



MANFAAT FUNGSIONAL PRODUK FERMENTASI HASIL PERIKANAN INDONESIA

**(FUNCTIONALITY OF INDONESIA TRADITIONAL
FERMENTED FISH PRODUCT)**

**MANFAAT FUNGSIONAL PRODUK FERMENTASI
HASIL PERIKANAN INDONESIA**

(FUNCTIONALITY OF INDONESIA TRADITIONAL FERMENTED
FISH PRODUCT)

Oleh: **Dr. Rinto, S.Pi., M.P.**

UPT. Penerbit dan Persebaran
Universitas Sriwijaya 2018
Kampus Usmri Palembang
Jalan Srijaya Negara, Bukit Besar Palembang 30132
Telp. 0711-360969
email : usmri_press@yahoo.com, penerbitusmri@gmail.com
website : www.usmri.usmripress.ac.id

Anggota APPTI No. 026/EKA/APPTI00/2015
Anggota IKAPI No. 001/SMAS/2009

Hak cipta dilindungi undang-undang.
Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penerbit
Hak Terbit Pada Usmri Press

Setting & layout isi : Dewi
Cetakan pertama, Februari 2018
X + 70 hal : 24 x 16 cm



**MANFAAT FUNGSIONAL PRODUK FERMENTASI
HASIL PERIKANAN INDONESIA**

(FUNCTIONALITY OF INDONESIA TRADITIONAL
FERMENTED FISH PRODUCT)

Oleh
Dr. Rinto, S.Pi., M.P.

UNIVERSITAS SRIWIJAYA



S.Pi; Afif Subarka, S.Pi; Nanda Anggraeni, dan Bayu Teguh Samudra.

Tak lupa penulis menerima kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan buku ini.

Indralaya, 7 Februari 2018

Penulis,

Dr. Rinto, S.Pi., M.P

KATA PENGANTAR

Puji sukur kehadiran Allah SWT, berkat limpahan nikmat ilmu dan kesehatan yang diberikan-Nya maka penulis dapat menyelesaikan buku ini. Buku yang disusun mengkaji berbagai jenis produk fermentasi hasil perikanan di Indonesia beserta proses kimia dan biokimia serta mikrobiologi yang terjadi selama proses fermentasi hasil perikanan dan aspek fungsional produk-produk fermentasi hasil perikanan Indonesia. Oleh sebab itu buku ini diberi judul “Manfaat Fungsional Produk Fermentasi Hasil Perikanan Indonesia”. Tujuan penulisan buku ini adalah untuk menyebarkan ilmu baik dari studi literatur maupun dari beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh penulis beserta tim peneliti yang telah mengkaji sifat-sifat fungsional produk fermentasi hasil perikanan dalam menghambat beberapa penyakit degeneratif. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang membantu sehingga terbentuknya buku ini dan kepada Tim Peneliti: Dr. Ace Baehaki, S.Pi., M.Si; Rodiana Nopianti, S.Pi., M.Sc; Susi Lestari, S.Pi., M.Si; Siti Balqis Huriyah, S.Pi; Serly Oktoviani, S.Pi; Yona Liastri,

Halaman Persembahan

Buku ini dipersembahkan kepada:

1. Keluarga tercinta : Dr. Yunindyawati, S.Sos., M.Si; Muhammad Barid Fathan Hanan dan Muhammad Luthfi Hanafi yang selalu menjadi penyemangat dalam berkarya.
2. Keluarga besar Program Studi Teknologi Hasil Perikanan. Semoga buku ini bermanfaat dan dapat menjadi referensi dalam memahami ilmu terutama yang berkaitan dengan produk-produk fermentasi hasil perikanan.

BAB VI. KARAKTERISTIK MIKROBIOLOGI IKAN SELAMA PROSES FERMENTASI	53
A. Keberadaan Mikroorganisme pada Ikan	53
B. Jenis-jenis Mikroorganisme pada Ikan	55
BAB VII. KAJIAN MANFAAT FUNGSIONAL PRODUK FERMENTASI IKAN TERHADAP KESEHATAN	57
A. Produk Fermentasi Ikan sebagai Sumber Komponen Bioaktif	57
B. Produk Fermentasi Ikan sebagai Sumber Probiotik	59
C. Pengembangan Produk Fermentasi Ikan sebagai Makanan Fungsional dan Suplemen	61
BAB VII. PENUTUP	63
DAFTAR PUSTAKA	65
DAFTAR ISTILAH	73
DAFTAR INDEKS	75

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
DAFTAR ISI	ix
BAB I. PENDAHULUAN	1
BAB II. IKAN SEBAGAI BAHAN PANGAN	5
A. Pengelompokan Komoditi Perikanan Berdasarkan Habitatnya	5
B. Pengelompokan Komoditi Perikanan Berdasarkan Taksonomi dan Morfologi	10
C. Pengelompokan Komoditi Perikanan Berdasarkan Jenis Makanan dan Komposisi Kimia	12
BAB III. PRODUK FERMENTASI HASIL PERIKANAN DI INDONESIA	17
A. Pengertian Fermentasi	17
B. Produk Fermentasi Hasil Perikanan Khas Sumatera	19
C. Produk Fermentasi Hasil Perikanan Khas Jawa	22
D. Produk Fermentasi Hasil Perikanan Khas Kalimantan	23
E. Produk Fermentasi Hasil Perikanan Khas Sulaesi	25
BAB IV. MIKROORGANISME YANG BERPERAN SELAMA PROSES FERMENTASI	27
A. Kapang	27
B. Khamir	31
C. Bakteri	34
BAB V. KARAKTERISTIK FISIKO-KIMIA IKAN SELAMA PROSES FERMENTASI	39
A. Karakteristik Ikan Segar	39
B. Komposisi Kimia Daging Ikan	41
C. Perubahan Fisiko-Kimia Daging Ikan selama Fermentasi	44

BAB I. PENDAHULUAN

Ikan didefinisikan sebagai semua jenis organisme yang seluruh maupun sebagian hidupnya berada di lingkungan perairan (Peraturan Pemerintah No. 60 Tahun 2007). Oleh karena itu semua biota baik tumbuhan maupun hewan yang berada di perairan termasuk ke dalam komoditi hasil perikanan, seperti mikro alga, rumput laut (makro alga), berbagai jenis ikan, udang, kepiting, kekerangan dan yang lainnya. Selama ini, komoditi hasil perikanan lebih banyak dimanfaatkan sebagai bahan pangan, selain itu juga dimanfaatkan untuk bahan baku farmasi/kesehatan dan kosmetika seperti berbagai jenis mikroalga dimanfaatkan sebagai sumber komponen bioaktif untuk kesehatan dan kosmetika. Rumput laut sebagai sumber karagenan, alginat, dan agar yang dapat digunakan bagi pengembangan/diversifikasi produk pangan dan kesehatan. Berbagai jenis ikan dimanfaatkan untuk pemenuhan kebutuhan

pangan dan kesehatan, seperti ikan salmon, ikan tuna, ikan cakalang, ikan gabus, dan berbagai jenis ikan lainnya. Albumin yang diekstraksi dari ikan gabus bermanfaat bagi penyembuhan luka maupun pasca operasi. Minyak ikan banyak mengandung asam lemak omega 3 dan omega 6 yang bermanfaat bagi pembentukan otak dan kesehatan jantung.

Sebagai bahan pangan, ikan merupakan komoditi yang cepat mengalami proses kemunduran mutu (*perisable food*). Kondisi ini disebabkan oleh tingginya kandungan air yang terdapat dalam daging ikan, yang berada pada kisaran 70-80%. Selain itu daging ikan merupakan bahan pangan yang mengandung komposisi zat gizi kompleks yaitu protein, lemak, mineral, vitamin dan sedikit karbohidrat. Protein merupakan komponen gizi tertinggi yang terkandung dalam daging ikan (15-20%), disusul oleh lemak 5-10%, dan sisanya mineral, vitamin, serta karbohidrat dalam bentuk glikogen. Komposisi gizi yang kompleks dengan kandungan air

tinggi pada daging ikan menyebabkan cepatnya perkembangan mikroorganisme khususnya bakteri pada ikan pasca kematian.

Beberapa usaha dilakukan untuk memperpanjang masa simpan ikan dengan melakukan penanganan dan pengolahan. Penanganan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan penyiangan, pengesan maupun pembekuan. Pengolahan yang dilakukan terhadap produk perikanan dapat menggunakan metode fisik, kimia dan mikrobiologi. Metode pengolahan ikan secara fisik dapat menggunakan suhu tinggi (penggorengan, pemanggangan, pengalengan dengan pemanasan). Bahan kimia dapat digunakan dalam pembuatan silase ikan dan ekstraksi, sedangkan metode pengolahan ikan secara mikrobiologi sering digunakan dalam pembuatan produk-produk fermentasi hasil perikanan.

Produk-produk fermentasi hasil perikanan tersebar di seluruh wilayah Indonesia dengan kekhasan daerah masing-masing. Berbagai teknik fermentasi diaplikasikan pada berbagai jenis ikan

sehingga menghasilkan karakteristik produk-produk fermentasi ikan yang bervariasi untuk masing-masing daerah seperti ikan kayu (Aceh), bekasam (Sumater Selatan), ikan budu (Sumatera Barat), naniura (Sumatera Utara), cincalok (Riau), rusip (Bangka Belitung), picungan (Banten), terasi, peda (Jawa), wadi (Kalimantan), dan bekasang dan tembalo (Sulawesi).

Pengolahan ikan dengan metode fermentasi bertujuan untuk menghasilkan berbagai produk yang mempunyai cita rasa berbeda dengan bahan bakunya. Produk fermentasi cenderung memiliki rasa lebih asam. Semakin segar atau baik kualitas ikan yang digunakan untuk membuat produk fermentasi akan menghasilkan produk fermentasi yang semakin baik kualitasnya. Oleh karena itu pengetahuan kesegaran ikan diperlukan dalam pembuatan produk-produk fermentasi hasil perikanan.

BAB II. IKAN SEBAGAI BAHAN PANGAN

A. Pengelompokan Komuditi Perikanan Berdasarkan Habitat

Indonesia dengan dua pertiga wilayahnya yang terdiri dari perairan memiliki potensi perikanan yang sangat besar. Potensi lestari perikanan laut Indonesia sebesar 6,4 juta ton pertahun dengan produksi rata-rata 4,88 juta ton pertahun (76,3%). Berbagai jenis ikan dihasilkan dari perairan Indonesia. Berdasarkan habitatnya ikan dikelompokkan kedalam empat (4) golongan yaitu:

- (1) ikan air tawar,
- (2) ikan air payau,
- (3) ikan air laut,
- (4) ikan golongan anadormus dan katadormus.

Ikan air tawar merupakan berbagai jenis ikan yang hidup di air tawar. Perairan tawar di Indonesia memiliki karakteristik yang berbeda-beda dari tingkat keasaman, kejernihan, dan komposisi

bioata perairan. Beberapa perairan tawar di Indonesia yaitu perairan sungai, danau, waduk, kolam, persawahan dan rawa. Perairan rawa memiliki karakteristik yang berbeda dengan perairan tawar lainnya, dimana tingkat keasamaannya lebih tinggi dibandingkan perairan tawar lainnya. Berbagai jenis ikan air tawar dapat hidup di sungai, rawa maupun lokasi air tawar lainnya, namun masing-masing memiliki kondisi optimum untuk hidup dan berkembang biak. Ikan air tawar yang sering dijumpai dan tergolong ikan ekonomis yaitu ikan gabus (*Monopterus albus*), ikan gurame (*Oreochromis gourame*), ikan nila, ikan patin (*Pangasius sp.*), ikan lele, ikan baung, ikan sepat (*Tricogaster pectoralis*), ikan seluang (*Rasbora sp.*) dan berbagai jenis ikan lainnya. Ikan gabus dan ikan lele lebih dapat bertahan hidup dalam kondisi perairan ekstrim dan berlumpur dibandingkan dengan ikan lainnya. Hal ini disebabkan oleh adanya alat pernapasan tambahan pada bagian insangnya yang disebut dengan *labirin*.



