

BAB III PENURUNAN MUTU PRODUK PERIKANAN

Segera setelah dipanen atau ditangkap, produk perikanan akan mengalami serangkaian proses perombakan yang mengarah ke penurunan mutu. Proses perombakan yang terjadi pada ikan dapat dibagi menjadi tiga tahap, yaitu tahap pre rigor, rigor dan post rigor mortis. Pre rigor adalah tahap dimana mutu dan kesegaran ikan sama seperti ketika masih hidup. Rigor mortis adalah tahap dimana produk perikanan memiliki kesegaran dan mutu seperti ketika masih hidup, namun kondisi tubuhnya secara bertahap menjadi kaku. Hingga tahap rigor mortis, ikan dapat dikatakan masih segar. Namun memasuki tahap post rigor mortis, proses pembusukan daging ikan telah dimulai.

Ada tiga faktor yang mempengaruhi penurunan mutu produk perikanan, yaitu kerusakan fisik, mikrobiologi dan Kimia.

3.1 Kerusakan Fisik

Kerusakan fisik yang dialami produk perikanan dapat disebabkan oleh perlakuan fisik, seperti terbanting, tergencet, atau terluka. Perlakuan tersebut dapat menyebabkan terjadinya memar, luka, dan adanya benda asing.

3.1.1 Memar

Penurunan Mutu Produk Perikanan

Memar yang dialami oleh produk perikanan yang disebabkan karena dipukul (Gambar 3.1), terbanting atau tergecet. Ikan yang meronta sesaat sebelum mati atau pedagang yang membanting ikan gurame agar segera mati telah menyebabkan ikan mengalami memar. Semua upaya mematikan ikan dimaksudkan agar ikan menjadi mudah untuk disiangi.

Produk perikanan yang memar akan mudah mengalami proses pembusukan. Rusaknya jaringan di bagian yang memar akan menyebabkan peningkatan aktivitas enzim proteolitik. Pada ikan, bagian yang memar cenderung menjadi lunak dan kemerahan.



Gambar 3.1.
Penggunaan alat pemukul untuk
mematikan ikan dapat menyebabkan
terjadinya memar atau luka

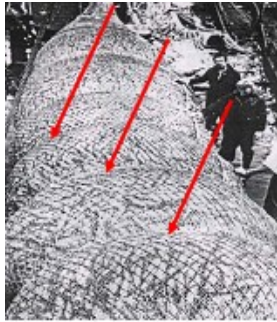
Sumber :
www.iceyourfish_seagrant_orgfish_handling1.jpg.mht

Penurunan Mutu Produk Perikanan

Ikan yang tertangkap dengan pancing huhate (Gambar 3.2) juga mengalami memar saat terbanting ke geladak kapal. Di Jepang, di kapal penangkapan ikan dengan pancing huhate dibentangkan jaring untuk membantu menahan ikan yang tertangkap. Jaring di pasang agak miring, sehingga ikan yang tertangkap akan terbanting ke jaring dan secara perlahan meluncur ke geladak. Dengan demikian, ikan tidak mengalami memar. Ikan yang ditangkap dengan jaring trawl atau pukot cincin akan mengalami tekanan berat, terutama ikan yang berada paling bawah. Beban berat yang menghimpit ikan ke tali jarring telah menyebabkan daging ikan menjadi memar (Gambar 3.3).



Gambar 3.2.
Penangkapan ikan dengan pancing huhate
dimana ikan yang tertangkap akan lepas
dari pancing dan jatuh ke geladak kapal



Gambar 3.3.
Ikan dibagian ujung dan lilitan tali jaring (panah) lebih cenderung mengalami memar dibandingkan ikan dibagian lainnya (Sumber : Kreuzer, 1969)

Pada bagian daging ikan yang mengalami memar (Gambar 3.4), aktivitas enzimnya meningkat sehingga akan mempercepat proses pembusukan. Enzim akan merombak karbohidrat, protein dan lemak menjadi alkohol, amonia, dan keton.



