**II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menguraikan mengenai : (1) Ayam, (2) Pengasapan, (3) Penentuan Umur Simpan, (4) Pengemasan, dan (5) Penyimpanan Beku.

**2.1. Ayam**

Daging unggas menghasilkan jumlah kalori yang rendah apabila dibandingkan dengan nilai kalori dari daging sapi. Oleh karena itu, daging unggas dapat dipakai sebagai bahan makanan yang baik untuk mengawasi berat badan, penyembuhan dari orang sakit, dan untuk orang tua yang tidak aktif bekerja lagi. Hidangan daging ayam digunakan sebagai sumber protein dalam diet, yang dimaksud untuk mengurangi jumlah kalori yang diterima dalam tubuh (Anjarsari, 2010).

Daging ayam merupakan sumber protein yang berkualitas tinggi, sumber yang baik dan penting dari asam lemak dan asam amino esensial, serta merupakan sumber mineral yang cukup lengkap. Selain itu serabut-serabutnya empuk, mudah dikunyah, mudah dicerna dan memiliki potensial rasa yang khas dan disukai (Muchtadi, 2010).

Menurut USDA, 100 g ayam mengandung air (65 g), energi (215 kkal), protein (18 g), lemak (15 g), lemak jenuh (4 g), kolesterol (75 mg), kalsium (11 mg), besi (0,9 mg), magnesium (20 mg), fosfor (147 mg), kalium (189 mg), natrium (70 mg), dan seng (1,3 mg). Di antara vitamin dalam daging ayam antara lain vitamin C, vitamin B1 (thiamin), riboflavin, niacin, vitamin B-6(pyridoxamine), folat, vitamin B-12, vitamin A, vitamin E (tocopherol), vitamin D dan vitamin K (Dinas Peternakan, 2014).

Selain itu daging ayam mengandung vitamin dan mineral yang jumlahnya relatif rendah. Mineral dalam daging ayam terdiri dari natrium, kalium, magnesium, kalsium, besi, fosfor, sulfur, klor dan iodine (Anjarsari, 2010).

Berdasarkan aspek pemuliaannya terdapat tiga jenis klasifikasi ayam penghasil daging, yaitu ayam kampung, ayam ras, dan ayam *cull*.

1. Ayam Kampung

Ayam kampung atau ayam lokal adalah jenis ayam yang tidak atau belum mengalami usaha pemuliaan, biasa dikenal juga dengan sebutan ayam buras (bukan ras). Berat badan rata-rata ayam yang siap untuk dipotong adalah yang berumur sekitar dua tahun, dengan berat sekitar 2,5 kg untuk ayam betina dan sekitar 3 - 3,25 kg untuk ayam jantan.

1. Ayam Ras (Broiler)

Ayam ras adalah jenis ayam yang telah mengalami upaya pemuliaan, sehingga merupakan ayam pedaging yang unggul. Mempunyai bentuk, ukuran, dan warna yang seragam. Di Indonesia ayam pedaging dipotong pada umur sekitar 6 minggu dengan berat sekitar 1,33 kg per ekor.

1. Ayam *Cull*

Ayam *cull* adalah ayam yang sebenarnya bukan tipe pedaging, tetapi dijadikan sebagai ayam penghasil daging dengan alasan tertentu. Umumnya ayam *cull* berasal dari ayam petelur yang diafkir. Mutu daging ayam *cull* umumnya lebih rendah dari ayam ras karena sudah tua dan ukurannya tidak seragam serta jumlahnya sedikit (Muchtadi, 2010).

Pemilihan daging ayam segar dapat dilakukan secara visual dengan memperhatikan kualitas dagingnya. Pengkelasan mutu unggas didasarkan pada kesehatan, kekuatan, keadaan bulu, penampakan, peletakan daging, lemak, cacat.

Tabel 1. Spesifikasi Standar Karkas Ayam (Kondisi minimum dan cacat maksimum)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **No** | **Faktor** | **Mutu A** | **Mutu B** | **Mutu C** |
| 1. | PenampakanTulang dadaPunggungKaki dan sayap | NormalSedikit melengkungNormalNormal | Agak menyimpangAgak bengkokAgak bengkokAgak menyimpang | AbnormalBengkokBengkokMenyimpang |
| 2. | Pelekatan daging | Gemuk, dada agak panjang dan membulat | Sedang | Kurus |
| 3. | Lemak | Banyak, terutama pada dada | Sedang, pada dada dan kaki (dibawah kulit) | Sedikit, pada seluruh bagian karkas |
| 4. | Bulu Halus | Tidak ada | Sedikit | Agak Banyak |
| 5. | Daging yang terlihat | Dada dan bagian lain kaki  | Dada dan kaki | Tidak ada |
| 6. | Sendi yang lepasTulang patahBagian hilang | Tidak adaUjung sayap dan ekor | 2 sendi lepas dan tidak ada tulang patahAtau 1 sendi lepas dan 1 tulang retak.Ujung sayap, 1 sayap dan ekor. | Tidak adaUjung sayap, 2 sayap dan ekor |
| 7. | Cacat karena pembekuan | Sedikit gelap pada punggung dan paha bawah. Sedikit bercak-bercak  | Terdapat bagian kering tidak lebih dari 0,5 inci (diameter), warna pudar | Banyak bercak-bercak dan bagian yang kering luas |

(Sumber : Muchtadi, 2010).

Lemak daging unggas kebanyakan disimpan di bawah kulit, bukan didistribusikan pada jaringan seperti pada hewan ternak besar. Daging dada ayam hanya mengandung 1,3% lemak, sedangkan sayatan daging anak sapi, daging sapi cukup umur masing-masing mengandung 11% dan 13 – 30% lemak. Lemak dapat dibagi menjadi dua golongan yang pertama adalah trigliserida sederhana atau lemak netral yang terdapat di bawah kulit dan rongga badan yang merupakan sumber penyimpanan energi. Golongan kedua adalah lemak majemuk seperti *phospholipids* yang merupakan bagian penting untuk tubuh dalam proses metabolisme (Anjarsari, 2010).