(B)



(A)

Gambar 1. Ikan gabus (A) dan labirin pada bagian insang (B). Sumber;

Perairan yang berada di antara perairan air tawar dan laut disebut dengan perairan payau. Perairan payau memiliki ciri khas

dengan salinitas berkisar antara 6 – 29 ppt, sedangkan pada air tawar 0 – 5 ppt dan air laut 30 – 35 ppt. Perairan payau biasanya digunakan untuk pembuatan tambak yang berada di wilayah pesisir. Ikan yang sering dibudidayakan pada perairan payau adalah ikan bandeng dan berbagai jenis udang, seperti udang galah, udang windu dan udang vannamei.



Gambar 2. Ikan bandeng dari perairan payau

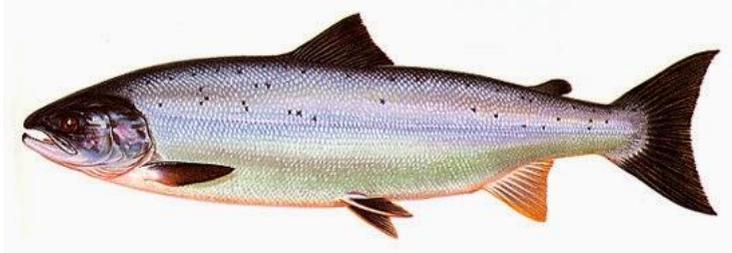
Perairan laut memiliki potensi terbesar dalam menyumbangkan tangkapan hasil perikanan. Berbagai jenis ikan

dapat dihasilkan oleh nelayan sesuai dengan jenis alat tangkapnya. Saat ini, alat tangkap tertentu dilarang penggunaannya untuk digunakan, seperti *trawl*, bom dan putas/bius. Pelarangan ini disebabkan karena tidak selektifnya hasil tangkapan yang diperoleh dari ketiga jenis alat tangkap tersebut sehingga dapat mengganggu ekosistem dan keberlanjutan produksi perikanan. Selain itu beberapa jenis ikan juga dilindungi atau dilarang ditangkap, yaitu ikan lumba-lumba (*Prodelphinus malayanus*), ikan paus (*Balaenoptera borealis*), penyu dan beberapa jenis hiu. Jenis ikan yang dimanfaatkan dan bernilai ekonomis adalah ikan tuna, tenggiri, cakalang, tongkol, hiu, pari yang termasuk ikan pelagis (permukaan), ikan kakap merah, kakap putih, kerapu, dan bawal yang termasuk ikan terumbu karang serta ikan sebelah yang termasuk ikan demersal (dasar perairan).

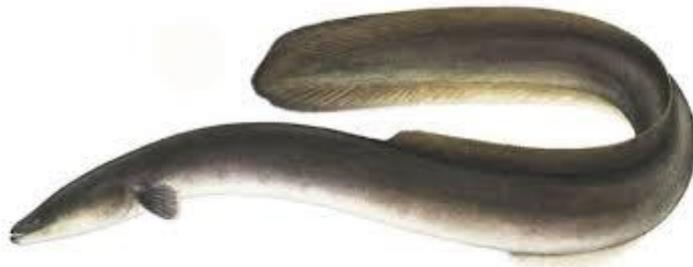


Gambar 3. Lumba-lumba yang dilindungi

Ikan salmon dan belut laut/sidat merupakan jenis ikan yang dalam siklus hidupnya berada di perairan laut dan air tawar. Salmon mula-mula hidup di air laut dan kemudian bermigrasi ke air tawar yang disebut dengan ikan anadromus, sedangkan sidat merupakan jenis ikan yang mula-mula hidup di air tawar kemudian bermigrasi ke laut (katadromus).



(A)



(B)

Gambar 4. Ikan salmon (A) dan ikan sidat (B)

B. Pengelompokan Komoditi Perikanan Berdasarkan Taksonomi dan Morfologi

Berdasarkan taksonominya komoditi hasil perikanan dikelompokkan kedalam golongan tumbuhan dan hewan. Tumbuhan perairan yang banyak dimanfaatkan adalah rumput laut (makroalga) dan mikroalga. Selain itu saat ini juga banyak dilakukan pengkajian sifat-sifat fungsional tumbuhan perairan lainnya, seperti lamun, mangrof yang merupakan tumbuhan laut, kiambang (apu-apu), enceng gondok, dan teratai yang merupakan tumbuhan air tawar sebagai sumber komponen bioaktif antihipertensi, antikolesterol, antioksidan, dan antikanker.



(A)



(B)
Gambar 5. Rumput laut (A) dan mikroalga (B)



(A)
(B)



(C)

Gambar 6. Apu-apu (A), enceng gondok (B), dan teratai (C)

Selain berbagai jenis ikan yang sudah disebutkan sebelumnya, beberapa jenis ikan dimanfaatkan untuk sumber bahan baku produk-produk perikanan, seperti ikan teri untuk pembuatan rusip, udang rebon untuk pembuatan terasi, dan ikan-ikan rucah (untuk pembuatan bekasam). Belum semua jenis hewan perairan dimanfaatkan secara optimal. Karang (terumbu) yang juga tergolong hewan perairan mulai banyak dikaji pemanfaatannya dalam penghambatan penyakit degeneratif seperti kanker, diabetes, dan hiperkolesterolemia. Oleh sebab itu kajian pemanfaatan biota

perairan, baik tumbuhan dan hewan masih memiliki potensi besar sebagai bahan pangan dan non pangan (farmasi dan kosmetika).

Berdasarkan morfologinya, komoditi perikanan digolongkan kedalam golongan biota bersirip, berkarapas, bercangkang, berduri, dan bersel tunggal. Ikan (*fisces*) merupakan golongan biota bersirip, yang termasuk biota berkarapas adalah berbagai jenis udang. Kerang-kerangan seperti kerang dara, kerang hijau, remis merupakan golongan biota bercangkang, bulu babi merupakan golongan biota berduri dan mikroalga seperti *Spirulina*, *Chlorella*, *Nannochloropsis*, dan *Botryococcus* merupakan golongan biota bersel tunggal.

C. Pengelompokan Komoditi Perikanan Berdasarkan Jenis

Makanan dan Komposisi Kimia

Berdasarkan jenis makanannya komoditi perikanan dikelompokkan dalam 2 golongan yaitu karnivora dan herbivora.

Ikan-ikan golongan karnifora merupakan ikan-ikan pemburu yang memangsa hewan lainnya. Biasanya ikan-ikan karnivora memiliki bentuk tubuh *terpedo* yang memungkinkan untuk berenang cepat mengejar mangsanya serta gigi yang tajam. Beberapa jenis ikan karnivora seperti tuna, tongkol, tenggiri, dan cakalang bermigrasi ke beberapa perairan laut untuk memperoleh makanan. Kondisi ini menuntut ikan-ikan jenis ini untuk menyimpan cadangan makanan yang berlebih dalam bentuk timbunan lemak pada dagingnya sehingga mempengaruhi komposisi kimia daging ikan. Ikan-ikan karnifora yang hidup di perairan tawar adalah ikan lele, gabus, baung, patin, namun adanya teknologi budidaya pakan, beberapa ikan tersebut telah dapat diberi makanan berupa makanan buatan yang mengkombinasikan pakan hewani dan dari tumbuhan.

Ikan-ikan golongan herbifora memakan berbagai tumbuhan perairan, baik fitoplankton maupun tumbuhan tingkat tinggi lainnya, seperti apu-apu dan, teratai. Ikan-ikan herbivora memiliki tubuh

yang pipih (*kompres*) seperti ikan kakap dan bawal dari laut serta ikan gurame, nila, sepat, dan tambakan dari perairan air tawar.



(A)



(B)

Gambar 7. Bentuk ikan bentuk kompres (A) dan terpedo (B)

Jenis makanan/pakan ikan sangat mempengaruhi komposisi kimia daging ikan. Selain itu jenis spesies, tingkat kematangan gonad, habitat, umur ikan juga sangat mempengaruhi variasi komposisi kimia dalam daging ikan. Berdasarkan komposisi kimianya ikan digolongkan dalam golongan ikan berlemak tinggi atau ikan gemuk (*fatty fish*) dan ikan berlemak rendah atau ikan kurus (*lean fish*). Ikan berlemak tinggi (*fatty fish*) memiliki kandungan lemak dalam daging lebih dari 5% sedangkan yang kurang dari 5% termasuk golongan *lean fish*. Sebagian besar ikan termasuk golongan *lean fish*, beberapa jenis ikan yang tergolong *fatty fish* adalah ikan gindara dan ikan patin (*Pangasius sp.*).

BAB III. PRODUK FERMENTASI HASIL PERIKANAN DI INDONESIA

A. Pengertian Fermentasi

Sifat bahan pangan yang mudah rusak (*perisable*) dan keinginan manusia untuk mengkonsumsi berbagai jenis olahan yang memiliki rasa, aroma, serta bentuk yang khas memunculkan berbagai metode pengawetan dan pengolahan makanan. Pengawetan dan pengolahan makanan bertujuan merubah sifat fisik, kimia, dan mikrobiologi bahan makanan sehingga mudah untuk dikonsumsi dan disimpan. Beberapa sifat fisik bahan pangan yang berubah selama proses pengolahan adalah bentuk, warna, ukuran, tekstur, aroma dan rasa. Sifat fisik bahan pangan dipengaruhi oleh keberadaan komponen kimiawi dalam bahan pangan yaitu keberadaan air, karbohidrat, protein, lemak, vitamin, mineral dan berbagai komponen mikro lainnya, sedangkan sifat mikrobiologi bahan pangan ditentukan oleh keberadaan mikroorganisme yang ada

di dalamnya. Mikroorganisme mampu merubah bahan pangan sehingga mengalami kemunduran mutu, namun beberapa mikroorganisme juga mampu merubah bahan pangan menjadi lebih baik, yaitu mikroorganisme yang berperan dalam proses fermentasi.

Fermentasi merupakan proses perombakan senyawa-senyawa organik kompleks seperti karbohidrat, protein dan lemak menjadi bentuk yang lebih sederhana dalam suasana tanpa oksigen (*anaerob*). Beberapa proses fermentasi terjadi secara spontan tanpa adanya pengontrolan terhadap mikroorganisme maupun kondisi jalannya fermentasi. Berdasarkan kondisi ini maka fermentasi dibagi ke dalam dua (2) kelompok, yaitu fermentasi terkontrol dan fermentasi tidak terkontrol. Fermentasi spontan yang hanya menggunakan garam atau bahan penyeleksi lainnya yang memicu seleksi dan tumbuhnya mikroorganisme merupakan fermentasi tidak terkontrol, sedangkan fermentasi terkontrol dilakukan dengan menambahkan mikroorganisme sebagai starter yang berfungsi untuk

mempercepat proses serta menghasilkan komponen-komponen yang dapat meningkatkan kualitas produk fermentasi. Perubahan-perubahan bahan pangan yang terjadi selama proses fermentasi bersifat permanen sehingga bahan pangan akan mengalami perubahan tekstur, warna, rasa, dan aroma tertentu. Kondisi ini menyebabkan bahan pangan akan mengalami peningkatan kualitas baik secara fisik maupun zat gizi yang terkandung di dalamnya.