Gambar 3.4
Bagian luar tubuh ikan yang mengalami memar terkena jaring selama proses penangkapan
(Sumber : www.danish.co.id)

3.1.2 Luka

Produk perikanan dapat mengalami luka yang diakibatkan tusukan atau sayatan oleh benda tajam. Penggunaan pengait pada saat akan mengangkat ikan hasil tangkapan dapat menyebabkan luka pada ikan (Gambar 3.5). Apabila tidak segera ditangani dengan benar, luka tersebut dapat menjadi jalan bagi mikroba pembusuk untuk memasuki bagian tubuh ikan dan merombak komponen di dalamnya.



Gambar 3.5
Tubuh ikan yang mengalami luka terkena
pengait

(Sumber :

www.iceyourfish_seagrant_orgfish_handling1.jpg.mht)

3.1.3 Adanya Benda Asing

Mungkin diantara kita sudah sering mendengar atau mengalami sendiri adanya helaian rambut, pasir, atau kaki serangga pada makanan yang akan atau sedang dimakan. Kontan saja keberadaan benda tersebut telah membuat selera makan menjadi berkurang atau bahkan hilang sama sekali. Pasir, isi heker, rambut, kuku, patahan kaki serangga, atau pecahan gelas adalah beberapa contoh benda-benda asing yang sering dijumpai pada saat akan menyantap makanan dibanyak warung makan bahkan restoran sekalipun. Namun respon dari masyarakat yang terkadang acuh tak acuh atas kejadian tersebut membuat tidak adanya data pasti berapa banyak orang yang

mengalaminya. Sungguh sangat disayangkan sebab sebenarnya mereka memiliki hak untuk melapor dan mengajukan tuntutan manakala mendapatkan makanan dengan benda yang membahayakan.

Pada produk perikanan, hal tersebut bukan tidak pernah terjadi. Informasi yang dibaca atau didengar mengenai produk perikanan yang mengalami penahanan di pelabuhan masuk negara tujuan karena pada saat pemeriksaan terbukti mengandung benda-benda asing seperti paku, jarum, patahan kaki serangga, pecahan kaca dan masih banyak lagi. Itulah beberapa contoh bahaya fisik (Physical Hazard) tentang bahaya keamanan pangan.

Berdasarkan definisinya, bahaya fisik dapat diartikan sebagai benda-benda asing yang berasal dari luar dan tidak normal ditemukan dalam produk perikanan yang secara potensial dapat menyebabkan kerugian bagi konsumen yang secara tidak sengaja memakannya. Keberadaan bahaya fisik ini perlu ditelusuri karena dapat menyebabkan bahaya bagi konsumen (Tabel 3.1.).

Upaya untuk menghindari terjadinya bahaya fisik dapat dilakukan mulai dari proses produksi di unit pengolahan hingga preparasi makanan di rumah-rumah. Penggunaan alat metal detector

merupakan salah satu cara yang paling banyak digunakan unit pengolahan ikan untuk mencegah terbawanya material logam di dalam produk ikan.

Upaya penanggulangan bahaya fisik dengan mendekati sumber bahaya juga merupakan langkah yang sangat tepat untuk dilakukan di unit-unit pengolahan. Upaya seperti mengatur para pekerja untuk tidak mengenakan berbagai macam perhiasan (kalung, giwang, cincin), dan melengkapi para pekerja dengan peralatan kerja yang baik, serta memeriksa peralatan agar tetap aman selama proses produksi berlangsung merupakan tindakan preventif yang sangat tepat untuk dilakukan.

Dalam lingkungan keluarga, proses pengolahan masakan yang dilakukan secara hati-hati sangat dianjurkan untuk mengurangi resiko bahaya fisik yang masih mungkin terjadi.

Tabel 3.1. Material, bahaya yang ditimbulkan dan sumber bahaya fisik

Material	Bahaya yang Ditimbulkan	Sumber
Kaca	Menyebabkan luka, pendarahan, mungkin membutuhkan pembedahan untuk mengeluarkannya.	Botol, lampu, termometer, dll
Kayu	Menyebabkan infeksi, mungkin membutuhkan pembedahan untuk mengeluarkannya.	Pallet, box, bangunan, dll
Batu	Mematahkan gigi	Bangunan termasuk keramik
Besi/Logam	Menyebabkan infeksi dan mungkin memerlukan pembedahan untuk mengeluarkannya	Mesin, kawat, karyawan
Tulang	Menyangkut di kerongkongan dan menyebabkan trauma	Proses pengolahan yang tidak benar serta unit pengolahan yang tidak baik
Plastik	Menyebabkan infeksi	Pallet, bahan pengepak dan pekerja
Personil	Menyebabkan gigi patah, tertusuk dan mungkin dibutuhkan pembedahan untuk mengeluarkannya.	Anting-anting, kalung, gelang, cincin, dll