Beberapa peneliti melaporkan kandungan air, protein dan lemak daging bagian dada ayam ras yang bervariasi karena perbedaan perlakuan antara lain Smith and Fletcher (1988) mengamati pada cara pemotongan tradisional menghasilkan kandungan air, protein dan lemak masing-masing 82,80%; 25,75% dan 1,35%. Yau et al. (1990) melaporkan bahwa pemberian pakan dengan lemak 8% dari 3 jenis minyak yang berbeda menghasilkan kandungan protein dan lemak daging dada ayam ras umur 7 minggu adalah berkisar antara 75,24-75,64% ; 19,59-20,97% dan 2,67-4,09%. Smith et al. (1993) memberikan pakan yang mengandung 21% protein dan 3.200 kkal ME/kg pada ayam ras yang dipotong pada umur 49 hari. Kandungan air, protein, lemak dan abu daging ayam ras bagian dada adalah 74,20%; 23,31%; 1,63% dan 1,14%. Xiong et al. (1993) melaporkan bahwa kandungan air, protein dan lemak daging bagian dada ayam broiler persilangan adalah 75,20%; 22,40% dan 1,50% (Triyantini *et. al.*, 1997).

2.1.1. Tahap Memperoleh Karkas

Karkas adalah bagian dari tubuh unggas tanpa darah, bulu, kepala, kaki dan organ dalam. Karkas terdiri dari komponennya yaitu otot, tulang, lemak dan kulit . Karkas ayam merupakan bentuk keseluruhan ayam potong tanpa bulu, kepala, kaki dan jeroan.

Karkas unggas khususnya ayam merupakan bentuk komoditi yang paling banyak dan umum diperdagangkan. Karkas ayam adalah produk keluaran proses pemotongan, biasanya dihasilkan setelah melalui tahap pemeriksaan ayam hidup, penyembelihan, penuntasan darah, penyeduhan, pencabutan bulu dan *dressing* (pemotongan kaki, pengambilan jeroan, pencucian).

1. Pemeriksaan Ayam Hidup

Inspeksi ante-mortem pada ayam hidup bertujuan untuk memeriksa kesehatan ayam. Hanya ayam yang benar-benar sehat yang dipilih sebagai ayam potong. Ayam hidup yang umum dipotong berumur antara 8 – 12 minggu dengan berat 1,4 – 1,7 kg/ekor. Sebelum ayam disembelih sebaiknya ayam pedaging tidak diberi makan selama lebih kurang 3 jam untuk memudahkan pembersihan isi perut. Karena alasan agama, khususnya agama Islam, maka cara penyembelihan yang khas harus dipatuhi

2. Penyembelihan

Pemotongan ayam dilakukan dengan cara memotong *vena jugularis* dan *arteri carotis* di dasar rahang. Kadang-kadang dilakukan dengan cara menusuk bagian otak diarahkan pada *medula ablongata* dengan pisau kecil. Terdapat beberapa cara penyembelihan mulai dari cara pemenggalan leher yang sederhana sampai metode *konsher* yang dimodifikasi cara modern. Cara *konsher* dengan memotong pembuluh darah, jalan makanan dan jalan nafas. Sedangkan cara *konsher* 6 modifikasi dilakukan dengan memotong hanya pembuluh darah (dipingsankan terlebih dahulu), serta cara Islam yaitu pemutusan saluran darah (*vena* dan *arteri*), kerongkongan dan tenggorokan, hewan harus sehat, tidak boleh dibius dan yang memotong orang Islam.

3. Penuntasan Darah

Penuntasan darah harus dilakukan dengan sempurna karena dapat mempengaruhi mutu daging unggas. Penuntasan darah yang kurang sempurna menyebabkan karkas akan berwarna merah di bagian leher, bahu, sayap dan pori-pori kulit dimana lama penyimpanan akan terjadi perubahan warna. Penuntasan darah pada pemotongan unggas yang modern dilakukan dengan cara unggas yang disembelih digantung pada gantungan. Pengeluaran darah sebaiknya dilakukan secara tuntas atau sekitar 50 - 70 detik sehingga ayam kehilangan sekitar 4 persen dari berat badannya.

4. Penyeduhan

Penyeduhan atau perendaman dalam air panas dilakukan dengan tujuan untuk memudahkan proses pencabutan pada tahap berikutnya karena kolagen yang mengikat bulu sudah terakogulasi. Suhu dan waktu perendaman yang digunakan 54,5˚C selama 60 – 120 detik. Perendaman terlalu lama menyebabkan kulit menjadi gosong atau coklat.

5. Pencabutan Bulu

Tahap pencabutan bulu meliputi penghilangan bulu besar, bulu halus dan bulu seperti rambut. Pencabutan bulu besar dilakukan secara mekanis dari dua arah, yaitu depan dan belakang. Sedangkan pencabutan bulu halus dan bulu rambut umumnya dilakukan dengan metode *“wax picking”,* yaitu dengan pelapisan lilin.

Metode pelapisan lilin dilakukan pada unggas yang telah mengalami penyeduhan, dilapisi lilin dengan cara merendamnya dalam cairan lilin. Setelah cukup terlapisi, unggas diangkat dan dikeringkan sehingga lapisan lilin menjadi mengeras/padat. Dengan demikian bulu-bulu yang ada pada karkas akan ikut terlepas bila lapisan lilin yang telah mengeras dilepaskan.

*6. Dressing*

Tahap *dressing* meliputi pemotongan kaki, pengambilan jeroan dan pencucian. Dengan membuat irisan lubang yang cukup besar dari bagian bawah anus, seluruh isi perut ditarik keluar termasuk jaringan pengikat paru-paru, hati dan jantung. Pengambilan jeroan dilakukan dengan cara memasukkan tangan ke dalam rongga perut dan menarik seluruh isi perut keluar. Pencucian bertujuan untuk membersihkan karkas unggas dari kotoran yang masih tertinggal di bagian dalam permukaan karkas.

2.1.2. Fisiologi Pasca Mortem

Daging memiliki kandungan gizi yang tinggi, lengkap, dan seimbang. Namun, kandungan gizi yang tinggi pada daging merupakan media yang baik bagi pertumbuhan mikroba, sehingga daging merupakan salah satu bahan pangan yang mudah rusak atau *perishable*. Kerusakan pada daging dapat disebabkan karena adanya benturan fisik, perubahan kimia, dan aktivitas mikroba (Soeparno, 1994). Akibat dari kerusakan tersebut seperti pembentukan lendir, perubahan warna, perubahan bau, perubahan rasa dan terjadi ketengikan yang disebabkan pemecahan atau oksidasi lemak daging.