B. Produk Fermentasi Hasil Perikanan Khas Sumatera

Di daerah Sumatera yang didominasi oleh suku melayu terdapat beragam jenis produk fermentasi hasil perikanan. Di Daerah Istimewa Aceh terdapat ikan kayu yang berasal dari fermentasi cakalang yang dikombinasikan dengan pengasapan. Ikan kayu dijadikan sebagai bahan penyedap masakan. Di Jepang ikan kayu dikenal dengan nama *katsuobushi*. Selain itu di Daerah Istimewa Aceh juga terdapat durian terfermentasi yang dikenal dengan asam

drien atau jruk drien. Di beberapa daerah asam drien dikenal dengan nama tempoyak yang memiliki tekstur semi padat dan berwarna kuning keemasan. Asam drien digunakan sebagai bumbu pada masakan dengan bahan baku ikan.



Gambar 8. Ikan kayu dari Daerah Istimewa Aceh

Sumatera Barat juga memiliki beberapa produk fermentasi yaitu ikan budu. Ikan budu merupakan ikan tenggiri yang diberi garam dan difermentasi dengan cara digantung.

Naniura merupakan produk fermentasi ikan asal Sumatera Utara yang difermentasi menggunakan asam, jeruk nipis maupun asam asetat. Naniura biasanya dikonsumsi tanpa melalui proses pemasakan setelah fermentasi berbahan dasar ikan mas mentah selama 3 jam.



Gambar 9. Naniura asal Sumatera Utara

Di Provinsi Sumatera Selatan terdapat terdapat produk fermentasi ikan yang disebut dengan bekasam yang terbuat dari ikan dengan penambahan garam dan nasi sebagai sumber karbohidrat untuk proses fermentasi.



(A)

(B)



Gambar 10. Bekasam (A), Cincalok (B), dan Rusip (C)

Terasi merupakan produk fermentasi ikan yang banyak di produksi di berbagai daerah pesisir di Indonesia. Kepulauan Bangka-Belitung merupakan salah satu pusat produksi terasi yang terkenal. Terasi dibuat dari bahan baku udang rebon ataupun ikan dan garam yang dibuat dengan metode pengeringan/penjemuran dan pemeraman/fermentasi. Terasi udang rebon biasanya berwarna coklat kemerahan sedangkan terasi ikan berwarna hitam.



(A)

(B)

Gambar 11. Terasi udang (A) dan terasi ikan (B)

C. Produk Fermentasi Hasil Perikanan Khas Jawa

Pulau Jawa dikenal memiliki kepadatan jumlah penduduk tertinggi di Indonesia. Hal ini berkorelasi dengan tingginya variasi

jenis makanan yang terdapat di Pulau Jawa, termasuk variasi jenis makanan fermentasi dari ikan. Beberapa jenis makanan fermentasi asal Jawa terintroduksi ke kepulauan lainnya dan terus mengalami penyebaran, seperti peda dan terasi yang sudah diterima oleh masyarakat Indonesia. Selain produk tersebut juga terdapat beberapa produk fermentasi lainnya di Pulau Jawa adalah picungan.

Peda merupakan ikan terfermentasi yang dibuat dari ikan kembung dengan penambahan garam dan difermentasi selama 7-14 hari. Proses fermentasi menghasilkan cita rasa asin dan sedikit asam yang khas, namun cita rasa asam tidak kuat seperti halnya bekasam di Sumatera Selatan. Seperti halnya di Sumatera, terasi juga banyak diproduksi di wilayah pesisir Jawa yaitu di wilayah Puger dan Tuban. Terasi puger menjadi salah satu terasi primadona di wilayah Jawa Timur. Picungan merupakan produk fermentasi asal Provinsi Banten dengan bahan baku ikan layang, ikan kembung, teri, ikan

layur, ikan pari, dan ikan cucut yang difermentasi dengan buah picung.



Gambar 12. Ikan Peda

D. Produk Fermentasi Hasil Perikanan Khas Kalimantan

Sebagaimana masyarakat di Sumatera dan Jawa, masyarakat di Kalimantan juga memiliki beberapa makanan fermentasi yang khas, diantaranya cinalok dan budu (Kalimantan Barat), Pakasam, samu, wadi, dan mandai (Kalimantan Selatan). Cinalok merupakan makanan hasil fermentasi dari udang kecil dengan penambahan

garam, gula, dan cabai dan difermentasi selama 8 hari. Bedu merupakan makanan yang dibuat serupa dengan cinalok namun menggunakan bahan baku utama ikan. Cinalok dan budu disajikan tanpa pemasakan terlebih dahulu. Produk fermentasi dari udang lainnya adalah ronto, merupakan udang rebon yang difermentasi menggunakan garam dan penambahan nasi selama 7-10 hari



Gambar 13. Budu ikan hasil fermentasi

Pakasam merupakan nama lain dari bekasam (Sumatera) yang dibuat dari ikan sepat dengan penambahan garam dan beras sangrai yang difermentasi selama 1-2 hari. Samu merupakan produk yang mirip dengan pekasam namun dengan waktu fermentasi lebih

singkat yaitu 2 jam., sedangkan wadi berbahan baku ikan betok dengan penambahan garam seperti halnya pekasam dan samu. Mandai merupakan produk fermentasi yang dibuat dengan menggunakan buah cempedak muda yang difermentasi selama 2 hari dengan penambahan garam.

E. Produk Fermentasi Hasil Perikanan Khas Sulawesi

Sulawesi merupakan salah satu pulau besar di Indonesia dengan luas 174.600 km² yang terdiri dari 6 provinsi, yaitu Sulawesi Selatan, Sulawesi Tengah, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Barat, Gorontalo, dan Sulawesi Utara. Pada beberapa daerah di Sulawesi terdapat bekasang. Bekasam serupa dengan bekasam di Sumatera Selatan, namun dengan bahan baku berbeda. Bekasang dibuat dari jeroan ikan tuna/cakalang yang difermentasi menggunakan garam dan nasi selama 1 bulan. Tambelo merupakan biota penggerek kayu di perairan yang tergolong dalam moluska.

Pemanfaatan tambelo sebagai produk fermentasi banyak dilakukan di daerah pesisir masyarakat Sulawesi Tenggara. Fermentasi terhadap tambelo dilakukan dengan menambahkan bakasam dan garam masing-masing 5% kemudian difermentasi selama 4 minggu di dalam botol.

BAB IV. MIKROORGANISME YANG BERPERAN SELAMA PROSES FERMENTASI

Proses fermentasi dapat berlangsung dengan bantuan mikroorganisme. Mikroorganisme berperan penting dalam perombakan komponen zat gizi (nutrisi) kompleks menjadi zat gizi sederhana. Mikroorganisme yang berperan selama proses fermentasi adalah golongan kapang, khamir, dan bakteri. Dominasi kapang, khamir maupun bakteri selama fermentasi dipengaruhi oleh faktor internal bahan baku/bahan pangan yang difermentasi.

A. Kapang

Kapang merupakan kelompok mikroorganisme yang tergolong dalam fungi dengan ciri khas memiliki filamen (miselium). Kapang berperan penting dalam industri pangan, baik sebagai pembusuk yang menurunkan kualitas bahan makanan maupun berperan dalam proses produksi makanan, khususnya makanan terfermentasi. Pertumbuhan kapang dalam bahan makanan

mudah diamati secara visual karena penampakkannya yang berserabut seperti kapas. Pada awal Pertumbuhannya, kapang akan berwarna putih, namun jika spora telah timbul akan terbentuk berbagai warna tergantung dari jenis kapangnya.

Berbagai faktor intrinsik dan ekstrinsik berpengaruh terhadap pertumbuhan kapang. Faktor intrinsik merupakan kondisi fisiko-kimia yang dimiliki oleh bahan pangan yang menentukan mikroorganisme dapat tumbuh/berkembang biak dengan baik. Beberapa yang termasuk kedalam faktor intrinsik adalah aw, pH, nutrisi, potensial redoks, dan senyawa antimikroorganisme alami dalam bahan pangan. Sedangkan faktor ekstrinsik merupakan kondisi lingkungan selama penanganan bahan pangan, seperti suhu, kelembaban, dan keberadaan gas (oksigen/karbon dioksida) di atmosfer lingkungan.

Nilai aW (aktivitas air) menggambarkan kandungan air bebas yang terdapat dalam bahan pangan yang bisa dipergunakan oleh

mikroorganisme untuk tumbuh/berkembang biak. Kebutuhan aW minimal untuk pertumbuhan kapang lebih rendah dibandingkan dengan bakteri dan khamir. Kapang dapat tumbuh pada kisaran aW 0,6 – 0,7. Sedangkan khamir 0,8 – 0,9 dan aW bakteri lebih dari 0,9.

Derajat keasaman bahan makanan ditunjukkan oleh nilai pH. Makanan yang tergolong asam memiliki nilai pH dibawah 7, sedangkan makanan yang tergolong alkali memiliki pH di atas 7. Kapang memiliki rentang nilai pH yang sangat lebar untuk pertumbuhannya, mulai dari pH 1 sampai pH 11. Kondisi optimum untuk pertumbuhan kapang berada pada kisaran pH 4,5 – 5,5.

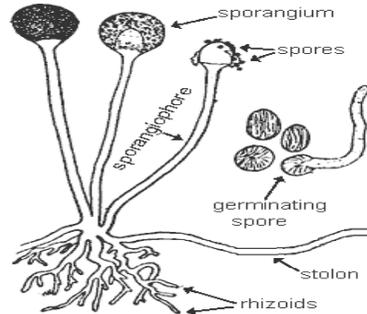
Nutrisi yang terkandung dalam bahan makanan merupakan faktor intrinsik yang mempengaruhi dominasi jenis mikroorganisme tertentu yang dapat tumbuh dan berkembang dalam bahan pangan. Kondisi ini dipengaruhi oleh adanya enzim yang bekerja selama metabolisme sel mikroorganisme. Pada bahan pangan yang mengandung banyak karbohidrat, mikroorganisme yang tumbuh

akan didominasi oleh golongan mikroorganisme yang memiliki enzim karbohidrase. Mikroorganisme yang memiliki enzim protease akan lebih mendominasi tumbuh pada bahan makanan yang mengandung banyak protein, demikian pula dengan mikroorganisme yang memiliki enzim lipase akan tumbuh dan berkembang baik pada bahan pangan yang mengandung banyak lemak/lipid. Sebagian besar kapang memiliki enzim amilase, pektinase, proteinase dan lipase, oleh karena itu dapat tumbuh pada makanan-makanan yang mengandung pati, pektin, protein maupun lemak/lipid.

Pertumbuhan kapang biasanya berjalan lebih lambat dibandingkan dengan pertumbuhan mikroorganisme lainnya seperti khamir dan bakteri. Apabila kondisi pertumbuhan memungkinkan semua mikroorganisme untuk tumbuh maka kapang biasanya kalah dalam kompetisi dengan khamir dan bakteri.

Beberapa kapang sangat berperan penting dalam proses produksi makanan. Jenis kapang yang terlibat dalam proses

fermentasi makanan adalah *Rhizopus oligosporus*, *Rhizopus oryzae*, *Aspergillus oryzae* dan *Neurospora sitopila*.



Gambar 14. Struktur mikroskopis kapang (Sumber:

<http://www.backyardnature.net>)

Kapang golongan *Rhizopus* memiliki ciri-ciri yaitu memiliki hifa yang tidak bersekat (nonseptat), rhizoid berwarna gelap jika sudah tua, sporangia biasanya besar dan berwarna hitam dan membentuk hifa vegetatif yang masuk dalam lapisan substrat.

Pertumbuhan *Rhizopus* sangat cepat dan membentuk lapisan seperti kapas.