Sumber : Warta Pasar Ikan. 2005. Departemen Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia

3.1.4 Pemberian Perlakuan

Perlakuan yang diberikan, baik selama penanganan dan pengolahan dapat menyebabkan terjadinya kerusakan fisik. Perlakuan pemanasan yang diberikan dapat menyebabkan terjadinya dehidrasi, yaitu menguapnya cairan dari produk perikanan. Pemanasan juga dapat menyebabkan komponen protein mengalami denaturasi, yaitu berubahnya struktur fisik dan struktur tiga dimensi dari protein. Suhu pemanasan yang dapat menyebabkan denaturasi protein adalah lebih besar dari 70°C.

3.2. Kerusakan Kimiawi

Penurunan kandungan senyawa kimia pada produk perikanan dapat terjadi selama proses pencucian dan pemanasan. Selama berlangsung proses pencucian produk perikanan, banyak komponen senyawa kimia yang akan larut, seperti beberapa protein, vitamin B dan C, serta mineral.

3.2.1 Autolisis

Autolisis adalah proses perombakan sendiri, yaitu proses perombakan jaringan oleh enzim yang berasal dari produk perikanan tersebut. Proses autolisis terjadi pada saat produk perikanan memasuki fase post rigor mortis. Ikan yang mengalami autolisis memiliki tekstur tubuh yang tidak elastis, sehingga apabila daging tubuhnya ditekan dengan jari akan membutuhkan waktu relatif lama untuk kembali kekeadaan semula. Bila proses autolisis sudah berlangsung lebih lanjut, maka daging yang ditekan tidak pernah kembali ke posisi semula (Gambar 3.6).



Gambar 3.6.
Proses autolisis yang berlangsung lama dicirikan dengan tidak kembalinya daging ke posisi semula

Proses autolisis dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di sekelilingnya. Suhu yang tinggi akan mempercepat proses autolisis ikan yang tidak diberi es (Gambar 3.7).



Gambar 3.7. Cahaya matahari dapat mempercepat proses autolysis

3.2.2 Oksidasi

Ikan termasuk salah satu produk perikanan yang banyak mengandung lemak, terutama lemak tidak jenuh. Lemak tidak jenuh adalah lemak yang mengandung ikatan rangkap pada rantai utamanya. Lemak demikian bersifat tidak stabil dan cenderung mudah bereaksi. Lemak pada ikan didominasi oleh lemak tidak jenuh berantai panjang (Polyunsaturated fatty acid / PUFA). Selama penyimpanan, lemak tidak jenuh akan mengalami proses oksidasi sehingga terbentuk senyawa peroksida.

3.2.3 Senyawa Kimia

Pengertian pencemaran dengan senyawa kimia pencemar adalah senyawa kimia yang terkandung dalam produk perikanan, baik secara alami maupun sengaja ditambahkan (Tabel 3.2). Senyawa kimia pencemar dapat berupa senyawa alami maupun sintesis.

Keberadaan senyawa kimia pencemar dalam produk perikanan dapat mempengaruhi rasa dan kenampakan. Rasa dari produk perikanan yang tercemar senyawa kimia pencemar terasa agak menyimpang, tergantung dari senyawa kimia yang mencemarinya.

Penurunan Mutu Produk Perikanan

Kenampakan beberapa produk perikanan yang tercemar senyawa kimia dapat dilihat dengan mudah. Kerang-kerangan yang memiliki kemampuan sebagai filter Kimia terhadap logam berat, dagingnya cenderung memiliki kenampakan merah kehitaman dan memiliki tubuh relatif lebih besar.