Pada fase pre rigor, otot daging berada dalam keadaan relaksasi, yaitu belum terjadi persilangan antara filamen aktin dan myosin sehingga jaringan otot masih halus dan empuk. Pada fase ini proses kimiawi dan pertumbuhan mikroba berlangsung lambat sekali. Selanjutnya daging mengalami fase rigor mortis. Secara fisik dapat dikatakan bahwa rigor mortis merupakan suatu proses yaitu daging menjadi kaku dan kehilangan fleksibilitasnya. Kekakuan jaringan otot ini disebabkan terjadinya persilangan filamen aktin dan miosin karena kontraksi otot. Pada fase pasca rigor, daging kembali menjadi empuk karena tidak ada lagi pembentukan energi (ATP) yang dapat digunakan untuk kontraksi dan persilangan filamen aktin dan miosin.

Setelah hewan mati, sirkulasi darah terhenti. Hal ini akan menyebabkan fungsi darah sebagai pembawa oksigen terhenti pula, akibatnya proses oksidasi reduksi itu terhenti. Peristiwa tersebut diikuti oleh terhentinya respirasi dan berlangsungnya proses glikolisis anaerob. Selanjutnya daging hewan akan mengalami serangkaian perubahan biokimia dan fisikokimia, seperti perubahan pH, perubahan struktur jaringan otot, perubahan kelarutan protein dan perubahan daya ikat air.

Penurunan pH pada daging terjadi karena adanya penimbunan asam laktat dalam jaringan otot akibat proses glikolisis anaerob. Kemudian terjadi peningkatan pH akibat pertumbuhan mikroorganisme. Pada suhu yang tinggi, pH akan turun lebih cepat, kecepatan penurunan pH akan mempengaruhi kondisi fisik jaringan otot.

Selama proses pasca mortem terjadi perubahan struktur jaringan otot yaitu penurunan keempukan akibat kelebihan energi, sehingga jaringan otot berkontraksi. Saat fase pasca rigor jaringan otot menjadi lunak dan daging menjadi empuk. Perubahan kelarutan protein dipengaruhi oleh pH, tersedianya ATP, dan faktor lainnya. Perubahan daya ikat air berkaitan dengan kemampuan protein otot dalam mengikat air. daging yang mempunyai nilai pH antara 4,7-5,4 akan mempunyai daya ikat air rendah, karena kemampuan protein otot dipengaruhi oleh nilai pH dan jumlah ATP jaringan otot (Muchtadi, 2010).

**2.2. Pengasapan**

Pengasapan adalah proses pengawetan daging dengan cara memberikan asap pada daging dalam suhu dan jangka waktu tertentu. Tujuan utama pengasapan adalah pengembangan cita rasa, pengawetan, pengembangan warna, membuat atau menciptakan produk baru, dan melindungi dari oksidasi lemak. Akibat yang ditimbulkan dari proses pengasapan yaitu memberi pengaruh yang bersifat mengawetkan, keringnya permukaan daging yang diasapkan, bebas dari proses ketengikan, dan memberi cita rasa yang khas (Sutaryo, 2004).

Maksud pengasapan daging terutama adalah untuk meningkatkan flavor dan penampakan permukaan produk yang menarik. Selongsong daging asap juga dapat membantu memperbaiki permukaan daging (Soeparno, 1994).

Pengasapan memiliki tujuan untuk pengawetan dan membentuk sifat organoleptik yang meliputi cita rasa asap (*smoky flavor*) dan warna spesifik (coklat mahoni), terutama pada produk-produk daging curing. Warna coklat terbentuk dari nitrosomioglobin yang kontak dengan panas sehingga menyebabkan terjadinya reaksi pencoklatan dan meningkatkan keempukan daging (Dwiari, 2008).

Menurut Dwiari (2008) komponen asap terdiri atas fraksi uap dan fraksi partikel yang dapat dibagi atas lima kelompok, yaitu:

1. Kelompok fenol

Paling banyak terdiri atas fraksi uap, selain itu terdapat juga fraksi partikel.

1. Kelompok alkohol

Hanya terdiri atas fraksi uap.

1. Kelompok asam-asam organik

Meliputi fraksi uap dan fraksi partikel.

1. Senyawa karbonil

Paling banyak terdiri atas fraksi partikel, selain itu terdapat juga fraksi uap.

1. Senyawa hidrokarbon

Hanya terdiri atas fraksi partikel. Dua senyawa hidrokarbon yang merupakan senyawa polisiklik dan bersifat karsinogenik (dapat menyebabkan kanker) adalah benzapirene dan dibenzanthrasene. Senyawa ini akan terbentuk jika suhu pembakaran bahan bakar terlalu tinggi. Bahaya karsinogenesis tersebut dapat diabaikan karena senyawa karsinogen yang ditemukan jumlahnya sangat rendah.

Produk-produk makanan yang diasap dapat awet karena panas dari pembakaran kayu dapat menghambat mikroorganisme, asap mengandung komponen antimikroba (bakterisida/bakteriostatik), asap mengandung antioksidan sehingga dapat terhindar dari ketengikan dan sebagian asap membentuk kulit tipis sehingga dapat terhindar dari kontaminasi ulang (Dwiari, 2008).

Senyawa kimia utama yang terdapat didalam asap, antara lain adalah asam formiat, asetat, butirat, kaprilat, vanilat, dan asam siringat, dimetoksifenol, metil dioksal, furfural, metanol, etanol, oktanal, asetaldehid, diasetil, aseton, dan 3,4-benzpiren (Lawrie, 1985 dalam Soeparno, 1994).

Formaldehid dari asap mempunyai pengaruh preservatif yang besar. Fenol mempunyai aktivitas sebagai antioksidan yang menghambat ransiditas oksidatif. Semua senyawa yang terkandung didalam asap ikut menentukan karakteristik flavor daging asap. Aldehid, keton, fenol, dan asam-asam organik dari asap memiliki daya bakteriostatik dan/atau bakterisidal pada daging asap (Urbain, 1971 dalam Soeparno, 1994).

Jumlah dan kualitas komponen kimia asap tergantung pada jenis kayu yang digunakan dalam pengasapan. Komponen kimia utama kayu yang akan membentuk komponen kimia asap adalah selulosa dan lignin. Bila kayu atau serbuk kayu dibakar, maka selulosa akan terurai menjadi alkohol berantai pendek dan lurus, aldehid, keton, dan asam organik. Sedangkan lignin akan terurai menjadi fenol, quinol, dan piroligol (Anjarsari, 2010).

Keberhasilan proses pengasapan tergantung pada tiga faktor utama, yaitu: (1) mutu dan volume asap, (2) suhu dan kelembapan ruang pengasapan, dan (3) sirkulasi udara dalam ruang pengasapan (Anjarsari, 2010).

