perlakuan yang sama juga memiliki kualitas mikrobiologi yang sama, namun TPC meningkat 0,166%. Berdasarkan ICMSF (1974) TPC harus kurang dari 107/g. Bakteri yang tergolong rendah pada produk merupakan indikasi praktik higienis atau pengolahan yang efisien (Shankar *et al.*, 2002).

Pada sate ayam siap konsumsi yang diolah sterilisasi dan dikemas dengan kemasan vakum dan *retort pouch* terdeteksi bahwa TPC produk naik dari tidak terdeteksi menjadi $1,00 \times 10^7$ pada kemasan vakum, dan $1,70 \times 10^3$ pada kemasan *retort pouch*. Perbedaan jumlah mikroba yang lebih tinggi pada kemasan vakum dikarenakan pada pengemasan vakum produk hanya dilakukan proses pengukusan yang suhunya tidak setinggi sterilisasi, sehingga mikroba yang rentan pangan masih bertahan. Pengukusan dilakukan pada suhu 75-95°C yang bertujuan untuk menurunkan mikroba dan menghilangkan udara di rongga sel, bakteri mesofilik dan termofilik masih mampu bergerminasi dan berkembang baik lagi setelah pengukusan (Waziroh *et al.*, 2017). Pada bubur ayam ginseng yang telah di sterilisasi, dikemas *retort*, dan disimpan pada suhu ruang diketahui dapat disimpan selama 24 minggu di suhu ruang (25°C) (Jang & Lee, 2012), karena tidak

adanya tanda pertumbuhan mikroorganisme. Pada pengolahan ayam pala manis siap konsumsi yang diiradiasi dan dikemas vakum didapat bahwa penyimpanan suhu ruang selama 7 hari bakteri *Streptococcus* spp. tidak terdeteksi, namun pada penyimpanan 18 bulan, TPC sebelumnya $2,10 \times 10^2$ CFU, namun setelah iradiasi dan penyimpanan, tidak terdeteksi lagi. Pada pepes ayam siap konsumsi dan *yunan chicken* siap konsumsi juga didapat hasil serupa, TPC sebelum pada pepes ayam adalah $1,95 \times 10^2$ CFU/g dan $1,2 \times 10^6$ CFU/g pada *yunan chicken*, namun semuanya tidak terdeteksi setelah iradiasi dan penyimpanan. Pepes ayam dapat disimpan dalam suhu ruang selama 18 bulan, sedangkan pada *yunan chicken* dapat disimpan 9 bulan atau lebih dengan dosis iradiasi 5 kGy. Dosis iradiasi yang semakin tinggi akan memiliki efek letal yang lebih besar, oleh sebab itu produk dapat disimpan lebih lama. Semua olahan ayam yang dikaji masuk dalam kategori memuaskan berdasarkan standar produk Centre for Food Safety (2014), karena tidak terdeteksinya bakteri seperti *Salmonella* spp., *coliform* dan *L. monocytogenes*.

Berdasarkan perbandingan data yang ada, teknik pemrosesan pada produk olahan ayam dan kalkun siap konsumsi yang paling baik, dapat menaikkan umur simpan, dan dapat meminimalisir kerusakan produk olahan ayam dan kalkun siap konsumsi adalah proses iradiasi yang digabungkan dengan sterilisasi, hal ini dikarenakan pada proses tersebut, produk masih memiliki kualitas kimia, sensori, dan mikrobiologi yang sangat baik, selain itu produk dapat disimpan selama 12 bulan atau lebih (Kumar *et al.*, 2013). Proses iradiasi dan sterilisasi mengerahkan efeknya lewat penyerapan energi yang akan menyebabkan kerusakan membran sel atau DNA. Sementara kemasan yang paling baik dipakai adalah kemasan *retort pouch* (PE/Al/PPP) dan dalam kondisi vakum. Penggunaan *retort pouch* dapat mengurangi waktu pemanasan sehingga menghindari pemasakan yang berlebihan, produk juga memiliki warna yang lebih baik, tekstur lebih kompak, dan tidak ada penyusutan nutrisi, sedangkan pengemasan vakum dapat mengurangi bakteri aerob, perubahan bau, rasa, dan penampakan saat penyimpanan. Sehingga, apabila *retort pouch* dan kondisi vakum digabungkan, produk akan semakin awet dan stabil selama penyimpanan. Selain itu adanya lapisan aluminium pada kemasan, akan mencegah produk terpapar sinar matahari secara langsung, sehingga produk tidak mudah rusak. Produk yang mengalami sterilisasi, dapat disimpan dalam suhu ruangan, oleh sebab itu produk dapat stabil walau tidak disimpan dalam suhu rendah.