Tabel 3.2. Senyawa kimia yang terkandung dalam produk perikanan dan ambang batasnya

Senyawa Kimia Pencemar	Tipe produk	Ambang Batas
Mercury	Semua jenis ikan kecuali tuna beku dan segar, hiu, dan ikan pedang	0.5 ppm
Arsenik	Konsentrat protein ikan	3.5 ppm
Lead	Konsentrat protein ikan	0.5 ppm
Flouride	Konsentrat protein ikan	150 ppm
2,3,7,8 TCDD (dioxin)	Semua produk ikan	20 ppt
DDT dan metabolisme DDT	Semua produk ikan	5.0 ppm
PCB	Semua produk ikan	2.0 ppm
Piperonyl butoksida	Ikan kering	1.0 ppm
Bahan kimia pertanian lainnya dan turunannya	Semua produk ikan	0.1 ppm

Sumber : Canadian Food Inspection Agency. Fish, seafood and Production Division Nepean

3.3. Kerusakan Mikrobiologi

Kerusakan Mikrobiologi pada produk perikanan dapat disebabkan oleh aktivitas mikroba patogen dan pembusuk, baik

berupa bakteri, virus, jamur, kamir ataupun protozoa.

3.3.1 Burst Belly

Tubuh ikan mengandung banyak mikroba, terutama di bagian permukaan kulit, insang, dan saluran pencernaan. Ikan yang tertangkap dalam keadaan perutnya kenyang, maka disaluran pencernaan banyak mengandung enzim pencernaan. Enzim tersebut merupakan gabungan dari enzim yang berasal dari produk perikanan atau mikroba yang hidup disekelilingnya. Apabila tidak segera disiangi, enzim ini akan mencerna dan merusak jaringan daging yang ada di sekitarnya, terutama di bagian dinding perut. Peristiwa pecahnya dinding perut ikan yang disebabkan aktivitas enzim dikenal dengan sebutan burst belly (Gambar 3.9).



Gambar 3.9. Ikan yang mengalami burst belly

Sumber :<http://www.revolutionsf.com/bb/>

3.3.2 Aktivitas Mikroba Merugikan

Kerusakan Kimia yang dialami produk perikanan dapat disebabkan oleh adanya mikroba merugikan, produk perikanan sudah beracun, atau produk perikanan yang menjadi beracun.

Produk perikanan mengandung sejumlah mikroba, baik mikroba yang menguntungkan maupun merugikan. Mikroba ini hidup secara berdampingan. Mereka biasa disebut sebagai flora alami. Mikroba merugikan terdiri dari mikroba pembusuk dan patogen (Tabel 3.3). Mikroba pembusuk merupakan mikroba yang dapat menimbulkan kerusakan pada produk perikanan. Kerusakan Kimia yang ditimbulkan oleh aktivitas mikroba merugikan adalah meningkatnya kandungan senyawa racun atau penyakit yang disebabkan oleh aktivitas mikroba patogen. Mikroba pembusuk akan menyebabkan produk perikanan menjadi busuk sehingga tidak dapat atau tidak layak dikonsumsi. Mikroba pembusuk akan merombak produk perikanan menjadi komponen yang tidak diinginkan, seperti protein yang diubah menjadi amonia dan hidrogen sulfida; karbohidrat menjadi alkohol, dan lemak menjadi keton dan asam butirat. Ciri khas dari peningkatan aktivitas mikroba pembusuk antara lain tercium bau busuk, bahan menjadi lunak berair dan masih banyak lainnya.

Tabel 3.3. Jenis Bakteri Pembusuk

Nama bakteri pembusuk
<i>Shewanella putrefaciens</i>
<i>Photobacterium phosphoreum</i>
<i>Pseudomonas</i> spp.
Vibrionaceae
Aerobacter
Lactobacillus
Moraxella
Acinetobacter
Alcaligenes
Micrococcus
Bacillus
Staphylococcus
Flavobacterium

Mikroba patogen merupakan kelompok mikroba yang dapat menyebabkan penyakit (Tabel 3.4.). Produk perikanan yang mengandung mikroba patogen cenderung menjadi berbahaya bagi manusia yang mengkonsumsinya.