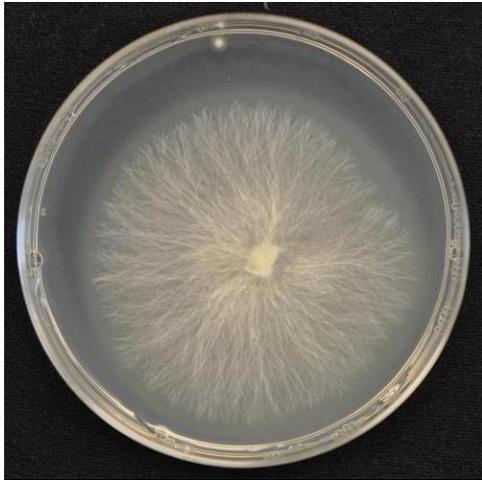
Aspergillus merupakan kapang yang tumbuh baik pada substrat dengan konsentrasi gula dan garam tinggi, oleh karena itu dapat tumbuh pada makanan dengan kadar air rendah. Grup ini mempunyai konidia berwarna hijau, dan membentuk *askospora* yang terdapat didalam *aski perithesia* berwarna kuning sampai merah. *A. niger* mempunyai kepala pembawa konidia yang besar, bulat dan berwarna hitam, coklat hitam atau ungu coklat. Konidianya kasar dan mengandung pigmen. Grup *A. flavus-oryzae* termasuk spesies yang penting dalam fermentasi beberapa makanan tradisional dan untuk memproduksi enzim, tetapi kapang dalam grup ini sering menyebabkan kerusakan makanan.

B. Khamir

Khamir merupakan fungi uniseluler dengan sel yang berbentuk bola, oval atau silindris berdiameter antara 3-5 mm. Bentuk dan ukuran sel khamir bervariasi tergantung dari umur dan lingkungannya. Khamir tidak dapat bergerak (nonmotil), dikarenakan sel khamir tidak dilengkapi dengan flagel atau organ-organ penggerak lainnya. Perbedaan mendasar antara sel khamir dengan sel bakteri adalah ukuran sel khamir lebih besar dari sel bakteri, selain itu juga terdapat perbedaan organel-organel internal yang berada di dalam sel khamir berbeda dengan penyusun sel bakteri. Contoh khamir yang paling populer adalah dari genus *Saccharomyces*.

Sel khamir melakukan perkembangbiakan dengan cara membentuk tunas (budding). Selain itu sel khamir juga dapat memperbanyak diri dengan cara membelah diri sama besar (binary fission). Selama proses pertunasan sel khamir, diawali dengan lisisnya dinding sel pada daerah tertentu. Dengan tidak adanya

dinding sel pada daerah tersebut, menyebabkan terjadinya tekanan dari isi sel keluar membentuk struktur seperti balon yang dikelilingi dinding sel induknya. Bagian ini kemudian membesar, nucleus membelah secara mitosis dan nucleus hasil pembelahan kemudian berpindah menuju tunas yang terbentuk tadi. Tunas baru yang sudah terbentuk dan sudah dilengkapi dengan nucleus kemudian melanjutkan pertumbuhannya. Setelah pertumbuhan cukup, akhirnya tunas akan melepaskan diri dari sel induknya. Sel khamir yang telah melepaskan tunasnya seringkali meninggalkan tanda berupa bekas luka pada dinding selnya.



Gambar 15. Sel khamir

Beberapa species khamir dapat menghasilkan tunas lebih dari satu sebelum pemisahan tunas terjadi. Bila setelah terbentuk satu tunas tidak dilanjutkan dengan pemisahan tunas, maka suatu rantai sel berbentuk bola dapat terbentuk. Kegagalan dalam memisahkan tunas-tunas baru yang terbentuk secara terus menerus akan menghasilkan suatu rantai sel khamir yang memanjang yang menyerupai hifa (benang) dan disebut pseudohyphae.

Sel khamir dapat tumbuh setelah ditanamkan pada media agar selama 1 sampai 3 hari. Selama waktu tersebut, khamir akan menghasilkan koloni berwarna pucat keruh dan umumnya mempunyai diameter anatar 0.5 sampai 3.0 mm. Sebagian kecil species dapat menghasilkan pigmen, tetapi kebanyakan hanya menghasilkan warna krem. Dibawah mikroskop dan secara morfologi koloni, kebanyakan species khamir sulit dibedakan karena perbedaannya yang sangat kecil. Untuk membedakannya seringkali harus dilakukan tes fisiologi.

Sejumlah species khamir dapat bersimbiosis dengan berbagai hewan terutama serangga dan sebagian kecil bertindak sebagai patogen pada hewan dan manusia. Khamir banyak diteliti dan diketahui secara ilmiah sebab mereka merupakan sel eukariot yang dapat dengan mudah dimanipulasi sebagai model yang sangat baik untuk mempelajari berbagai masalah penting dalam biologi sel eukariot

C. Bakteri

Bakteri merupakan mikroorganisme yang termasuk dalam golongan prokariotik (tidak memiliki membran/selubung inti). DNA bakteri tidak terpusat dalam sebuah inti sel. Bakteri memiliki berbagai aktivitas biokimia (pertumbuhan dan perbanyakan) dengan menggunakan *raw material* (nutrisi) yang diperoleh dari lingkungan sekitarnya.

Setiap bakteri memiliki kemampuan dalam menggunakan enzim yang dimilikinya untuk degradasi karbohidrat, lemak, protein, dan asam amino. Metabolisme atau penggunaan dari molekul organik ini biasanya menghasilkan produk yang dapat digunakan untuk identifikasi dan karakterisasi bakteri

Penggunaan zat hara tergantung dari aktivitas metabolisme mikroba. Metabolisme seringkali menghasilkan hasil sampingan yang dapat digunakan untuk identifikasi mikroorganisme.

Pengamatan aktivitas metabolisme diketahui dari kemampuan mikroorganisme untuk menggunakan dan menguraikan molekul yang kompleks seperti zat pati, lemak, protein dan asam nukleat. Selain itu pengamatan juga dilakukan pada molekul yang sederhana seperti amino dan monosakarida.

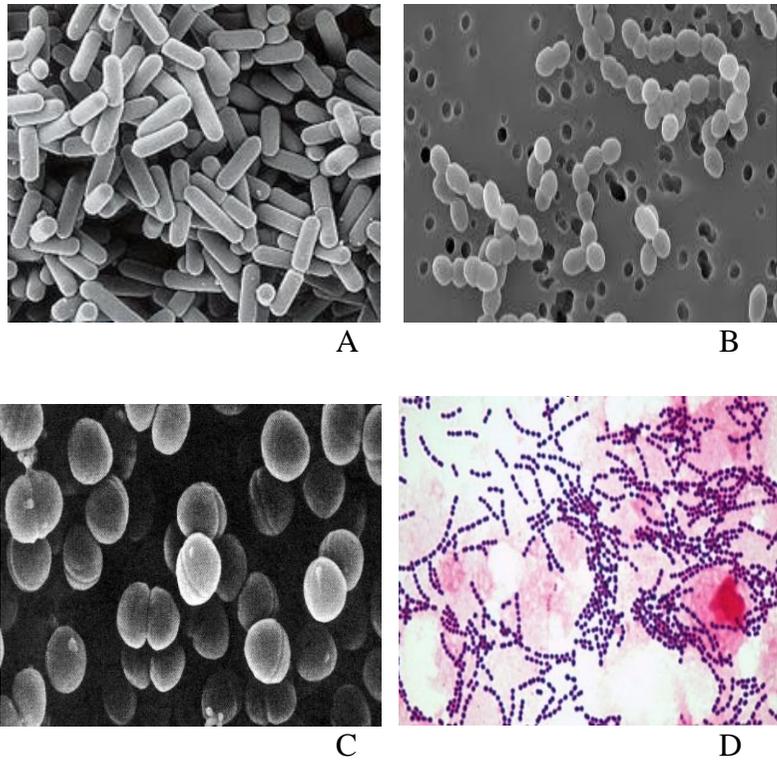
Kemampuan memfermentasikan berbagai karbohidrat dan produk fermentasi yang dihasilkan merupakan ciri yang sangat berguna dalam identifikasi mikroorganisme. Hasil akhir dari fermentasi karbohidrat ini ditentukan oleh sifat mikroba, media biakan yang digunakan, serta faktor lingkungan antara lain pH dan suhu. Media fermentasi harus mengandung senyawa yang dapat dioksidasi dan difermentasikan oleh mikroorganisme. Glukosa merupakan senyawa yang paling sering digunakan oleh mikroorganisme dalam proses fermentasi itu. Selain itu terdapat pula media sukrosa dan laktosa. Fermentasi merupakan proses oksidasi biologi dalam keadaan anaerob dimana yang bertindak sebagai

substrat adalah karbohidrat. Dimana hasil dari fermentase ini berbeda-beda bergantung pada jenis bakterinya misalnya saja asam laktat, asam cuka, CO₂ dan asam tertentu lainnya.

Berikut ini beberapa jenis bakteri yang mampu melakukan fermentasi terhadap karbohidrat serta hasil fermentasinya, yaitu :

1. Fermentasi asam laktat : bakteri asam laktat (*Streptococcus*, *Lactobacillus*)
2. Fermentasi alkohol : *Zygomonas*, *Saccharomycetes*
3. Fermentasi asam propionate : bakteri asam propionate (*Propionibacterium*)
4. Fermentasi 2,3-butanadiol : *Enterobacter*, *Serralia*, *Bacillus*.
5. Fermentasi asam campuran : bakteri enterik (*Escherichia*, *Enterobacter*, *Salmonella*, *Proteus*)
6. Fermentasi asam butirrat : *Clostridium*

Bakteri asam laktat (BAL) yang melakukan fermentasi asam laktat banyak terdapat pada produk-produk fermentasi hasil perikanan. Bakteri asam laktat digolongkan ke dalam 4 *genera* yaitu *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, dan *Streptococcus*. Semua jenis bakteri asam laktat merupakan bakteri Gram positif, tidak berspora, katalase negatif, anaerobik fakultatif, toleran terhadap asam (*acidotolerant*) dan menghasilkan asam laktat. BAL yang menghasilkan asam laktat sebagai produk utama (>75%) disebut sebagai BAL *homofermentatif*, sedangkan yang menghasilkan komponen metabolit lainnya seperti alkohol dan asam asetat disebut sebagai BAL *heterofermentatif*. *Lactobacillus* merupakan bakteri asam laktat yang mempunyai bentuk sel batang (*basil*), sedangkan *Leuconostoc*, *Pediococcus* dan *Streptococcus* memiliki bentuk sel bulat (*coccus*).



Gambar 16. Bentuk sel bakteri asam laktat. (A) *Lactobacillus*, (B) *Leuconostoc*, (C) *Pediococcus*, dan (D) *Streptococcus*

BAB V. KARAKTERISTK FISIKO-KIMIA IKAN SELAMA PROSES FERMENTASI

A. Karakteristik Ikan Segar

Kualitas atau mutu ikan sebagai bahan pangan (*condiment*) ditentukan oleh kesegarannya. Penentuan kesegaran ikan dapat dilakukan secara sensoris, kimiawi, maupun mikrobiologi. Secara sensoris dapat ditentukan dengan melakukan pengamatan secara langsung terhadap ikan baik keutuhan badannya, tekstur dagingnya, warna insang, mata dan kultnya. Selain itu, aroma ikan segar tentunya berbeda dengan ikan busuk. Ikan busuk lebih memiliki aroma tidak menyenangkan yang timbul karena terbentuknya amonia dan komponen volatil lainnya akibat proses enzimatik dan mikrobiologi. Parameter kimiawi dapat diketahui dengan melakukan uji kimiawi berupa *total volatile base* (TVB), perubahan pH, dan perhitungan nilai K (*k-value*), sedangkan secara

mikrobiologi kesegaran ikan dapat diketahui dengan menghitung jumlah bakteri pembusuk (anaerob) yang terdapat pada daging ikan. Ketiga parameter tersebut saling berkorelasi positif, sehingga ikan yang busuk secara sensoris akan memiliki kandungan TVB dan mikroorganisme yang melebihi standar ikan segar.

