

# Teknologi\_\_\_\_\_

# FERMENTASI

**Sanksi Pelanggaran Pasal 113  
Undang-Undang No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta**

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
3. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
4. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

# Teknologi\_\_\_\_\_

# FERMENTASI

**Oleh:**

Nur Hidayat  
Sulistyo Prabowo  
Anton Rahmadi  
Marwati  
Aswita Emmawati



**Penerbit IPB Press**  
Jalan Taman Kencana No. 3,  
Kota Bogor - Indonesia

**C.01/01.2020**

**Judul Buku:**

TEKNOLOGI FERMENTASI

**Penulis:**

Nur Hidayat  
Sulistyo Prabowo  
Anton Rahmadi  
Marwati  
Aswita Emmawati

**Penyunting Bahasa:**

Tania Panandita

**Korektor:**

Dwi M. Nastiti

**Penata Isi dan Desain Sampul:**

Makhbub Khoirul Fahmi

**Sumber Foto Sampul:****Jumlah Halaman:**

122 + 14 hal romawi

**Edisi/Cetakan:**

Cetakan 1, Januari 2020

**PT Penerbit IPB Press**

Anggota IKAPI

Jalan Taman Kencana No. 3, Bogor 16128

Telp. 0251 - 8355 158 E-mail: penerbit.ipbpress@gmail.com

www.ipbpress.com

ISBN: 978-623-256-038-3

Dicetak oleh Percetakan IPB, Bogor - Indonesia

Isi di Luar Tanggung Jawab Percetakan

© 2020, HAK CIPTA DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku  
tanpa izin tertulis dari penerbit

# PENGANTAR PENULIS

Indonesia memiliki kekayaan alam yang sangat melimpah. Berbagai hasil pertanian dapat dimanfaatkan untuk keperluan pangan dan non pangan. Keragaman suku dan budaya menjadikan keragaman produk olahan. Salah satu produk olahan adalah produk fermentasi yaitu produk yang dihasilkan setelah melalui proses pertumbuhan mikroorganisme. Cara-cara fermentasi di Indonesia sangat beragam, mulai dari yang sederhana hingga penggunaan peralatan modern, dari yang dibuat secara alami hingga yang terkendali, dari yang aerob hingga anaerob dan sebagainya. Salah satu hal yang harus diperhatikan dalam fermentasi adalah bagaimana mengatur agar fermentasi dapat berlangsung dengan baik. Cara-cara pengaturan fermentasi dipelajari dalam kajian Teknologi Fermentasi.

Buku Teknologi ini terdiri atas 10 bab yaitu: pendahuluan (Bab 1) yang mengantar kita mengenal apati itu fermentasi, sejarah, ilmu-ilmu yang mendukung, faktor penting dalam fermentasi dan contoh produk-produk fermentasi. Prinsip fermentasi (Bab 2) yang membahas pertumbuhan dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Produk-produk fermentasi (bab 3), perilaku agen biologi dalam fermentasi (Bab 4) regulasi metabolisme (Bab 5), metode dan kinetika fermentasi (Bab 6) yang mencakup kultu *batch*, *fer-batch* dan kontinu. Pada Bab 7 disajikan media fermentasi dan inokulum di Bab 8 dengan contoh petan kultur sederhana pada kakao di Bab 9. Bab ini diakhir dengan teknik pemurnian (Bab 10) dan aspek halal dalam mikrobiologi industri pangan (Bab 11).

Buku ini disusun atas kolaborasi dosen Universitas Brawijaya dan dosen Universitas Mulawarman. Ucapan terimakasih ditujukan kepada kemenristekdikti yang telah memfasilitasi penulisan buku ini melalui program Hibah Dosen Merenung 2019 dan pada IsDB (Islamic Development Bank) yang telah membantu penerbitan buku ini. Ucapan terimakasih tak lupa kami sampaikan kepada Rektor Universitas Brawijaya dan dekan

Fakultas Teknologi Pertanian UB yang telah mengizinkan kami mengikuti program Dosen Merenung ini dan pada Dekan Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman yang telah berkenan menjadi mitra program ini.

Buku ini kemungkinan masih banyak kekurangan, terlebih dengan pesatnya perkembangan pengetahuan di teknologi fermentasi. Oleh sebab itu penulis berharap adanya saran dan tambahan informasi untuk perbaikan di kemudian hari. Semoga buku ini menambah khasanah di bidang mikrobiologi dan fermentasi serta membantu mahasiswa, peneliti, pengajar ataupun masyarakat pada umumnya.