Tabel 3.4. Jenis bakteri pathogen

Nama bakteri pathogen
<i>Bacillus cereus</i>
<i>Escherichia coli</i>
<i>Shigella</i> sp.
<i>Streptococcus pyogenes</i>
<i>Vibrio cholerae</i>
<i>V. parahaemolyticus</i>
<i>Salmonella</i> spp.
<i>Clostridium botulinum</i>
<i>C. perfringens</i>
<i>Staphylococcus aureus</i>
<i>Listeria monocytogenes</i>

3.3.3 Senyawa Racun

3.3.3.1 Produk perikanan sudah beracun
Beberapa produk perikanan sudah diketahui sudah mengandung racun secara alami, sehingga bila dikonsumsi dapat menyebabkan keracunan.

a. Keracunan Ciguatera

Keracunan ciguatera banyak dialami bila mengkonsumsi ikan karang. Ikan ini beracun apabila mengkonsumsi makanan beracun dan menjadi tidak beracun setelah beberapa saat tidak mengkonsumsi makanan tersebut. Jenis racun yang dikandung oleh ikan karang tersebut antara lain brevetoksin, dinofisis toksin, asam domoik, asam okadaik, peptonotoksin, saksitoksin, dan yessotoksin.

b. Tetrodotoksin

Tetrodotoksin adalah racun yang dikandung oleh ikan dari keluarga Tetraodontidae. Ikan ini diketahui mengandung racun di bagian gonad, hati, usus, dan kulitnya. Sedangkan bagian dagingnya tidak mengandung racun.

Jenis ikan yang dikenal mengandung tetrodotoksin ini adalah ikan buntal. Tetrodotoksin juga dapat diisolasi dari spesies lain seperti ikan parrot, kodok dari

genus *Atelopus*, oktopus, dan kepiting xanthid.

c. Keracunan Kerang

Keracunan kerang akan terjadi apabila meng-konsumsi kerang yang mengandung senyawa racun. Kerang bersifat biofilter, sehingga kerang yang hidup di perairan tercemar racun atau logam berat akan berpotensi sebagai penyebab keracunan.

3.3.3.2 Produk Perikanan Menjadi Beracun

Produk perikanan yang semula tidak beracun dan aman dikonsumsi dapat berubah menjadi beracun karena alasan tertentu. Keracunan ikan tongkol yang sering terjadi banyak disebabkan karena ikan tongkol yang semula segar berubah menjadi beracun karena cara penanganan yang kurang baik. Daging berwarna merah pada ikan tongkol segar mengandung banyak asam amino histidin. Proses penurunan mutu yang dialami ikan tongkol akan merombak histidin menjadi histamin. Senyawa histamin inilah yang dapat menyebabkan timbulnya rasa gatal, keracunan, dan bahkan mengakibatkan kematian.

Berubahnya produk perikanan yang semula aman dikonsumsi menjadi berbahaya bila dikonsumsi dapat dipengaruhi oleh : (1) pemanasan yang

kurang sempurna sehingga memungkinkan mikroba merugikan tumbuh dan melaksanakan aktivitasnya; (2) proses pendinginan yang kurang sempurna juga dapat memicu aktivitas mikroba merugikan. Proses pendinginan produk perikanan yang sudah dimasak tidak boleh lebih dari 4 jam. Hindari pula mempertahankan produk perikanan pada suhu danger zone; (3) infeksi pekerja juga dapat memicu perkembangan mikroba merugikan; dan (4) kontaminasi silang yang terjadi antara produk perikanan dengan bahan mentah yang merupakan sumber mikroba.

3.4. Mencegah Penurunan Mutu

Beberapa upaya dapat dilakukan untuk menghambat penurunan mutu. Upaya tersebut dapat dilakukan sejak produk perikanan dipanen atau ditangkap, maupun selama pengolahan.

3.4.1. Selama Penanganan

Upaya kegiatan untuk menghambat penurunan mutu produk perikanan antara lain :

- 1) Precooling, yaitu Proses penurunan temperatur produk perikanan dengan tujuan untuk memperkecil perbedaan antara temperatur produk perikanan dan ruang penyimpanan. Makin kecil perbedaan temperatur tersebut, akan mengurangi beban panas yang akan diterima oleh ruang penyimpanan dingin.
- 2) Penanganan steril, yaitu penanganan yang ditujukan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya ontaminasi silang atau kontaminasi ulang (recontamination). Penanganan steril dicirikan dengan penggunaan peralatan, lingkungan, dan karyawan yang steril.
- 3) Pencucian produk perikanan ditujukan untuk mengurangi populasi mikroba alami (flora alami) yang terdapat dalam produk perikanan, sehingga populasinya tidak berpengaruh pada proses selanjutnya.
- 4) Penyiangan, yaitu proses membersihkan. Pada produk perikanan penyiangan berarti pembersihan sisik, pembuangan kepala (headless), pembuangan isi