Standar Nasional Indonesia mensyaratkan batas minimum untuk parameter sensoris pada ikan segar yaitu dengan nilai 6, TVB maksimum 30 mg/g dengan jumlah maksimum bakteri 10^6 CFU/g. Semakin lama ikan disimpan dalam suhu ruang (20-37 °C) akan menyebabkan proses rigormotis (penurunan kesegaran ikan) semakin cepat. Proses rigormorfis dimulai dengan tahapan hiperaemia, rigormortis, autolisis dan bacterial decomposition.

Proses *hyperaemia* merupakan proses terlepasnya lendir dari kelenjar-kelenjar yang ada di dalam kulit membentuk lapisan bening yang tebal di sekeliling tubuh ikan. Lendir tersebut terdiri dari glukoprotein dan merupakan substrat yang baik bagi pertumbuhan bakteri.

Rigormortis merupakan fase pengejangan ikan setelah mati akibat adanya kontraksi antara sel-sel otot daging ikan. *Autolisis* ditandai dengan mulai melemasnya tekstur daging ikan akibat aktivitas enzim yang semakin meningkat sehingga terjadi pemecahan daging ikan menghasilkan substansi yang baik bagi pertumbuhan bakteri. Pada tahap akhir penurunan kemunduan daging ikan ditandai dengan semakin banyaknya pertumbuhan bakteri yang menyebabkan perombakan komponen gizi ikan atau disebut dengan *bacterial decomposition*. Ciri-ciri ikan segar dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini

Tabel 1. Ciri-ciri ikan segar dan busuk

No	Bagian Ikan	Ikan Segar	Ikan Busuk
1	Mata	Cerah, bening, cembung, dan menonjol	Pudar, berkerut, cekung, tenggelam
2	Insang	Merah, berbau segar, dan tertutup lendir bening	Coklat/kelabu, berbau asam, tertutup lendir keruh
3	Warna kulit	Terang dan tertutup lendir bening	Pudar, lendir kelabu

4	Aroma/Bau	Segar, seperti aroma laut maupun air tawar	Asam dan busuk
5	Daging	Putih, padat, kenyal, bila ditekan tidak berbekas	Kemerahan terutama disekitar tulang punggung, bekas tekanan jari tidak menghilang
6	Sisik	Menempel kuat pada kulit	Mudah lepas
7	Bagian Perut	Utuh, elastis	Menggelembung, pecah, isi perut keluar, lembek

B. Komposisi Kimia Daging Ikan

Daging ikan terdiri dari komponen air, protein, lemak, karbohidrat, mineral dan vitamin. Kandungan protein beberapa jenis ikan berkisar antara 16 – 21%, lemak 0,2 – 25%, karbohidrat < 0,5%, abu/mineral 1,2 – 1,5% dan air 66 – 81%. Perbedaan komposisi kimia pada berbagai daging ikan disebabkan oleh perbedaan spesies. Pada satu spesies ikan yang sama, komposisi kimia daging ikan ditentukan oleh jenis kelamin, tingkat

kematangan gonad, habitat dan jenis makanannya. Komposisi kimia berbagai jenis ikan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Komposisi kimia daging ikan

No	Komposisi Kimia	Ikan Gabus	Ikan Teri	Ikan Kembang
1	Air	66 - 69	80	73,91 %
2	Protein	24,5 – 25	10,3	22 %
3	Lemak	1,7 - 4	1,4	0,22 %
4	Karbohidrat	0,3 – 1,7	NA	NA
5	Mineral	2 -4,5	4,2	3,22
6	Vitamin A	NA	42,0 SI	NA
7	Vitamin B	NA	0,24 mg	NA
8	Kalsium	NA	972 mg	NA
9	Fosfor	NA	253 mg	NA
10	Besi	NA	3,9 mg	NA

Ket: NA adalah tidak dianalisis

Protein merupakan komponen terbesar yang terdapat pada daging ikan. Protein pada ikan terbagi dalam 3 golongan yaitu (1) protein penyusun jaringan daging (*structural protein*) dalam bentuk miofibril, (2) sarkoplasma (*sarcoplasmis protein*) dan (3) protein penghubung antar jaringan (*connective tissue protein*). *Structural*

protein (miofibril) terdiri dari aktin, miosin dan tropomiosin. Protein miofibril merupakan protein terbesar menyusun jaringan pada daging ikan (70-80%). Miofibril bersifat tidak larut air dan dapat larut dalam garam pekat. Sarkoplasma menyusun 25-30% protein total pada daging ikan dan bersifat larut dalam air. Protein penghubung berupa kolagen yang menyusun 3-10 % protein total daging ikan.

Lemak pada daging ikan dibagi 2 golongan yaitu fosfolipid dan trigliserida. Fosfolipid merupakan lemak/lipid yang membangun jaringan sel hewan sedangkan trigliserida merupakan lemak/lipid yang digunakan sebagai cadangan energi. Pada ikan yang tergolong berlemak rendah (*lean fish*) daging putihnya mengandung lemak/lipid kurang dari 1% dan kandungan kolesterol 6% dari total lipid. Pada golongan ikan *fatty fish*, lemak/lipid disimpan pada jaringan daging di bagian perut (*belly*), jaringan bagian sirip dan ekor. Trigliserida banyak terdapat pada bagian daging merah. Pada

ikan golongan *elasmobranchi* (ikan bertulang rawan), seperti hiu menyimpan lemak/lipid pada bagian hati yang mengandung diacyl-alkyl-glycerol esters atau *squalene*.

Kandungan vitamin dan mineral pada daging ikan sangat dipengaruhi oleh perbedaan musim. Umumnya daging ikan sebagai sumber vitamin B. Pada *fatty fish* juga mengandung vitamin A dan D. Sebagai sumber mineral, daging ikan banyak mengandung kalsium, fosfor, besi, tembaga, dan selenium. Ikan laut (*Saltwater fish*) mengandung iodin. Kandungan sodium pada daging ikan sebesar 72 mg/100g, potasium 278 mg/100g, kalsium 79 mg/100g, magnesium 38 mg/100g, dan fosfor 190 mg/100g.

C. Perubahan Fisiko-Kimia Daging Ikan selama Fermentasi

Proses fermentasi pada berbagai produk hasil perikanan merubah struktur fisik daging ikan, komposisi kimiawi daging ikan serta keberadaan mikroorganisme ikan. Perubahan tersebut disebabkan oleh adanya perombakan oleh mikroorganisme serta

enzim selama proses fermentasi. Penambahan garam yang biasa digunakan dalam proses fermentasi hasil perikanan digunakan sebagai penyeleksi mikroorganisme.

Sukses mikroorganisme terjadi pada tahapan proses fermentasi. Pada ikan segar, bakteri merupakan mikroorganisme yang mendominasi ikan terutama pada bagian perut, insang dan kulit. Hal ini disebabkan oleh tingginya kadar air pada daging ikan (lebih dari 70%) dengan nilai aktivitas air (A_w) lebih dari 0,9. Bakteri pembusuk lebih mendominasi pada saluran pencernaan dan insang ikan segar.

Penambahan garam menyebabkan terjadinya perubahan dominasi bakteri. Bakteri pembusuk (*Micrococcus*, *Pseudomonas*, dan *Aeromonas*) dan beberapa bakteri patogen yang mungkin ada di ikan (*Vibrio parahaemolyticus*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*) yang bersifat tidak tahan terhadap garam tinggi digantikan dengan beberapa bakteri yang tahan terhadap garam yaitu bakteri

asam laktat. Empat golongan bakteri asam laktat yang terdapat selama fermentasi hasil perikanan yaitu *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*, dan *Streptococcus*.

Keberadaan bakteri asam laktat bersifat positif (menguntungkan) selama proses fermentasi ikan. Beberapa fungsi bakteri asam laktat selama proses fermentasi adalah:

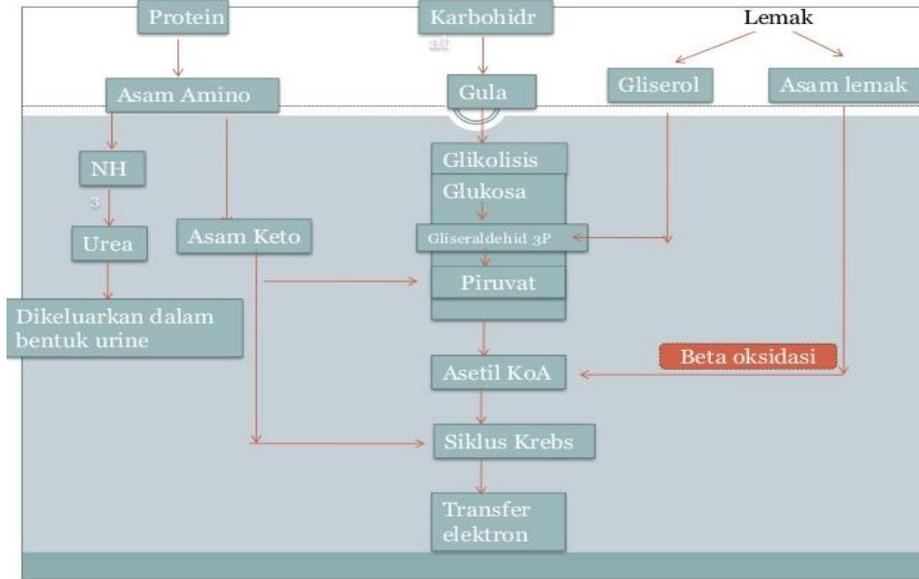
1. Fermentasi gula;
2. Hidrolisis protein;
3. Sintesis komponen flavoour
4. Sintesis komponen inhibitor bakteri

a. Fermentasi Gula

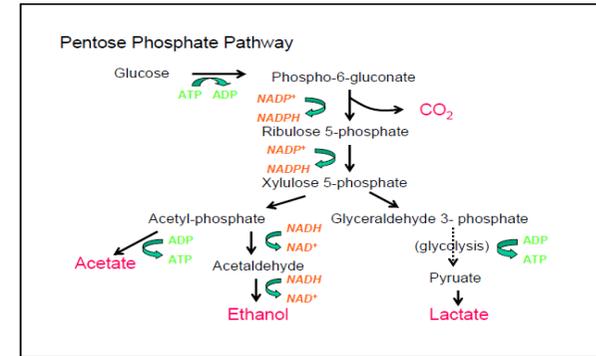
Bakteri asam laktat menghasil berbagai asam organik seperti asam laktat, asam asetat, etanol serta CO₂. Semakin lama proses fermentasi akan menyebabkan pelepasan air (H₂O) yang terikat pada protein sehingga tekstur ikan yang difermentasi akan semakin lembek bahkan akan hancur seperti halnya pada rusi (produk fermentasi

khas Bangka-Belitung). Selain itu produksi asam organik juga menyebabkan penurunan pH ikan dengan kisaran nilai pH 4-5,5.

Terbentuknya asam-asam organik selama proses fermentasi ikan dapat melalui perombakan karbohidrat (glukosa), protein maupun lemak pada ikan. Glukosa merupakan sumber utama dalam pembentukan asam organik, sehingga pada beberapa proses fermentasi seperti bekasam ditambahkan dengan nasi serta rusip diberi tambahan gula merah. Meskipun demikian, bakteri asam laktat juga dapat menghasilkan asam-asam organik melalui jalur perobakan protein dan lemak, mengingat komposisi gizi terbesar pada daging ikan adalah protein dan lemak. Prose pembentukan asam-asam organik, seperti asam laktat, asam asetat, serta etanol dapat dilihat pada gambar berikut ini.