**2.3. Penentuan Umur Simpan**

Umur simpan didefinisikan sebagai selang waktu antara saat produksi hingga saat konsumsi dimana produk masih dalam kondisi yang baik pada penampakan, rasa, tekstur dan nilai gizinya. Tetapi apabila suatu produk makanan diterima dalam kondisi tidak memuaskan pada sifat-sifat yang telah disebut diatas, maka dapat dinyatakan sebagai akhir dari masa simpannya atau masa kadaluarsa (Arpah, 2001).

Umur simpan dapat diartikan sebagai rentang waktu antara produk mulai diproduksi sampai dengan produk tersebut dikonsumsi dan mutu produk masih memenuhi syarat untuk dikonsumsi. Menurut Floros (1993), umur simpan suatu produk pangan merupakan waktu yang diperlukan oleh produk pangan dalam kondisi penyimpanan untuk sampai pada level atau tingkatan degradasi mutu tertentu. Ketidaksesuaian umur simpan akan menimbulkan ketidakpuasan dan keluhan dari konsumen. Ketidakpuasan tersebut akan menimbulkan kesan buruk terhadap penerimaan produk tersebut di masyarakat atau bahkan lebih buruk lagi akan menimbulkan malnutrisi dan penyakit. Oleh karena itu, produsen makanan harus memberikan perhatian besar terhadap penentuan umur simpan ini.

Faktor-faktor utama yang mempengaruhi umur simpan adalah :

a. Jenis dan karakteristik produk pangan

Produk yang mengalami pengolahan akan lebih tahan lama dibanding produk segar. Produk yang mengandung lemak berpotensi mengalami *rancidity,* sedang produk yang mengandung protein dan gula berpotensi mengalami reaksi *maillard* (warna coklat).

b. Jenis dan karakteristik bahan kemasan

Permeabilitas bahan kemasan terhadap kondisi lingkungan (uap air, cahaya, aroma, oksigen)

c. Kondisi Lingkungan

Suhu penyimpanan, lama penyimpanan dan kondisi lingkungan. Oksigen menyebabkan terjadinya reaksi oksidasi.

Umur simpan suatu produk akan berubah apabila terjadi perubahan dalam komposisi produk tersebut, pengaruh lingkungan terhadap produk atau sistem pengemasan produk. Menurut Buckle *et al*. (1987), kondisi penyimpanan suatu bahan harus diatur sedemikian rupa sehinga dapat menekan kemungkinan kerusakan bahan pangan serendah mungkin. Resiko yang kemungkinan terjadi dan harus dihindari adalah masuknya komponen-komponen beracun dari bahan pengemas kedalam bahan pangan atau dari pengemas ke produk bahan pangan. Perpindahan ini dapat dipicu oleh faktor lingkungan sekitar produk tersebut disimpan.

Adapun penentuan umur simpan suatu produk dilakukan dengan mengamati produk selama penyimpanan sampai terjadi perubahan yang tidak dapat diterima lagi oleh konsumen. Selain itu juga dilakukan dengan mengamati perubahan yang terjadi pada produk selama selang waktu tertentu. Perubahan yang terjadi dapat mengindikasikan adanya penurunan mutu produk tersebut. Maka dari itu, pengujian atribut produk perlu dilakukan untuk menentukan daya simpannya. Hasil atau akibat berbagai reaksi kimiawi yang terjadi di dalam produk makanan bersifat akumulatif dan irreversible (tidak dapat dipulihkan kembali) selama penyimpanan sehingga pada waktu tertentu hasil reaksi mengakibatkan mutu makanan tidak dapat diterima kembali. Pengaruh kadar air dan aktivitas air sangat penting sekali dalam menentukan daya awet dari bahan pangan karena keduanya mempengaruhi sifat-sifat fisik dan sifat fisika-kimia, perubahan-perubahan kimia, kebusukan oleh mikroorganisme dan perubahan enzimatis, terutama pada bahan pangan yang tidak diolah (Buckle *et* *al.* 1987).

Menurut Arpah (2001) Secara umum penentuan umur simpan dari produk pangan dilakukan dengan salah satu cara diantara tiga kategori yaitu :

a. Percobaan dirancang dengan cara menentukan umur simpan produk yang ada.

b. Percobaan dirancang dengan mempelajari pengaruh faktor-faktor spesifik dan kombinasi dari berbagai faktor seperti suhu penyimpanan, bahan pengemas atau bahan tambahan makanan.

c. Percobaan dilakukan untuk menentukan umur simpan dari produk yang sedang dikembangkan.

Selain itu, pendugaan umur simpan makanan ini juga dapat diketahui melalui metode yang dilakukan. Terdapat 2 metode yang dapat dilakukan untuk mengetahui umur simpan suatu bahan atau produk pangan, antara lain :

1. Metode Konvensional

Sistem penentuan umur simpan secara konvensional membutuhkan waktu yang lama karena penetapan kadaluarsa pangan metode *EES* (*Extended Storage Studies*) dilakukan dengan cara menyimpan suatu seri produk pada kondisi normal sehari-hari sambil dilakukan pengamatan terhadap penurunan mutunya sehingga tercapai mutu kadaluarsa (Arpah, 2001).

2. Metode Akselerasi

Untuk mempercepat waktu penentuan umur simpan dapat digunakan metode *ASLT* (*Accelerated shelf Life Testing*) atau metode akselerasi. Pada metode ini kondisi penyimpanan diaturdi luar kondisi normal sehingga produk dapat lebih cepat rusak dan penentuan umur simpan dapatditentukan. Penggunaan metode akselerasi harus disesuaikan dengan keadaan dan faktor yangmempercepat kerusakan produk yang bersangkutan (Arpah, 2001).

Jenis parameter atau atribut mutu yang diuji tergantung pada jenis produknya. Produk berlemak biasanya menggunakan parameter ketengikan. Produk yang disimpan dingin atau beku menggunakan parameter pertumbuhan mikroba. Produk berwujud bubuk atau kering yang diukur adalah kadar airnya (Arpah, 2001). Proses perkiraan umur simpan, sangat tergantung pada tersedianya data mengenai :

a. Mekanisme penurunan mutu produk yang dikemas

b. Unsur-unsur yang terdapat di dalam produk yang langsung mempengaruhi laju penurunan mutu produk

c. Mutu produk dalam kemasan

d. Bentuk dan ukuran kemasan yang diinginkan

e. Mutu produk pada saat dikemas

f. Mutu makanan dari produk yang masih dapat diterima

g. Variasi iklim selama distribusi dan penyimpanan

h. Resiko perlakuan mekanis selama distribusi dan penyimpanan yang mempengaruhi kebutuhan kemasan

i. Sifat barrier pada bahan kemasan untuk mencegah pengaruh unsur-unsur luar yang dapat menyebabkan terjadinya penurunan mutu produk.