- perut (gutting), atau pembuangan kulit (skinning atau skinless).
- 5) Blansing, yaitu penggunaan suhu tinggi dalam waktu singkat untuk tujuan tertentu. Pada produk perikanan, blansing dilakukan pada bagian yang dipotong untuk menghambat aktivitas mikroba dan enzim proteolitik.
 - 6) Pemiletan (Filleting) yaitu pemotongan daging sedemikian rupa sehingga tidak menyertakan bagian yang keras, seperti duri, tulang, atau kulit.
 - 7) Pemisahan daging dari tulang atau kulit (meat bone separation) banyak dilakukan untuk mempermudah proses penanganan atau pengolahan lebih lanjut. Pemisahan ini dapat dilakukan dengan menggunakan tangan (manual) atau menggunakan mesin pemisah tulang (meat bone separator). Produk yang dihasilkan adalah berupa daging cincang atau surimi. Surimi adalah ikan cincang yang telah ditambah zat antidenaturasi untuk mempertahankannya.
 - 8) Sortasi, yaitu Pemisahan komoditi selama dalam aliran komoditas, misalnya sortasi di lokasi pemanenan yang didasarkan pada jenis, ukuran yang diminta pasar.

- 9) Grading, yaitu proses pemisahan produk perikanan berdasarkan mutu, misalnya ukuran, bobot, kualitas

3.4.2. Selama Pengawetan

Upaya yang dapat dilakukan untuk menghambat penurunan mutu selama penanganan produk perikanan adalah :

- 1) Penggunaan suhu rendah, dalam bentuk pendinginan dan pembekuan. Pendinginan adalah penggunaan temperatur di bawah temperatur kamar tetapi belum mencapai temperatur beku, biasanya berkisar pada 0^o-15^oC. Pembekuan adalah penggunaan temperatur di bawah temperatur beku, biasanya berkisar pada 0^oC hingga -60^oC.
- 2) Iradiasi, misalnya sinar gamma, untuk menghambat atau membunuh mikroba sehingga dapat memperpanjang masa simpan produk pangan.
- 3) Penggunaan bakteri antagonis yang ditujukan untuk menghambat atau membunuh bakteri pembusuk, sehingga masa simpan produk perikanan dapat diperpanjang. Penggunaan *Lactobacillus plantarum* dan bakteri lainnya sebagai bakteri antagonis telah terbukti dapat menghambat pertumbuhan bakteri pembusuk sehingga dapat memperpanjang masa simpan produk perikanan.

3.4.3. Selama Pengolahan

Upaya yang dapat dilakukan untuk menghambat proses penurunan mutu selama pengolahan antara lain:

- 1) Suhu tinggi, yaitu penggunaan suhu tinggi untuk menghambat mikroba pembusuk atau mende-naturasi enzim. Penggunaan suhu tinggi dalam pengolahan produk perikanan antara lain :
 - a) Perebusan adalah proses pemanasan hingga suhu $\pm 100^{\circ}\text{C}$ pada tekanan 1 atmosfer. Tujuan utama perebusan adalah untuk menurunkan populasi mikroba, mendenaturasi protein, dan menurunkan kadar air;
 - b) Penguapan adalah penurunan kadar air dengan tujuan untuk mengurangi ketersediaan air di dalam produk perikanan sehingga tidak dapat dimanfaatkan oleh mikroba pembusuk untuk tumbuh dan beraktivitas. Prinsip dasar dari penguapan adalah penurunan kelembaban udara lingkungan sedemikian rupa sehingga akan menyebabkan cairan di dalam produk perikanan akan keluar dalam bentuk uap air. Selain dengan peningkatan suhu lingkungan, proses penguapan juga dapat dilakukan dengan menggerakkan udara (angin) atau mengalirkan

udara panas ke permukaan produk perikanan;

- c) Penggorengan adalah bentuk lain dari penggunaan suhu tinggi untuk mengolah produk perikanan.