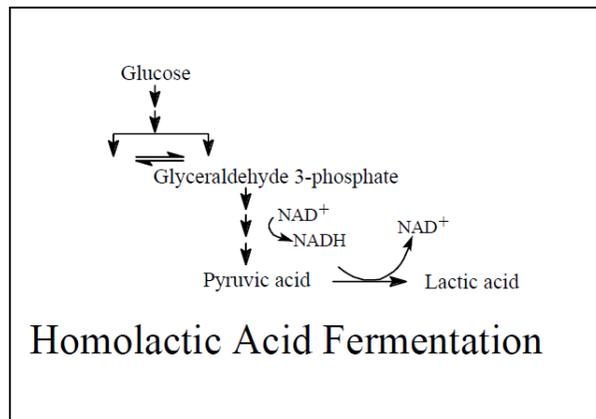


Gambar 17. Proses pembentukan piruvat dalam rangkaian glikolisis untuk sintesis asam organik



B

Gambar 18. Pembentukan asam organik selama fermentasi ikan. (A) bakteri asam laktat homofermentatif. (B) bakteri asam laktat heterofermentatif.



A

b. Hidrolisis Protein oleh Bakteri Asam Laktat

Selama proses fermentasi ikan, bakteri asam laktat dengan berbagai enzim protease, maupun lipase yang dihasilkan, merombak protein maupun lemak dari daging ikan. Perombakan protein akan menyebabkan terbentuknya polipeptida, peptida bahkan asam amino bebas. Sedangkan lemak/lipid dapat dirombak menjadi beberapa asam lemak. Proteinase dari bakteri asam laktat akan mendegradasi protein dan peptidase akan menghasilkan peptida serta asam amino. Terbentuknya komponen organik yang lebih sederhana ini akan lebih bermanfaat jika dikonsumsi oleh manusia. Hal ini disebabkan karena komponen organik yang sederhana akan lebih mudah diserap oleh tubuh.

c. Pembentukan Aroma oleh Bakteri Asam Laktat

Pembentukan aroma pada produk fermentasi hasil perikanan disebabkan oleh adanya asam-asam organik yang terbentuk selama proses fermentasi. Terbentuknya asam asetat, asam laktat, diasetil

aseton dan butilen glikol mempengaruhi aroma dan rasa produk fermentasi. Pada umumnya semakin lama waktu fermentasi akan membentuk aroma dan cita rasa yang lebih kuat seiring dengan semakin meningkatnya asam-asam organik yang pada produk fermentasi seperti rusip, bekasam, terasi, wadi dan yang lainnya.

d. Komponen Inhibitor dari Bakteri Asam Laktat

Inhibitor yang diproduksi oleh bakteri asam laktat merupakan komponen penghambat aktivitas bakteri, enzim atau metabolit tertentu. Hasil metabolit bakteri asam laktat yang berfungsi sebagai inhibitor dapat berupa asam organik, bakteriosin maupun peptida lainnya yang berfungsi sebagai komponen bioaktif yang berperan penting dalam dunia medis, yaitu antihipertensi, antioksidan, antikolesterol.

Hasil metabolit bakteri asam laktat dapat bersifat bakteriosidal maupun bakteriostatik bagi mikroorganisme lainnya, disebabkan karena:

1. Terjadinya penurunan pH. Bakteri pembusuk dan patogen umumnya hidup optimal pada pH normal (7). Penurunan pH menyebabkan bakteri pembusuk dan patogen tidak bisa tumbuh optimal bahkan mati.
2. Asam-asam organik yang terbentuk bersifat bakteriosidal (membunuh bakteri lain) maupun bakteriostatik (menghambat bakteri lain) seperti asam laktat dan asam asetat. Asam laktat diproduksi oleh bakteri asam laktat homofermentatif dan heterofermentatif, sedangkan asam asetat diproduksi oleh bakteri asam laktat heterofermentatif. Asam asetat lebih bersifat bakteriosidal dibandingkan dengan asam laktat.
3. Beberapa bakteri asam laktat juga menghasilkan peptida antibakteri yang disebut dengan bakteriosin, misalnya *Pediococcus* menghasilkan pediosin yang bisa membunuh bakteri lainnya. Bakteriosin umumnya bersifat termostabil (stabil terhadap panas).

4. Bakteri asam laktat menghasilkan hidrogen peroksida (H_2O_2) yang bersifat bakteriosidal bagi mikroorganisme lainnya. Hidrogen peroksida merupakan oksidator kuat. Adanya hidrogen peroksida yang bereaksi dengan tiosianat dengan dikatalis oleh laktoperoksidase menghasilkan inhibitor bagi pertumbuhan bakteri lainnya. Hidrogen peroksida biasanya diproduksi oleh golongan bakteri *Lactobacillus*.
5. Bakteri asam laktat juga menghasilkan etanol yang bersifat bakteriosidal.

Proses fermentasi merubah komposisi kimia daging ikan.

Data komposisi kimia beberapa produk fermentasi hasil perikanan dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2. Komposisi kimia produk fermentasi hasil perikanan

No	Komposisi Kimia	Rusip	Peda	Bekasam	Ter
1	Air	66%	53 – 54 %	65 – 69 %	30
2	Protein	16%	24 – 25 %	6,2 – 14 %	50,
3	Lemak	0,9%	2,7 – 4,5 %	0,5 – 0,8 %	5,7
4	Karbohidrat	NA	NA	14 – 19 %	-
5	Mineral	9%	15 – 17 %	13 – 14 %	2,8

6	Vitamin A	NA	NA	2448-3063 (SI)	NA
7	Vitamin B	NA	NA	1126-1324 (SI)	NA

Ket: NA adalah tidak dianalisis

BAB VI. KARAKTERISTIK MIKROBIOLOGI IKAN SELAMA PROSES FERMENTASI

A. Keberadaan Mikroorganisme pada Ikan selama Proses

Fermentasi

Ikan segar rata-rata mengandung total bakteri anaerob 10^2 - 10^3 CFU/gram. Sejalan dengan berlangsungnya waktu fermentasi, jumlah bakteri asam laktat terus mengalami peningkatan. Pada mulanya bakteri asam laktat pada ikan juga terdapat pada saluran pencernaan bersama dengan bakteri pembusuk maupun jenis koliform lainnya. Bakteri anaerob pembusuk secara bertahap akan diganti dengan bakteri asam laktat melalui seleksi penambahan garam dan peningkatan keasaman. Berlangsungnya proses fermentasi meningkatkan jumlah bakteri asam laktat dan bisa mencapai 10^9 atau 10^{10} CFU/gram produk di fase optimum pertumbuhan bakteri.

Pada fermentasi tradisional yang bersifat spontan melibatkan berbagai bakteri asam laktat. Beberapa mikroorganisme diketahui terlibat selama proses fermentasi ikan. Bakteri asam laktat merupakan mikroorganisme yang tumbuh dan berkembang lebih dominan dibandingkan dengan khamir. *Lactobacillus*, *Pediococcus*, dan *Leuconostoc* merupakan kelompok bakteri yang dominan pada bekasam. Beberapa produk fermentasi dari beberapa negara lain juga mengandung bakteri asam laktat. Bakteri asam laktat yang dominan pada *burongisda* ialah *Leuconostoc mesenteroides*, *Pediococcus cereviciae*, dan *Lactobacillus plantarum*. Mikroflora yang mendominasi pada produk *plaa-som* adalah *Pediococcus pentosaceus*, *Lactobacillus alimentarius/farciminis*, *Weissella confusa*, *L. plantarum* dan *Lactococcus garvia*, *Lactobacillus* spp., *Pediococcus* spp., *Aerococcus* spp., *Cornobacterium* spp. *Enterococcus* spp. Bakteri yang diisolasi selama fermentasi pada produk *som-fak* adalah *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Leuconostoc*

citreum, *Lactobacillus paracasei* subsp. *Paracasei*, *W. confusa*, *L. plantarum*, *L. pentosus* dan *Pediococcus pentosaceus*.

Selama proses fermentasi ikan, tidak ada golongan bakteri tertentu yang mendominasi pada hari ke-1 sampai ke-3, namun setelah hari ke-4 sampai 10, bakteri berbentuk batang (basil) merupakan golongan bakteri yang mendominasi selama proses fermentasi. *Lactobacillus* merupakan bakteri yang umumnya paling tahan terhadap asam, dapat tumbuh sampai dengan pH 3,8. Kondisi ini menyebabkan *Lactobacillus* cenderung dominan pada akhir proses fermentasi asam laktat. Lain halnya dengan bakteri *Leuconostoc mesenteroides* dan *Pediococcus*, kedua jenis bakteri asam laktat ini sering terlihat pada awal fermentasi.

B. Jenis-jenis Mikroorganisme pada Ikan selama Proses

Fermentasi

Kelompok bakteri pada bekasam memiliki karakteristik yang berbeda-beda yaitu: *Lactobacillus* merupakan bakteri berbentuk

batang, Gram positif dan katalase negatif. Golongan *Lactobacillus* dari produk fermentasi ada yang menghasilkan gas selama fermentasi (*heterofermentatif*) dan ada yang tidak menghasilkan gas (*homofermentatif*), bersifat mesofilik, tumbuh pada kadar garam 6.5% dan pH 4.2-9.6. tidak berspora, non motil, tumbuh optimum pada suhu 30-37 °C, dan pH (4.4 – 8.0).

Pediococcus berbentuk bulat dan tersusun secara *tertrat*, tidak menghasilkan gas, tidak berspora, katalase negatif, bersifat mesofilik, tumbuh pada kadar garam 6.5% dan pH 4.2-9.6 dan optimum pada suhu 30 – 37 °C. *Pediococcus* merupakan bakteri asam laktat homofermentatif, memecah gula menjadi asam laktat sampai mencapai konsentrasi 0,5 – 0,9%, dan tumbuh baik pada konsentrasi garam mencapai 5,5%.

Leuconostoc merupakan bakteri asam laktat jenis heterofermentatif yang menghasilkan asam laktat, asam asetat, etanol dan gas CO₂, berbentuk bulat yang tersusun terpisah dan

tidak tersusun *tetrad*, bersifat mesofilik, tumbuh pada kadar garam 6.5% dan pH 4.2- 9.6.

Bakteri *Streptococcus* merupakan bakteri yang berbentuk bulat yang hidup secara berpasangan atau membentuk rantai pendek dan panjang. Bakteri ini bersifat homofermentatif, proteolitik dan biasanya lipolitik. Bakteri *Streptococcus* dibedakan atas empat grup berdasarkan sifat fisiologi dan sifat hemolitiknya, antara lain grup piogenik (*S. pyogenes* dan *S. agalactiae*), grup viridan (*S. thermophilus* dan *S. bovis*), grup laktat (*S. lactis* dan *S. cremoris*), dan grup enterokokus (*S. faecalis* dan *S. durans*). Suhu pertumbuhan optimum sebesar 30°C

BAB VI. KAJIAN MANFAAT FUNGSIONAL PRODUK

FERMENTASI IKAN TERHADAP KESEHATAN

A. Produk Fermentasi Ikan sebagai Sumber Komponen

Bioaktif

Fermentasi merupakan proses perombakan komponen makronutrisi menjadi komponen yang bersifat mikronutrisi. Karbohidrat selama proses fermentasi dirubah dalam bentuk glukosa, lemak diuraikan menjadi asam lemak, dan protein menjadi berbagai jenis asam amino. Terbentuknya berbagai senyawa nutrisi sederhana ini merubah bentuk dan sifat-sifat bahan makanan. Glukosa dan berbagai senyawa asam organik (alkohol, asam asetat, dan asam alktat) yang terbentuk selama fermentasi bahan pangan yang mengandung karbohidrat meningkatkan asam pada bahan makanan. Pembentukan asam laktat pada bekasam, wadi, rusip menimbulkan rasa asam pada produk.

Adanya perombakan protein menjadi asam amino serta beberapa komponen biogenik amin yang mudah menguap pada terasi, rusip, bekasam, wadi dan produk fermentasi lainnya menyebabkan daya cerna protein produk fermentasi lebih tinggi dibandingkan dengan bahan bakunya. Selain itu juga meningkatkan aroma dan rasa sebagai akibat terbentuknya berbagai senyawa biogenik amin yang mudah menguap. Terasi, rusip, bekasam, wadi menjadi lebih enak/gurih dibandingkan dengan bahan bakunya (ikan).