Samarinda, November 2019

Penulis

# KATA PENGANTAR

Mata kuliah Mikrobiologi dan juga Teknik Fermentasi menjadi mata kuliah yang penting di Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan ataupun Teknologi Hasil Pertanian. Hal ini disebabkan banyak produk pangan tidak dapat lepas dari keterlibatan mikroorganisme baik yang berperan dalam proses ataupun yang menyebabkan kerusakan. Dalam mata kuliah ini dipelajari peran mikroorganisme dalam fermentasi terutama pemanfaatannya. Saat ini produk berbasis mikroorganisme makin banyak ragamnya, mulai dari produk pangan hingga produk lingkungan.

Banyaknya peran mikroorganismenya di bidang industri menjadikan mata kuliah ini semakin dibutuhkan untuk diketahui dan menjadi pegangan awal yang dapat digunakan saat mulai kerja di era global.

Dalam buku ini juga akan dibicarakan produk-produk fermentasi *local* dan bagaimana masyarakat menjadikan produk tersebut dapat bertahan hingga sekarang dan kemungkinan meningkatkan kualitasnya sehingga dapat bersaing di era global.

Besar harapan kami buku ini dapat membekali pengetahuan bagi mahasiswa dan masyarakat umum yang memiliki keinginan mengembangkan produk fermentasi

Ucapan terimakasih ditujukan kepada Kementerian Riset dan Teknologi melalui program Dosen Merenung yang telah memfasilitasi pengerjaan sehingga buku ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya.

Samarinda, November 2019

Penulis

# DAFTAR ISI

PENGANTAR PENULIS .....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
BAB 1. Pendahuluan .....	1
1.1 Pengertian Fermentasi.....	2
1.2 Sejarah .....	3
1.3 Ilmu dasar yang mendukung Teknologi Fermentasi.....	5
1.4 Faktor Penting dalam pemanfaatan mikroorganisme.....	6
1.5 Produk-produk Fermentasi .....	9
BAB 2. Prinsip Fermentasi .....	17
2.1 Pertumbuhan.....	17
2.2 Faktor-faktor yang berpengaruh dalam Fermentasi .....	29
2.3 Model Pertumbuhan .....	33
BAB 3. Produk–Produk Fermentasi.....	37
3.1 Tempe .....	37
3.2 Kecap .....	41
3.3 Fermentasi Susu.....	42
3.4 Wine .....	43
3.5 Beer .....	45
3.6 Tape .....	47
3.7 Mandai.....	49



BAB 4. Perilaku Agen Biologi dalam Fermentasi.....	51
4.1 Kelebihan mikroorganisme sebagai pabrik biokimia .....	51
4.2 Menentukan pertumbuhan agen biologi dalam fermentasi.....	52
4.3 Metabolisme mikroba untuk mendapatkan energi .....	53
4.4 Jalur metabolisme dalam sel mikroorganisme .....	56
4.5 Jalur-jalur fermentasi dan produknya .....	66
BAB 5. Regulasi Metabolisme.....	75
5.1 Pengaturan metabolisme mikroorganisme.....	76
5.2 Enzim sebagai katalis fermentasi .....	79
5.3 Regulasi metabolisme melalui penghambatan enzimatik (feedback inhibition).....	85
5.4 Regulasi metabolisme melalui regulasi ekspresi gen dengan mekanisme operon .....	88
BAB 6. Metode dan Kinetika Fermentasi.....	91
6.1 Kultur Batch .....	91
6.2 Kultur fed-batch .....	96
6.3 Kultur kontinyu .....	99
BAB 7. Media Fermentasi .....	101
7.1 Sumber Karbon .....	102
7.2 Sumber Nitrogen .....	107
7.3 Faktor Tumbuh.....	108
7.4 Garam Mineral.....	109
7.5 Media untuk pertumbuhan .....	110
7.6 Media untuk pilot plant .....	110
7.7 Media produksi.....	111