2) Penurunan kadar air sehingga mikroba pembusuk akan mengalami kesulitan untuk tumbuh dan berkembang. Penurunan kadar air dapat dilakukan dengan cara :

- 1) Pengeringan : pengeringan adalah proses menurunkan kadar air dalam produk perikanan berdasarkan perbedaan kelembaban, sehingga air yang tersedia tidak dapat dimanfaatkan oleh mikroba merugikan untuk tumbuh dan berkembang. Proses pengeringan dapat dilakukan dengan cara penguapan, pemanasan, penganginan, pengeringan beku
- 2) Tekanan : pengaturan tekanan dapat menurunkan kandungan air dalam produk perikanan. Bila tekanan lingkungan diturunkan (hipobarik), maka cairan yang ada di dalam produk akan tertarik ke lingkungan. Bila tekanan lingkungan ditingkatkan hingga 2 atmosfer atau lebih (hiperbarik) maka produk perikanan akan tertekan sehingga cairannya akan keluar.

- 3) Penambahan senyawa kimia yang ditujukan untuk menghambat aktivitas mikroba pembusuk atau mendenaturasi enzim. Penambahan senyawa kimia dapat dilakukan dengan cara penambahan
- a) Asam : Penambahan asam dimaksudkan untuk menurunkan pH sehingga aktivitas mikroba pembusuk menurun. Asam yang digunakan dapat berupa asam benzoat, sorbat, propionat, sulfite, asetat, laktat, nitrat;
 - b) Garam : Penambahan garam dimaksudkan untuk menciptakan perbedaan tekanan osmotis antara di dalam produk perikanan dengan lingkungannya. Peningkatan tekanan osmotis di luar produk perikanan akan menyebabkan keluarnya cairan dari produk perikanan sehingga cairan di dalam produk perikanan yang dapat dimanfaatkan oleh mikroba pembusuk menurun. Selain itu, terjadi proses masuknya komponen garam ke dalam produk perikanan. Ion Na^+ dan Cl^- yang bersifat racun akan membunuh mikroba pembusuk dan menyebabkan proses denaturasi protein, termasuk enzim;
 - c) Gula : Penambahan gula dimaksudkan untuk menciptakan

perbedaan tekanan osmotis antara produk perikanan dan lingkungannya. Perbedaan tekanan osmotis akan menyebabkan pergerakan cairan di dalam produk perikanan. Bila tekanan osmotis di luar lebih tinggi (hipertonis) maka cairan dari dalam produk perikanan akan keluar (plasmolisis), bila lebih rendah cairan akan masuk ke dalam sel mikroba sehingga sel akan pecah (plasmoptisis);

- d) Antibakteri : Senyawa anti bakteri dapat menghambat atau membunuh bakteri. Proses pengasapan akan meningkatkan senyawa fenol yang bersifat anti bakteri. Selain meningkatkan senyawa anti bakteri, proses pengasapan juga akan menurunkan kandungan air produk perikanan, sehingga bakteri pembusuk terhambat pertumbuhannya;
 - e) Gas : Penggunaan gas-gas tertentu telah dilakukan untuk meningkatkan penanganan dan pengolahan produk perikanan. Fumigasi merupakan penggunaan gas untuk membunuh mikroba merugikan yang mungkin ada di dalam produk perikanan.
- 4) Fermentasi adalah proses perombakan senyawa kompleks menjadi senyawa lebih sederhana yang dilakukan oleh enzim dalam lingkungan terkendali.

Enzim yang berperan dalam proses fermentasi dapat berasal dari produk perikanan itu sendiri, mikroba fermentasi, bahan nabati, dan enzim murni. Penggunaan enzim murni untuk proses fermentasi jarang dilakukan mengingat harganya yang mahal. Penggunaan mikroba fermentasi sebagai penghasil enzim membutuhkan pengendalian kondisi lingkungan sehingga hanya mikroba fermentasi yang tumbuh, sedangkan mikroba lainnya terhambat atau mati. Pengendalian kondisi lingkungan dapat dilakukan dengan menggunakan senyawa asam, meningkatkan konsentrasi garam, atau meningkatkan populasi bakteri fermentasi. Pemilihan cara pengendalian lingkungan disesuaikan dengan produk perikanan yang akan difermentasi. Beberapa bahan nabati telah digunakan dalam proses fermentasi produk perikanan. Bahan nabati tersebut diketahui mengandung enzim proteolitik. Bahan nabati tersebut misalnya papaya yang mengandung enzim papain, dan nenas yang mengandung enzim bromelain.