Proses fermentasi juga menghasilkan berbagai komponen bioaktif yang bermanfaat bagi kesehatan. Beberapa penelitian fungsi produk-produk fermentasi dalam mencegah, menghambat maupun mengobati beberapa penyakit telah dilakukan. Uji aktivitas komponen bioaktif produk fermentasi telah dilakukan secara *invivo* maupun *invivo*. Dimasa mendatang uji klinis diharapkan dapat

dilakukan untuk lebih mengetahui secara nyata manfaat produk fermentasi tradisional Indonesia bagi kesehatan.

Bekasam terbukti mampu berfungsi sebagai antihipertensi, antioksidan dan antikolesterol. Keberadaan berbagai peptida pada bekasam dapat berfungsi sebagai komponen bioaktif. Selain itu bekasam juga mengandung lovastatin sebagai antikolesterol dan asam-asam organik yang berfungsi sebagai antioksidan.

Peptida bioaktif merupakan hasil perombakan protein yang mempunyai berat molekul rendah dan memiliki sifat fungsional. Pada bekasam ditemukan peptida bioaktif 6 – 7 kD yang memiliki fungsi sebagai penghambat sintesis kolesterol yang secara invitro mereduksi aktivitas enzim HMG-KoA reduktase (enzim yang berperan dalam biosintesis kolesterol). Beberapa bakteri asam laktat terbukti mampu meningkatkan jumlah peptida selama fermentasi bekasam.

Lovastatin yang terdeteksi pada bekasam juga merupakan salah satu produksi metabolit skunder mikroorganisme yang berperan pada fermentasi bekasam. Lovastatin termasuk obat golongan statin. Lovastatin diproduksi oleh beberapa kapang dan bakteri dengan produksi optimum pada fase stasioner, sehingga kadar lovastatin tertinggi pada fase akhir fermentasi hasil perikanan.

B. Produk Fermentasi Ikan sebagai Sumber Probiotik

Beberapa penelitian juga telah berhasil mengisolasi beberapa bakteri asam laktat yang berfungsi sebagai probiotik dari bekasam dan rusip. Probiotik merupakan bakteri asam laktat yang berperan penting dalam perbaikan pencernaan manusia. Probiotik bermanfaat untuk menghambat pertumbuhan bakteri-bakteri patogen yang terdapat dalam saluran pencernaan manusia. Oleh karena itu bakteri asam laktat yang dapat berfungsi sebagai probiotik harus memiliki kemampuan:

1. Ketahanan terhadap pH lambung (pH 2,0) dan pH usus (pH 7,2)
2. Ketahanan terhadap garam empedu (0,5%)
3. Tidak bersifat patogen pada manusia
4. Memiliki aktivitas penghambatan terhadap bakteri patogen, misalnya *Eschericia coli*, *Staphylococcus aureus*, dan *Listeria monocytogenes*.
5. Mempunyai kemampuan menempel pada dinding usus halus.

Beberapa bakteri asam laktat yang berpotensi menjadi probiotik dari bekasam adalah *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pentosa*. Seperti halnya pada bekasam, beberapa probiotik dari rusip juga telah diisolasi dan terbukti menghambat beberapa bakteri patogen serta memenuhi syarat sebagai probiotik.

Sejauh ini kajian komponen bioaktif dari produk-produk fermentasi ikan di Indonesia masih sangat tertinggal dibandingkan dengan negara lain seperti korea, jepang, dan malaysia. Berbagai

jenis produk fermentasi yang ada di Indonesia sangat potensial dikaji dan dikembangkan lebih lanjut untuk menjadi makanan fungsional maupun sebagai bahan baku suplemen/obat. Hal ini akan dapat meningkatkan citra negatif produk tradisional sebagai makanan yang tidak banyak diminati oleh masyarakat. Di sisi lain ternyata produk fermentasi ikan mengandung sejuta manfaat dari terbentuknya berbagai komponen bioaktif yang berfungsi bagi kesehatan manusia.

C. Pengembangan Produk Fermentasi Ikan sebagai Makanan Fungsional dan Suplemen

Adanya komponen bioaktif dan probiotik yang dihasilkan dari beberapa produk fermentasi hasil perikanan berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut. Hal ini menunjukkan bahwa fermentasi menghasilkan zat-zat organik yang bermanfaat bagi kesehatan manusia sebagai makanan fungsional maupun suplemen.

Makanan fungsional merupakan makanan yang selain memiliki manfaat dalam pemenuhan gizi juga memiliki manfaat bagi pemeliharaan kesehatan tubuh. Makanan fungsional harus memenuhi persyaratan dapat diterima konsumen secara sensoris, dapat dikonsumsi setiap hari tanpa efek samping, dapat mencegah/menurunkan gejala/penyakit tertentu atau menjaga kesehatan tubuh. Makanan fungsional dapat bersifat alami maupun akibat penambahan komponen bioaktif kedalam bahan pangan.

Pada produk fermentasi hasil perikanan, komponen bioaktif terbentuk secara alamiah selama proses fermentasi. Oleh sebab itu secara alamiah produ-produk fermentasi hasil perikanan telah berfungsi sebagai makanan fungsional. Namun keberadaan/aktivitas komponen bioaktif pada pproduk fermentasi ikan sangat tergantung dari pengolahan yang dilakukan. Beberapa peptida tidak tahan dalam pemansan suhu tinggi dalam waktu lama. Oleh sebab itu

metode pengolahan yang tepat diperlukan untuk meminimalkan kerusakan komponen bioaktif pada produk fermentasi ikan.

Ekstraksi terhadap komponen bioaktif dapat dilakukan untuk memperoleh ekstrak murni dan memiliki aktivitas inhibisi yang tinggi terhadap penyakit tertentu. Hasil ekstrak murni dapat digunakan sebagai suplemen maupun obat dengan melalui tahapan uji. Untuk menghasilkan suplemen/obat perlu dilakukan uji *invivo* pada hewan coba serta uji klinis pada manusia sehingga suplemen/obat yang diperoleh sebagai hasil ekstraksi produk perikanan bersifat menguntungkan dan tidak berbahaya bagi manusia.

BAB VII. PENUTUP

Indonesia sangat kaya dengan berbagai produk fermentasi hasil perikanan. Saat ini produk fermentasi hasil perikanan seperti ikan kayu, bekasam, rusip, terasi, wadi dan yang lainnya hanya berfungsi sebagai pelengkap masakan karena memiliki aroma dan rasa yang kuat dari bahan bakunya. Berbagai kajian menunjukkan bahwa selama proses fermentasi ikan terjadi berbagai perombakan komponen-komponen organik seperti protein, lemak dan karbohidrat dari bahan baku membentuk komponen bioaktif. Adanya komponen bioaktif pada produk fermentasi menyebabkan beberapa produk fermentasi ikan seperti bekasam dan rusip terbukti berpotensi sebagai penurun kolesterol, hipertensi, antioksidan serta sebagai sumber probiotik. Namun saat ini kajian-kajian sifat-sifat fungsional produk fermentasi hasil perikanan belum banyak diteliti sehingga

informasi berkenaan dengan hal tersebut masih sangat terbatas. Oleh sebab itu masih sangat besar peluang untuk mengkaji berbagai sifat fungsional produk-produk fermentai hasil perikanan Indonesia sebagai makanan fungsional, suplemen maupun sebagai sumber bahan baku obat bagi manusia.

DAFTAR ISI

- Abe Y, Suzuki T, Ono C, Iwamoto K, Hosobuchi M, Yoshikawa H. 2002. Molecular cloning and characterization of an ML-236B (compactin) biosynthetic gene cluster in *Penicillium citrinum*. *Molecular Genetics and Genomics*. 267: 636–646.
- Addy H.S. 2008. Pengaruh sumber karbon terhadap antagonis *Pseudomonas panderflour* pada *Erwina carotovora*. *Jurnal Hayati*. 1: 12-16.
- Ataie-Jafari A, Larijani B, Majd H.A, Tahbaz F. 2009. Cholesterol-lowering effect of probiotic yogurt in comparison with ordinary yogurt in mildly to moderately hypercholesterolemic subjects. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 54: 22-27.
- Barrios-González J, Miranda RU. 2010. Biotechnological production and applications of statins. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 85:869–883.
- Burg JS, Espenshade PJ. 2011. Regulation of HMG-CoA reductase in mammals and yeast. *Progress in Lipid Research*. 50: 403-410.
- Chen CH, Hu HY, Cho YC, Hsu WH. 2006. Screening of compactin resistant microorganisms capable of converting compactin to pravastatin. *Current Microbiology*. 53:108–112.
- Chen-He, Zhe-Ji, Lie W, Gounei S. 2012. Effects of trehalose, glycerin and NaCl on the growth and freeze-drying of *Lactobacillus Acidophilus*. *Information Technology and Agricultural Engineering: Advances in Intelligent and Soft Computing*. 134 (2012): 967-971.
- Cheng HH, Lai MH. 2000. Fermentation of resistant rice starch producing propionate and reducing serum and hepatic cholesterol in rats. *The Journal of Nutrition. ProQuest Agriculture Journals*. 130 (8): 1991-1995.
- Dansette PM, Jaoen M, Pons C. 2010. HMG-CoA reductase activity in human liver microsomes: comparative inhibition by statins. *Experimental and Toxicological Pathology*. 52: 145-148.
- Danuri H. 2008. Optimizing angkak pigments and lovastatin production By *Monascus purpureus*. *Hayati Journal of Biosciences*. 15 (2): 61-66.
- Delima L, Mihardja, Siswoyo H. 2009. Prevelansi dan faktor determinan penyakit jantung di Indonesia. *Buletin Penelitian Kesehatan*. 37(3): 142-159.
- Deraz SF, Hedstrom M, Karlsson EN, Linse S, Khalil AA, Mattiasson B. 2007. Production and physicochemical characterization of acidocin D20079, bacteriocin produced by *L. acidophilus* DSM 20079. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 23: 911-921.
- Desniar, Rusmana I, Suwanto A, Mubarik NR. Senyawa antimikrobia yang dihasilkan dari mikroorganisme bekasam. *Jurnal Akuatik*. 3(2): 135-145.

- Ebringer L, Ferencik M, Krajcovic J. 2008. Beneficial health effect of milk and fermented dairy products. *Folia Microbiology*. 53(5): 378-394.
- Ferron MAV, Lopez JLC, Perez JAS, Sevilla JMF, Chisti Y. 2005. Rapid screening of *Aspergillus terreus* mutants for overproduction of lovastatin. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*. 21: 123-125.
- Friesen JA, Rodwell V. 2004. The 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme-A (HMG-CoA) reductases. *Genome Biology*. 5:248.
- Giri A, Nasu M, Ohshima T. 2012. Bioactive properties of Japanese fermented fish paste, fish miso, using *koji* inoculated with *Aspergillus oryzae*. *International Journal of Nutrition and Food Science*. 1(1): 13-22.
- Gupta H, Roger-White C, Handattu S, Garber DW, Datta G, Chaddha M, Dai L, Gianturco SH, Bradley WA, Anantharamaiah GM, 2005. Apolipoprotein E. Mimetic peptide dramatically lowers plasma cholesterol and restores endothelial function in watanable heritable hyperlipidemic rabbits. *Journal American Heart Association*. June 14 (2005): 3112-3118.
- Istvan ES, Deisenhofer J. 2001. Structural mechanism for statin inhibition of HMGCoA reductase. *Science*. 292: 1160 – 1164.
- Itou K, Akahane Y. 2009. Effect of extract from heshiko , a fermented mackerel product, on cholesterol metabolism in wistar rats. *Fish Science*. 75: 241-248.
- Itou K, Akahane Y. 2010. Effect of extract from narezushi , a fermented mackerel product, on cholesterol metabolism in wistar rats. *Fish Science*. 76: 537-546.
- Jahromi MF, Ling JB, Ho YW, Mohamad R, Goh YM, Shokryazdan P. 2012. Lovastatin Production by *Aspergillus terreus* using agro-biomass as substrate in solid state fermentation. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*. 2012: 1-11. Doi: 10.1155/2012/196264.
- Javed S, Bukhari SA, Zovia I, Meraj M. 2010. Screening of indigenously isolated fungi for lovastatin production and its in vivo evaluation. *Current Pharmaceutical Biotechnology*. 15(4): 422-427.
- Jimenez-Diaz R, Raiz-Barba JL, Cathcart DP, Holo H, Nes IF, Sletten KH, Warner PJ. 1995. Purification and partial amino acid sequence of plantaricins. *Applied & Environmental Microbiology*. 61(12): 4459-4463.
- Kato M, Ogawa H, Kishida T, Ebihara K. 2009. The mechanism of the cholesterol-lowering effect of water-insoluble fish protein in ovariectomised rats. *British Journal of Nutrition*. 102: 816–824.