Menurut Syarief *et al*. (1989) umur simpan suatu produk pangan merupakan suatu parameter ketahan produk selama penyimpanan terutama jika kondisinya beragam. Umur simpan ini erat hubungannya dengan kadar air kritis produk dimana secara organoleptik masih dapat diterima konsumen. Faktor-faktor yang mempengaruhi umur simpan makanan yang dikemas adalah sebagai berikut :

a. Keadaan alamiah atau sifat makanan dan mekanisme berlangsungnya perubahan, misalnya kepekaan terhadap air dan oksigen, dan kemungkinan terjadinya perubahan-perubahan kimia internal dan fisik.

b. Ukuran kemasan dalam hubungannya dengan produk yang dikemas.

c. Kondisi atmosfer (terutama suhu dan kelembaban) dimana kemasan dapat bertahan selama transit dan sebelum digunakan.

d. Ketahanan keseluruhan dari kemasan terhadap keluar masuknya air, gas dan bau termasuk perekatan, penutupan dan bagian-bagian yang terlipat.

2.3.1. Arrhenius

Menurut Hariyadi (2006), metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) dengan Model Arrhenius umumnya digunakan untuk melakukan pendugaan umur simpan produk pangan yang sensitif oleh perubahan suhu, di antaranya produk pangan yang mudah mengalami ketengikan (oksidasi lemak), perubahan warna oleh reaksi kecoklatan, atau kerusakan vitamin C. Metode ini pada prinsipnya adalah menyimpan produk pangan pada suhu ekstrim, dimana kerusakan produk pangan terjadi lebih cepat kemudian umur simpan ditentukan berdasarkan ekstrapolasi ke suhu penyimpanan. Semakin sederhana model yang digunakan untuk menduga umur simpan, maka semakin banyak asumsi yang dipakai.

Syarief dan Halid (1993) menjelaskan bahwa suhu merupakan faktor yang berpengaruh terhadap perubahan mutu makanan. Semakin tinggi suhu penyimpanan, maka laju reaksi berbagai senyawa kimia akan semakin cepat. Oleh karena itu dalam menduga kecepatan penurunan mutu selama penyimpanan perlu memperhitungkan faktor suhu. Dalam penyimpanan makanan, suhu ruangan penyimpanan berubah dari waktu ke waktu, keadaan suhu penyimpanan seperti ini dapat mempermudah pendugaan laju penurunan mutu makanan dengan persamaan Arrhenius.

k = ko. e-E/RT

Keterangan : k = Konstanta penurunan mutu

ko = Konstanta (tidak tergantung pada suhu)

E = Energi aktivasi (kal/mol)

T = Suhu mutlak (C+273)

R = Konstanta gas (1,986 kal/mol K)

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam pendugaan metode Arrhenius adalah:

1. Perubahan faktor mutu hanya ditentukan oleh satu macam reaksi saja.

2. Tidak terjadi faktor lain yang mengakibatkan perubahan mutu.

3. Proses perubahan mutu dianggap bukan merupakan akibat proses-proses yang terjadi sebelumnya.

4. Suhu selama penyimpanan tetap atau dianggap tetap (Syarief dan Halid, 1993).

**2.4. Pengemasan**

Pengemasan membatasi bahan pangan dengan lingkungan sekitarnya, sehingga dapat mencegah atau menghambat kerusakan. Pemilihan bentuk dan jenis kemasan harus disesuaikan dengan produk yang akan dikemas, sehingga dapat memenuhi fungsi kemasan sebagai wadah produk, pelindung produk, alat komunikasi dan penambah daya tarik produk.

Pengemasan dapat memperlambat kerusakan produk, memperpanjang umur simpan, dan menjaga atau meningkatkan kualitas dan keamanan pangan. Pengemasan juga dapat melindungi produk dari tiga pengaruh luar, yaitu kimia, biologis, dan fisik. Perlindungan kimia mengurangi perubahan komposisi yang cepat oleh pengaruh lingkungan, seperti terpapar gas (oksigen), uap air dan cahaya (cahaya tampak, infra merah atau ultraviolet). Perlindungan biologis mampu menahan mikroorganisme (pathogen dan agen pembusuk), serangga, hewan pengerat dan hewan lainnya. Perlindungan fisik menjaga produk dari bahaya mekanik dan menghindari goncangan dan getaran selama pendistribusian (Marsh dan Bugusu, 2007 dalam Maulana, 2011).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kerusakan bahan pangan sehubungan dengan kemasan yang digunakan dapat dibagi dalam dua golongan utama yaitu :

a. Kerusakan yang disebabkan oleh sifat alamiah dari produk sehingga tidak dapat dicegah dengan pengemasan saja (perubahan-perubahan fisik, biokimia dan kimia serta mikrobiologis).

b. Kerusakan yang tergantung pada lingkungan dan hampir seluruhnya dapat dikontrol dengan kemasan yang digunakan (kerusakan mekanis, perubahan kadar air bahan pangan, absorpsi dan interaksi dengan oksigen, kehilangan dan penambah cita rasa yang tidak diinginkan).

2.4.1. Fungsi Pengemasan

Kemasan merupakan wadah yang berfungsi sebagai pelindung produk, yang telah dilengkapi dengan tulisan, label, dan keterangan-keterangan sebagai sarana komunikasi dan promosi, serta sebagai sarana yang memberikan kemudahan bagi konsumen dan produsen. Kemudahan bagi produsen seperti kemudahan dalam penanganan, penyimpanan dan pemasaran. Sedangkan untuk konsumen kemudahan dalam memperoleh produk, membawa dan menyimpan produk (Syarief *et al.*, 1989).

Bahan kemas baik bahan logam, maupun bahan lain seperti bermacam-macam plastik, gelas, kertas dan karton seharusnya mempunyai 6 fungsi utama berikut ini :

a. Menjaga produk bahan pangan tetap bersih dan merupakan pelindung terhadap kotoran dan kontaminasi lain.

b. Melindungi makanan terhadap kerusakan fisik, perubahan kadar air dan penyinaran (cahaya).

c. Mempunyai fungsi yang baik, efisiensi dan ekonomis khususnya selama proses penempatan makanan ke dalam wadah kemasan.

d. Mempunyai kemudahan dalam membuka atau menutup dan juga memudahkan dalam tahap-tahap penanganan, pengangkutan dan distribusi.

e. Mempunyai ukuran, bentuk dan bobot yang sesuai dengan norma atau standar yang ada, mudah dibuang dan mudah dibentuk atau dicetak.

f. Menampakan identifikasi, informasi dan penampilan yang jelas agar dapat membantu promosi atau penjualan.