BAB 8. Inokulum .....	113
8.1 Isolasi dan Seleksi Mikrobia .....	114
8.2 Seleksi isolat .....	119
8.3 Pemeliharaan isolat .....	120
8.4 Pengembangan Inokulum .....	121
8.5 Pengendalian Metabolisme .....	121
8.6 Perbaikan strain .....	124
BAB 9. Peranan Kultur Pemula Sederhana dalam Fermentasi Kakao Lokal Kalimantan .....	131
9.1 Pendahuluan .....	131
9.2 Ekonomi kakao .....	132
9.3 Fermentasi Biji Kakao .....	135
9.4 Penggunaan Kultur Pemula Sederhana .....	140
BAB 10. Teknik Pemurnian Produk Fermentasi .....	147
10.1 Pendahuluan .....	147
10.2 Filtrasi .....	148
10.3 Sentrifugasi .....	152
10.4 Koagulasi dan Flokulasi .....	157
10.5 Presipitasi .....	158
10.6 Pervaporasi .....	159
10.7 Pemurnian Asam Sitrat .....	161
BAB 11. Aspek Kehalalan Dalam Mikrobiologi Industri Pangan .....	163
11.1 Pemanfaatan mikrobiologi di dunia industri pangan .....	164
11.2 Aspek kehalalan produk mikrobial .....	168
11.3 Penutup .....	176

DAFTAR PUSTAKA .....	179
GLOSARIUM.....	199
INDEKS .....	201
BIOGRAFI PENULIS.....	205

# BAB 11.

## Aspek Kehalalan Dalam Mikrobiologi Industri Pangan

**Sulistyo Prabowo**

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian,  
Universitas Mulawarman

Bidang teknologi hasil pertanian boleh dibidang merupakan gabungan berbagai disiplin ilmu yang sangat lengkap mulai dari ilmu dasar eksakta (*hard science*) seperti agronomi, biologi, kimia, fisika, mikrobiologi, keteknikan, dengan ilmu sosial (*soft science*) seperti ekonomi, psikologi, manajemen, dan sebagainya. Hasil pertanian sendiri mempunyai cakupan yang sangat luas dalam kehidupan manusia, namun secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi hasil pertanian untuk kebutuhan pemenuhan non pangan dan pangan.

Hasil pertanian non pangan seringkali masuk dalam ranah hasil perkebunan, misalnya karet, tembakau, kina dan sebagainya. Sementara untuk hasil pertanian pangan tidak terhitung banyaknya. Pembagian ini tentu saja tidak setegas membagi wilayah kekuasaan, karena ada juga hasil perkebunan yang peruntukannya untuk pangan maupun non pangan seperti kelapa sawit.

Hal yang paling mengasyikan untuk dipelajari dalam teknologi hasil pertanian adalah ranah ilmu pangan. Semua makhluk hidup perlu makan. Dalam sekali

masa kehidupan manusia modern, mungkin hanya beberapa kali saja dia membutuhkan bantuan keahlian seorang dokter, arsitek, pilot, polisi, pengacara dan sebagainya. Namun hampir dipastikan bahwa setiap saat dia akan membutuhkan ahli yang menyediakan rantai produksi pangan mulai dari petani di sawah sampai pelayan di meja makan. Karena itulah ilmu pangan ini menjadi ilmu yang 'ngga ada matinye'.

Ilmu pangan sangat penting untuk kesuksesan industri makanan, karena membantu mengembangkan ribuan produk yang membuat hidup lebih baik bagi konsumen saat ini. Banyak perusahaan menganggap penelitian di bidang ini sebagai investasi yang menguntungkan. Pun berkat ilmu pangan, konsumen dimanapun sekarang dapat merasakan berbagai produk makanan dari seluruh dunia tanpa harus pergi ke negara pembuatnya.

## 11.1 Pemanfaatan Mikrobiologi Di Dunia Industri Pangan

Dari manakah sumber vitamin C berasal? Coba tanyakan kepada orang awam yang anda temui di jalan. Sebagian besar mereka (kebanyakan) akan menjawab buah-buahan, lebih spesifik adalah jeruk. Baiklah, mari kita tanya lebih lanjut. Berapa kandungan vitamin C dalam buah jeruk? Ternyata kandungan vitamin C buah jeruk sekitar 60 mg per buah. Pertanyaan berikutnya, jika anda pernah makan tablet hisap vitamin C, maka kandungan vitamin C-nya adalah 500 mg. Berapa butir jeruk dibutuhkan untuk mendapatkan 1 butir tablet hisap vitamin C? Dalam proses yang sangat efisien akan diperlukan 8–9 butir jeruk. Jika dalam sehari diproduksi 1.000 butir, artinya dibutuhkan 8.000–9.000 butir jeruk. Dari mana kebutuhan buah jeruk tersebut berasal agar proses produksi terpenuhi? Belum lagi industri minuman kesehatan vitamin C yang kandungannya sampai 1000 mg/botol. Jika bukan dari buah-buahan, maka dari mana kebutuhan vitamin C-nya?