- Kim N, Moon P, Kim S, Choi I, An H, Myung A, Jeong H, Um J, Hong S, Kim H. 2008. Lipid profile lowering effect of Soypro fermented with lactic acid bacteria isolated from Kimchi in high-fat diet-induced obese rats. *Biofactors*. 33: 49–60.
- Kirana C, Rogers PF, Bennett LE, Abeywardena MY, Patten GS. 2005. Rapid screening for potential cholesterol-lowering peptides using naturally derived micelle preparation. *Australian Journal of Dairy Technology*. 60 (2): 163-166.
- Lachenmeier DW, Monakhova YB, Kuballa T, Lobell-Behrends S, Maixner S, Kohl-Himmelseher M, Waldner A, Steffen C. 2012. NMR evaluation of total statin content and HMG-CoA reductase inhibitor in red yeast rice food supplements. *Chinese Medicine*. 7 (8): 1-7.
- Lin CL, Tang YL, Lin SM. 2011. Efficient bioconversion of compactin to pravastatin by the quinoline-degrading microorganism *Pseudonocardia carboxydvorans* isolated from petroleum-contaminated soil. *Bioresource Technology*. 02: 10187-10193.
- Liyanage R, Han K, Watanabe S, Shimada K, Sekikawa M, Ohba K, Tokuji Y, Ohnishi M, Shibayama S, Nakamori T, Fukushima M. 2008. Potato and soy peptide diets modulate lipid metabolism in rats. *Bioscience Biotechnology and Biochemical*. 72(4): 950-2008.
- Liuhartana R, Harris H. 2013. Identifikasi teknik pengolahan dan analisis kualitas seluang kering pada pengolahan tradisional. [www//litbang.net](http://www.litbang.net). Diakses 5 Januari 2014.
- Lyons KS, Harbinson M. 2009. Statin: in the beginning. *The Journal of the Royal College of Physicians of Edinburgh*. 39:362-364.
- Mahesh N, Balakumar S, Indumathi P, Ayyadurai A, Vivek R. 2012. Production and optimization of mevastatin using *Penicillium citrinum* NCIM 768. *Journal of Microbial and Biochemical Technology*. 4(1): 001-004.
- Mohania D, Kansal VK, Nagpal R, Yamashiro Y, Marotta F. 2013. Suppression of diet induced hypercholesterolemia by probiotic dahi containing *L. acidophilus* and *L. plantarum*. *International Journal of Probiotics and Prebiotics*. 8 (2/3): 75-84.
- Mustafa A, Widodo MA, Kristianto Y. 2012. Albumin and zinc content of snakehead fish extract and its role in health. *International Journal of Science and Technology (IJSTE)*. 1 (2): 1-8.
- Nelson DL, Cox MM. 2010. Lehninger: Principles of biochemistry fourth edition. *CHIME Student CD*, 0-7167-7049-0: 816-831.

- Osman ME, Khattab OH, Zaghlol GM, Abd El-Hameed RM. 2011. Optimization of some physical and chemical factors for lovastatin productivity by local strain of *Aspergillus terreus*. *Australian Journal of Basic and Applied Science*. 5(6): 718-732.
- Park JW, Lee JK, Kwon TJ, Yi DH, Kim YJ, Moon SH, Suh HH, Kang SM, Park YI. 2003. Bioconversion of compactin into pravastatin by *Streptomyces sp.* *Biotechnology Letters*. 25: 1827–1831.
- Park JA, Pichiah PBT, Yu JJ, Oh SH, Daily JW, Cha YS. 2012. Anti-obesity effect of kimchi fermented with *Weissella koreensis* OK1-6 as starter in high-fat diet-induced obese C57BL/6J mice. *Journal Applied Microbiology*. 113: 1507-1516.
- Pfeiler EA, Azcarate-Peril, Klaenhammer TR. 2007. Characterization of novel bile-induced operon encoding a two-component regulatory system in *Lactobacillus acidophilus*. *Journal of Bacteriology*. 189(13): 4624-4634.
- Prada-Palomo Y, Romero-Vanegas M, Diaz-Ruis P, Molina-Valasco D, Guzman-Luna C. 2012. Lactic acid production by *Lactobacillus sp.* from biodiesel derived raw glycerol. *Journal CIENCIA Technology*. 5(1): 57-66.
- Ragunath R A, Radhakrisna N, Manikunadan N, Nathiya K, Palaniswamy M. 2012. Optimised production of lovastatin through solid state fermentation by endophytic fungi. *International Journal Pharma of Biosciences*, 3(3): 562-570.
- Rashid SA, Ibrahim D, Anyatha INP. 2013. Effect cultural condition on lovastatin production by *Aspergillus Niger* Sar 1 using combination of rice bran and brown rice as substrate. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*. 4(2): 150-156.
- Reddy DSR, Latha DP, Latha KPJ. 2011. Production of lovastatin by solid state fermentation by *Penicillium Funiculosum* NCIM 1174. *Drug Invention Today*, 3(6), 75- 77.
- Rhee SJ, Lee JF, Lee,CH. 2011. Importance of lactic acid bacteria. *Microbial Cell Factories*. 10 (55): 1-13.
- Screenivasan A, Natarajan MV. 1966. Sulphur and methionine content of some fresh water fishes of Madras. *Fishery Technology*. 3: 81-82.
- Seenivasan A, Subhagar S, Aravindan R, Viruthagiri T. 2008. Microbial production and biomedical applications of lovastatin. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*. November - December 2008: 701-709.
- Shaligram S, Singhal SK, Panday A, Szakeas G. 2009. Compactin production. Studies using *Penicillium brevicompactum* under solid-states fermentation condition. *Applied Biochemistry and Bioethanology*. 159: 505-520.

- Sharifov OF, Nayyur, Garber DW, Handattu SP, Mishra VK, Goldberg D, Anantharamaiah G, Gupta H. 2011. Apolipoprotein E Mimetics and Cholesterol-Lowering Properties. *American Journal of Cardiovaschuler Drug*. 11(6): 371-381.
- Silva GP, Mack M, Contairo J. 2009. Glycerol: a promosing and abundant carbon source for industrial microbiology. *Biotechnology Advances*. 27: 30-39.
- Tedjautama E, Zubaedah E. 2014. Peningkatan produksi pigmen angkak merah tinggi lovastatin menggunakan co-culture *Monascus purpureus* dan *Saccharomyces cerevisiae*. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(4): 78-88.
- Tobert JA. 2003. Lovastatin and beyond: the history of the HMG-CoA reductase inhibitor. *Nature Reviews*. 2: 517-526.
- US Departmen of Health and Human Services. 2012. Your guide to lowering your cholesterol with therapeutic lifestyle changes (TLC). *US Departmen of Health and Human Services. National Institus of Health. National Hearth, Lung, and Blood Institute*.
- Vandermeer JR, Rollema HS, Sieze RJ, Beerthuyzen MM, Kuipers OP, Vos WM. 1994. Influence of amino acid substitutions in the nisin leader peptide on biosynthesis and secretion of nisin by *L. lactic*. *The Journal of Biological and Chemistry*. 269(5): 3555-3562.
- Victor VM, Apostolova N, Herance R, Hernandez-Mijares A, Rocha M. 2009. Oxidative stress and mitochondrial dysfunction in atherosclerosis: Mitochondria-targeted antioxidants as potential therapy. *Current Medicinal Chemistry*. 16: 4654-4667.
- WHO. 2011. The top 10 causes of death. *www.who.com*. Diakses Februari 20013.
- Wikandari PR. 2011. Potensi bakteri asam laktat indigenous sebagai penghasil angiotensis I converting enzyme inhibitor pada fermentasi bekasam. *Disertasi*. Universitas Gadjah Mada.
- Wikandari PR, Suparmo, Marsono Y, Rahayu ES. 2012. Karakteristik bakteri asam laktat proteolitik pada bekasam. *Jurnal Natur Indonesia*. 14(2): 120-125.
- Yamato M, Ozaki K, Ota F. 2003. Partial purification and characterization of the bacteriocin produced by *Lactobacillus acidophilus* YIT 0154. *Microbiology Research*. 158: 169-172.
- Yuniarti DW, Sulistiyati TD, Supriyitno E. 2013. Pengaruh suhu pengeringan vakum terhadap kualitas tepung albumin dari ikan gabus. *Jurnal Teknologi Hasil Perikanan Universitas Brawijaya*. 1 (1): 1-9.
- Zhugue B, Fang HY, Yu HY, Rao ZM, Shen W, Song J, Zhuge J. 2008. Bioconversion of lovastatin to a novel statin by

Amycolatopsis sp. *Applied Microbiology and Biotechnology*.
79:209-216.

DAFTAR ISTILAH

- Anadermus: ikan yang mula-mula hidup di laut dan bermigrasi ke air tawar hal: 10
- Anaerob: mikroorganisme yang dapat hidup hanya dengan oksigen
- Antagonis: bersifat melawan
- Fatty fish: ikan berlemak tinggi, dengan kadar lemak lebih dari 5% Hal: 13
- Katadermus: ikan yang mula-mula hidup di air tawar dan bermigrasi ke laut hal: 10
- Katsuobushi: ikan kayu Hal: 16
- Kompres: bentuk ikan pipih seperti ikan kakap, kerapu, gurame hal: 13
- Labirin: alat tambahan pernapasan pada ikan gabus hal: 8
- Lean fish: ikan berlemak rendah, dengan kadar lemak kurang dari 5% Hal: 13
- Makroalga: alga multiseluler yang memiliki batang dan daun, contoh: rumput laut hal: 10
- Miselium: filamen yang terbentuk dari kapang untuk pertumbuhan selnya Hal: 21
- Nonmotil: mikroorganisme yang dapat berpindah tempat menggunakan alat gerak Hal: 23
- Perisable food: makanan yang mudah mengalami kerusakan hal: 5
- Torpedo: bentuk ikan yang seperti torpedo, contohnya ikan tenggiri, tongkol, tuna Hal: 12
- Trawl: alat penangkapan ikan yang menggunakan jaring bersifat tidak selektif karena dioperasikan dengan kapal yang mengeruk seluruh biota perairan yang dilewatinya, sehingga semua jenis ikan tertangkap dan merusak terumbu karang hal :9
- Unaerob: mikroorganisme yang hidup tanpa memerlukan oksigen Hal: 15

DAFTAR INDEKS

Anadermus; hal: 10

Fatty fish; hal: 13

Katadermus; hal: 10

Katsuobushi: ikan kayu Hal: 16

Kompres; hal: 13

Labirin; : 8

Lean fish; hal: 13

Makroalga; hal: 10

Miselium; hal: 21

Nonmotil; hal: 23

Perisable food; hal: 5

Torpedo; Hal: 12

Trawl; hal :9

Unaerob; hal: 15