Persyaratan kemasan untuk bahan pangan antara lain adalah permeabilitas terhadap udara kecil, tidak menyebabkan penyimpangan warna dari produk, tidak bereaksi sehingga tidak merusak bahan maupun citarasa, tidak mudah teroksidasi atau bocor, tahan panas, mudah dikerjakan secara maksimal dan harganya murah. Tujuan utama pengemasan makanan yaitu mengawetkan makanan mempertahankan mutu, menarik selera pandang konsumen, memberikan kemudahan penyimpanan dan distribusi, kemudahan dalam penggunaan produk, serta yang lebih penting lagi yaitu dapat menekan kontaminasi dari udara dan tanah. Kontamiasi yang dimaksud adalah kontaminasi oleh mikroba pembusuk maupun mikroba yang dapat membahayakan kesehatan konsumen.

Selain itu menurut Arpah (2001), salah satu fungsi kemasan adalah memperlambat proses deteriosasi, yaitu dengan mempertahankan stabilitas, kesegaran dan penerimaan konsumen dari produk atau memperpanjang umur simpan. Stabilitas produk pangan dihubungkan dengan mudah tidaknya produk mengalami perubahan kimia. Kesegaran utamanya dihubungkan dengan rasa, bau dan aroma produk sedangkan penerimaan mencakup keseluruhan aspek dari mutu produk termasuk pula bentuk, tekstur dan harga.

2.4.2. Kemasan Plastik

Plastik merupakan bahan pengemas yang berkembang pesat pada saat ini. Plastik digunakan untuk mengemas berbagai macam jenis makanan. Jenis plastik bermacam-macam, jenis plastik tersebut dapat dibedakan berdasarkan senyawa-senyawa penyusunnya. Plastik memiliki berbagai macam keunggulan yakni fleksibel (dapat mengikuti bentuk produk), transparan (tembus pandang), tidak mudah pecah, bentuk laminasi (dapat dikombinasikan dengan bahan kemasan lain), tidak korosif dan harga relatif murah. Di samping memiliki beberapa kelebihan dari bahan kemasan lainnya, plastik juga memiliki kelemahan yakni, tidak tahan panas, dapat mencemari produk (migrasi komponen monomer), sehingga mengandung resiko keamanan dan kesehatan konsumen, dan plastik termasuk bahan yang tidak dapat dihancurkan dengan cepat dan alami (*non-biodegradable*) (Latief, 2000 dalam Maulana, 2011).

Bahan kemasan plastik dibuat dan disusun melalui proses yang disebut polimerisasi dengan menggunakan bahan mentah monomer, yang tersusun sambung menyambung menjadi satu dalam bentuk polimer. Dalam plastik juga berisi beberapa aditif yang diperlukan untuk memperbaiki sifatsifat fisiko kimia plastik itu sendiri. Kemasan plastik lemas memiliki kelemahan khususnya terhadap daya permeabilitas (*barrier*) terhadap beberapa jenis gas dan uap air sehingga memungkinkan terjadinya perpindahan molekul-molekul gas baik dari luar plastik (udara) maupun sebaliknya dari makanan ke luar melalui lapisan plastik. Adanya perpindahan senyawa-senyawa tersebut dapat menimbulkan berbagai penyimpangan organoleptik.

Penggunaan plastik untuk kemasan bahan pangan sangat menarik karena sifat-sifatnya yang menguntungkan seperti lunak, mudah dibentuk, mempunyai daya adaptasi yang tinggi terhadap produk, tidak korosif seperti wadah dari logam dan mudah dalam penanganannya.

Salah satu jenis plastik yang banyak digunakan adalah polielefin. Plastik golongan ini, seperti *polietilen* (PE), *polipropilen* (PP), dan kopolimer lain merupakan jenis plastik yang paling banyak dipakai pada industri makanan. Banyak digunakan sebagai film, cetakan, pelapis, perekat, dan tutup.

2.4.3. Polietilen

Jenis plastik ini merupakan bahan kemasan yang paling banyak digunakan dalam industri pengemasan golongan fleksibel (lentur), tidak saja dipakai untuk pembungkus bahan pangan, tetapi juga untuk kantung-kantung pembungkus bahan berlemak, pakaian, dll. Polietilen adalah polimer etilen yang diperoleh melalui dua proses yang berbeda dan menghasilkan polietilen yang mempunyai berat jenis rendah dan tinggi. Polietilen (BJ rendah) mempunyai kekakuan yang cukup dan tembus cahaya, sedangkan polietilen (BJ tinggi) mempunyai sifat pelindung yang sangat baik terhadap uap air dan stabil terhadap panas. Secara umum sifat-sifat polietilen adalah sebagai berikut:

* Halus dan lentur
* Tahan akan dampak yang baik
* Tahan terhadap pelarut organik
* Tahan asam dan alkali
* Dapat melalukan gas
* Tidak berasa dan berbau
* Tidak terlalu transparan/agak buram
* Penggunaan dapat digabung dengan alufo (Herudiyanto, 2009).

Etilen merupakan senyawa utama yang digunakan pada pembuatan plastik ini. Rantai polimer dapat bercabang atau lurus. Polimer rantai lurus menghasilkan densitas tinggi, sedangkan semakin banyak rantai cabangnya, polimer etilen akan semakin rendah densitasnya (Brown, 1992 dalam Septianingrum, 2008).

Polietilen densitas rendah (PEDR) adalah bahan yang bersifat kuat, agak tembus cahaya, fleksibel dan permukaannya terasa agak berlemak. Pada suhu kurang dari 60˚C, sangat resisten terhadap sebagian besar senyawa kimia. Diatas suhu tersebut polimer ini menjadi larut dalam pelarut hidrokarbon dan hidrokarbon klorida. Daya proteksinya terhadap uap air tergolong baik, akan tetapi kurang baik bagi gas-gas yang lain seperti oksigen. Polietilen densitas tinggi (PEDT) yang dihasilkan dengan polimerisasi pada tekanan dan suhu rendah (50˚C-75˚C) memakai katalisator Ziegler, sifat lebih kaku, lebih keras, kurang tembus cahaya, dan kurang terasa berlemak. Plastik ini mempunyai daya tahan lebih baik terhadap minyak dan lemak, titik lunak lebih tinggi, akan tetapi daya tahan terhadap pukulan (*impact*) dan permeabilitas uap airnya lebih rendah (Suyitno, 1990).