Produk mikrobial adalah jawabannya. Teknologi ‘makhluk gaib’ ini sudah menghasilkan ribuan produk bahan pangan. Dalam industri vitamin C seperti contoh di atas, digunakan kultur strain *Gluconobacteria oxydans*, *Bacillus endophytidus* dan *Ketogulonogenium vulgare* dalam media dan proses yang sangat spesifik.

Produk mikrobial adalah produk yang dihasilkan oleh mikroorganisme, ganggang atau bagian dari mikroorganisme seperti enzim. Dalam industri pangan maupun non pangan saat ini, banyak sekali produk mikrobial yang telah dikenal, misalnya keju, yoghurt, pickel, *sauerkraut* (asinan sayur), kecap, minuman beralkohol (*beer*, *wine*, sake, arak, tuak dan lain-lain), pewarna (“angkak”), sirup glukosa/*high fructose syrup* (HFS), pengental (xanthan gum, alginat, dan lain-lain), protein sel tunggal, probiotik, asam organik (asam asetat, asam laktat, dan lain-lain), pelarut (etanol, aseton dan lain-lain), asam amino, enzim, biosurfaktan, penguat rasa (monosodium glutamat, ribotida), antibiotik, insulin, interferon, steroid, Vitamin (B2, B12, C dan lain-lain), vaksin (meningitis, dan lain-lain), suplemen pangan (Spirulina, Chlorella) dan masih banyak lagi (lihat Tabel 11.1).

### a. Sertifikasi halal

Perkembangan populasi umat Islam di dunia secara langsung memengaruhi juga aspek sosial dan budaya di tempat mereka tinggal. Pemeluk agama Islam (muslim) yang taat akan senantiasa mendasarkan perilaku dan tindakan mereka sesuai dengan apa yang diajarkan dalam agamanya. Salah satu hal mendasar adalah aturan halal dan haram. Halal adalah segala sesuatu yang diperbolehkan, kebalikannya, haram adalah segala sesuatu yang dilarang. Panduan umum untuk mengkonsumsi bahan yang halal telah dijelaskan dalam Al-Quran dan Al Hadits. Produk-produk yang belum jelas disebutkan dalam Al-Quran dan Al Hadits dan dalam proses produksinya telah tersentuh oleh teknologi, maka hukumnya menjadi *subhat* (meragukan). Oleh karena itu, status hukum atas suatu produk menjadi informasi yang sangat penting sebagai dasar konsumen muslim untuk memilih produk yang akan dikonsumsinya (LPPOM MUI 2012).

Bagi orang Indonesia yang tidak terbiasa berbahasa Arab, halal dan haram lebih dimaknai sebagai hal yang berkaitan dengan makanan dan minuman yang boleh dan tidak boleh dikonsumsi. Padahal, halal haram ini berkaitan dengan ranah yang lebih luas mencakup tingkah laku dan perbuatan, pakaian, cara mendapatkan harta dan sebagainya. Pemahaman ini dapat dimaklumi karena memang perkembangan isu yang terkini berkaitan halal haram adalah sertifikasi halal makan dan minuman. Terlebih lagi di Indonesia sudah diberlakukan UU No. 33 tahun 2014 tentang jaminan produk halal.

Sertifikasi halal merupakan proses untuk memperoleh sertifikat halal melalui tahapan yang membuktikan bahwa perusahaan telah memenuhi persyaratan untuk mendapatkan fatwa tertulis oleh majelis ulama melalui keputusan sidang komisi fatwa setelah dilakukan audit oleh lembaga pemeriksa halal. Dengan sertifikat halal, perusahaan melakukan klaim bahwa produknya halal dan aman untuk dikonsumsi oleh orang Islam. Di Indonesia, fatwa halal (berupa sertifikat) dikeluarkan oleh Majelis Ulama Indonesia (MUI).