Sifat-sifat baik yang dimiliki PE, antara lain :

1. Permeabilitas uap air dan air rendah

2. Mudah dikelim panas

3. Fleksibel

4. Dapat digunakan untuk penyimpanan beku (-50˚C)

5. Transparan sampai buram

6. Dapat digunakan sebagai bahan laminasi dengan bahan lain

Kelemahannya :

1. Permeabilitas oksigen agak tinggi

2. Tidak tahan terhadap minyak (Terutama LDPE).

(Syarief *et al*, 1989).

2.4.4. Alumunium Foil

Alumunium merupakan bahan kemasan yang juga banyak digunakan. Alumunium tidak memiliki ketahanan terhadap oksigen sehingga pada lapisan atas sering dilapisi dengan alumunium oksida, Al2O3. Namun, ada berbagai macam gas, uap dan cairan yang agresif yang dapat merusak lapisan tersebut, misalnya air kontak dengan logam berat. Foil adalah bahan kemasan dari logam, berupa lembaran alumunium yang padat dan tipis dengan ketebalan kurang dari 0,15 mm. Foil mempunyai sifat hermetis, fleksibel dan tidak tembus cahaya. Ketebalan dari alumunium foil menentukan sifat protektifnya. Foil dengan ketebalan rendah masih dapat dilalui oleh gas dan uap. Sifat-sifat alufo yang tipis dapat diperbaiki dengan memberi lapisan plastik atau kertas menjadi foilplastik, foil-kertas, atau kertas-foil-plastik.

Alumunium foil didefinisikan sebagai alumunium primer, yaitu alumunium yang dihasilkan dari proses elektrolisis biji alumunium dari alam, dan alumunium sekunder yaitu alumunium yang dihasilan dari proses peleburan kembali alumunium bekas atau sisa proses. Sifat-sifat yang dimiliki alumunium foil adalah memiliki densitas 2.7 g/cm3 paling baik untuk bahan penghalang dari udara, cahaya, lemak, dan uap air, memiliki sifat mekanis yang baik, memiliki sisi kilap dan buram, rentan terlipat dan keriput, mudah dibentuk, konduktor yang baik, dapat diembos dan kaku, bebas dari bau, dan suhu tinggi.

Alumunium foil biasanya digunakan untuk mengemas produk-produk yang benar-benar menghendaki perlindungan terhadap gas, oksigen, air, dan sinar. Keuntungan-keuntungan menggunakan alumunium foil diantaranya adalah:

1. Mempunyai luas permukaan yang lebih besar per satuan berat bahan
2. Tidak tembus cahaya
3. Untuk ukuran-ukuran yang tebal, daya tahan terhadap oksigen dan uap air
4. Tidak terpengaruh cahaya matahari
5. Tidak terbakar
6. Tidak bersifat menyerap
7. Tidak mengalami perubahan akibat variasi kelembaban

(Herudiyanto, 2009).

2.4.5.Nylon

Jenis plastik ini terdiri dari molekul-molekul asam amino, sehingga disebut juga poliamida. Bahan kemas nilon bersifat lembam, tahan panas, dan mempunyai sifat-sifat mekanis istimewa. Tersedia beberapa macam nilon, seperti nilon-6 mempunyai sifat mudah dibawa dan tahan abrasi (lecet, luka), nilon-11 dan nilon-12 sangat baik sebagai penahan oksigen dan air serta dapat dikelim dengan panas/suhu rendah, nilon-16 sangat sulit dileburkan, sehingga tidak dapat dikelim oleh panas. Nilon banyak dipakai untuk mengemas produk yang dapat dimasak di dalam kemasan, misalnya beras dedak, digunakan pula untuk kemasan susu dan produk susu, daging, dan ikan (Herudiyanto, 2009).



Gambar 1. Struktur Nylon

Lebih dikenal dengan *Bioriented Nylon* (BO-Ny) atau *Nylon* (ONy). Sifat dan Karakteristik :

- Density 1.15 g/cm3

- Ketebalan yang umum 15 mcr

- Transparansi bagus

- Sangat lembut dan *flexible*

- ketahanan yang baik terhadap tusukan dan gesekan

- Stabil terhadap perubahan suhu

- Baik sebagai penahan gas dan aroma

- Ketahanan yang baik dan suhu rendah

- Tahan terhadap abrasi dan benturan (*impact*)

- Bersifat menyerap uap air

- Tahan terhadap minyak dan bahan kimia

- Penghalang yang baik terhadap aroma

Nylon 6, sifat *oriented film nylon*:

- Kekuatan dan ketangguhan meningkat dalam arah orientasi molekul

- Permeabilitas gas meningkat dengan semakin rapatnya molekul polimer

- *Nylon* yang terorientasi biaksial memiliki sifat-sifat yang lebih seimbang dan sifat penghalang yang lebih baik daripada nylon monoaksial

- Digunakan untuk kemasan yang membutuhkan :

kekuatan *impact* tinggi, *flex crack resistant*, *burst resistant*, dan mereduksi *pinhole* (Sampurno, 2006).

**2.5. Penyimpanan Beku**

Pembekuan merupakan suatu cara pengawetan bahan pangan dengan cara membekukan bahan pada suhu di bawah titik beku pangan tersebut. Dengan membekunya sebagian kandungan air bahan atau dengan terbentuknya es sehingga ketersediaan air menurun, maka kegiatan enzim dan jasad renik dapat dihambat atau dihentikan sehingga dapat mempertahankan mutu bahan pangan (Effendi, 2009).

Pembekuan yang baik dapat dilakukan pada suhu kira-kira -17˚C atau lebih rendah lagi. Pada suhu ini pertumbuhan bakteri sama sekali berhenti. Pembekuan yang baik biasanya dilakukan pada suhu antara -12˚C sampai -24˚C. Dengan pembekuan, bahan akan tahan sampai bebarapa bulan, bahkan kadang-kadang beberapa tahun.

Pembekuan pada bahan pangan memiliki pengaruh yang cukup baik, penurunan suhu akan mengakibatkan penurunan proses kimia, mikrobiologi dan biokimia yang berhubungan dengan kelayuan, kerusakan, pembusukan dan lain-lain. Pada suhu dibawah 0°C air akan membeku dan terpisah dari larutan dan membentuk es yang mirip dalam hal air yang diuapkan pada pengeringan.

Apabila suhu penyimpanan beku cukup rendah, dan perubahan kimiawi selama pembekuan dan penyimpanan beku dapat dipertahankan sampai batas minimum, maka mutu makanan beku dapat dipertahankan untuk jangka waktu yang cukup lama.

Prinsip pembekuan adalah panas pada bahan diambil dan diturunkan hingga mencapai titik di bawah titik beku bahan sehingga segala mekanisme perubahan pada bahan dapat dihambat dan masa simpan dapat diperpanjang. Secara umum mekanisme pembekuan dibagi menjadi 3 tahap. Tahap pertama panas sensible bahan pangan diambil sehingga suhu menjadi turun sampai titik beku. Tahap kedua, pada proses pembekuan dilepaskan sejumlah energi panas sehingga bahan pangan dan air yang terkandung didalamnya membeku. Dan tahap ketiga setelah terjadi pembekuan energi panas tetap dilepaskan sehingga suhu menurun sampai suhu tertentu (Olivianti, 2011).

Pembekuan didasarkan pada dua prinsip yaitu:

1. Suhu yang sangat rendah menghambat pertumbuhan mikroorganisme dan memperlambat aktivitas enzim dan reaksi kimiawi

2. Pembentukan kristal es yang menurunkan ketersediaan air bebas di dalam pangan sehingga pertumbuhan mikroorganisme terhambat.

Pembekuan dikenal 2 macam, yaitu pembekuan lambat (*slow freezing*) dan pembekuan cepat (*quick freezing*). *Quick freezing* lebih baik dibandingkan dengan *slow freezing* karena:

1. Kristal-kristal es yang dibentuk pada *quick freezing* kecil-kecil, sehingga tidak atau kurang terjadi destruksi dari sel-sel makanan.
2. Karena waktunya cepat, maka tidak terjadi pemisahan material dari protoplasma.
3. Karena waktunya cepat, kerja mikroorganisme dapat dihambat.
4. Enzim-enzim cepat dihambat (Effendi, 2009).

Makanan tidak mempunyai titik beku yang pasti, tetapi akan membeku pada kisaran suhu tergantung pada kadar air dan komposisi sel. Kurva suhu dengan waktu pembekuan umumnya menunjukkan garis datar (*plateau*) antara 0o dan -5oC berkaitan dengan perubahan (fase) air menjadi es, kecuali jika kecepatan pembekuan sangat tinggi. Telah ditunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan untuk melampaui daerah pembekuan ini mempunyai pengaruh yang nyata pada mutu beberapa makanan beku. Umumnya telah diketahui bahwa pada tahapan ini terjadi kerusakan sel dan struktur jaringan yang *irreversible* yang mengakibatkan mutu menjadi jelek setelah pencairan, terjadi khususnya sebagai hasil pembentukan kristal es yang besar dan perpindahan air selama pembekuan dari dalam sel ke bagian luar sel yang dapat mengakibatkan kerusakan sel karena pengaruh tekanan osmosis. Akan tetapi, pembekuan yang cepat dan penyimpanan dengan fluktuasi suhu yang tidak terlalu besar, akan membentuk kristal-kristal es yang kecil di dalam sel dan akan mempertahankan struktur jaringan dengan kerusakan minimum pada membran sel.

Pembekuan juga memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan mikroorganisme. Pertumbuhan mikroorgananisme dalam makanan pada suhu di bawah kira-kira -12oC belum dapat diketahui dengan pasti. Jadi penyimpanan makanan beku pada suhu sekita -18oC dan di bawahnya akan mencegah kerusakan mikrobiologis dan perubahan bentuk makanan, dengan persyaratan tidak pernah terjadi perubahan suhu yang besar (Baturimba, dkk., 2011).

Penyimpanan bahan pangan beku pada suhu -18˚C atau lebih rendah bertujuan untuk memperpanjang masa simpan makanan, yakni dengan menekan pertumbuhan mikroba perusak. Penyimpanan pada suhu ini juga bertujuan untuk mengurangi resiko perubahan bentuk pada saat proses pengemasan maupun proses pengiriman produk.

Faktor-faktor dasar yang mempengaruhi mutu akhir dari makanan beku adalah :

1. Mutu bahan baku yang digunakan untuk varitas, kemasakan, kecocokan untuk dibekukan dan disimpan dalam keadaan beku.

2. Perlakuan sebelum pembekuan seperti blansir, penggunaan SO2 atau asam askorbat.

3. Metode dan kecepatan pembekuan yang dipakai.

4. Suhu penyimpanan dan fluktuasi suhu.

5. Waktu penyimpanan.

6. Kelembaban tempat penyimpanan, terutama jika makanan tidak dikemas.

7. Sifat-sifat dari setiap bahan pengemas.

Dalam pembekuan lambat, pembentukan kristal es yang besar akan merusak sel dan menyebabkan terjadinya denaturasi protein. Konsentrasi enzim dan adanya senyawa lain yang terkandung pada daging akan berpengaruh pada proses denaturasi protein. Jika dilihat secara umum, besar pengaruh pengawetan yang terjadi pada daging yang telah dibekukan adalah terbatas. Hal ini dikarenakan reaksi fisika, kimia maupun biokimia yang terjadi pada jaringan tubuh hewan yang telah disembelih, tidak sepenuhnya terhenti setelah dilakukan pengawetan dingin.

Pertumbuhan mikroba dapat dihentikan pada suhu -12°C, sedangkan penghambatan metabolisme selular di jaringan tubuh hewan akan terjadi pada suhu dibawah -18°C. Perubahan kualitas total pada daging dapat dicegah pada suhu -55°C. Akan tetapi, reaksi enzimatis, ketengikan karena oksidasi, dan kristalisasi es yang terjadi akan tetap memacu terjadinya kebusukan pada daging. Selama dalam penyimpanan beku, sekitar 60% dari populasi mikroba yang hidup akan mengalami kematian, namun sisa yang masih dapat bertahan hidup akan dapat meningkat secara berangsur-angsur. Spesies bakteri yang masih dapat bertahan pada produk beku tergantung pada jumlah populasi awalnya (Gill, 2002). Beberapa bakteri akan mati, tetapi beberapa diantaranya berada dalam fase sublethal (dimana aktivitas bakteri akan kembali seperti semula jika terjadi proses *thawing*), jika penyimpanan dilakukan diatas suhu -10°C (dibawah suhu -10°C, bakteri sublethal akan mengalami kematian seiring dengan berjalannya waktu penyimpanan). Oleh karena itu disarankan untuk menyimpan daging dalam penyimpanan beku pada suhu sekitar -18°C (Puspitasari, 2012).