Tabel 11.1 Industri yang memanfaatkan mikrobia

Nama	Organisme	Tipe Produk
<b>Kimia Industri</b>		
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Yeast	Ethanol (dari glukosa)
<i>Kluyveromyces fragilis</i>	Yeast	Ethanol (dari laktosa)
<i>Clostridium acetobutylicum</i>	Bakteri	Acetone and butanol
<i>Aspergillus niger</i>	Kapang	<i>Citric acid</i>
<i>Xanthomonas campestris</i>	Bakteri	Polysaccharides
<b>Bakteri Entomopatogenic</b>		
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Bakteri	Bioinsektisida
<i>Bacillus popilliae</i>	Bakteri	Bioinsektisida
<b>Asam amino, Nukleotida dan asam penguat-rasa</b>		
<i>CoryneBakteri glutamicum</i>	Bakteri	I-Lisin
<i>CoryneBakteri glutamicum</i>	Bakteri	Asam 5'-Inosinat dan asam 5'-guanilat; glutamat

Tabel 11.1 Industri yang memanfaatkan mikrobia (lanjutan)

Nama	Organisme	Tipe Produk
<b>Single-Cell Proteins</b>		
<i>Candida utilis</i>	Yeast	Protein mikrobia dari limbah pulp kertas
<i>Saccharomycopsis lipolytica</i>	Yeast	Protein mikrobia dari alkana petroleum
<i>Methylophilus methylotrophus</i>	Bakteri	Protein mikrobia dari pertumbuhan dalam metana atau metanol
<b>Makanan dan Minuman</b>		
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Yeast	Baker's yeast, wine, ale, sake
<i>Saccharomyces carlsbergensis</i>	Yeast	Lager beer
<i>Saccharomyces rouxii</i>	Yeast	Soy sauce
<i>Candida milleri</i>	Yeast	Sour French bread
<i>Lactobacillus sanfrancisco</i>	Bakteri	Sour French bread
<i>Streptococcus thermophilus</i>	Bakteri	Yoghurt
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Bakteri	Yoghurt
<i>PropioniBakteri shermanii</i>	Bakteri	Swiss cheese
<i>Gluconobacter suboxidans</i>	Bakteri	Cuka
<i>Penicillium roquefortii</i>	Kapang	Blue-veined cheeses
<i>Penicillium camembertii</i>	Kapang	Camembert dan Brie cheeses
<i>Aspergillus oryzae</i>	Kapang	Sake (hidrolisa pati beras)
<i>Rhizopus</i>	Kapang	Tempe
<i>Mucor</i>	Kapang	Sufu (soybean curd)
<i>Monascus purpurea</i>	Kapang	Ang-Kak (beras merah)
<b>Vitamins</b>		
<i>Eremothecium ashbyi</i>	Yeast	Riboflavin
<i>Pseudomonas denitrifi cans</i>	Bakteri	Vitamin B 12
<i>PropioniBakteri</i>	Bakteri	Vitamin B 12
<b>Polysaccharides</b>		
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Bakteri	Dextran
<i>Xanthomonas campestris</i>	Bakteri	Xanthan gum



Tabel 11.1 Industri yang memanfaatkan mikrobia (lanjutan)

Nama	Organisme	Tipe Produk
<b>Pharmaceuticals</b>		
<i>Penicillium chrysogenum</i>	Kapang	Penicillins
<i>Cephalosporium acremonium</i>	Kapang	Cephalosporins
<i>Streptomyces</i>	Bakteri	Amphotericin B, kanamycins, neomycins, streptomycin, tetracyclines, and others
<i>Bacillus brevis</i>	Bakteri	Gramicidin S
<i>Bacillus subtilis</i>	Bakteri	Bacitracin
<i>Bacillus polymyxa</i>	Bakteri	Polymyxin B
<i>Rhizopus nigricans</i>	Kapang	Steroid transformation
<i>Arthrobacter simplex</i>	Bakteri	Steroid transformation
<i>Mycobakteri</i>	Bakteri	Steroid transformation
<i>Hybridomas</i>	Mamalia	Immunoglobulin dan monoclonal antibodies
<i>Mammalian cell lines</i>	Mamalia	Interferon
<i>Escherichia coli (melalui teknologi DNA- rekombinan)</i>	Bakteri	Insulin, human growth hormone, somatostatin, interferon
<b>Karotenoid</b>		
<i>Blakesiea trispora</i>	Kapang	Beta-Carotene
<i>Phaffi a rhodozyma</i>	Yeast	Astaxanthin

Sumber : Mosier dan Ladisch 2009

## 11.2 Aspek Kehalalan Produk Mikrobial

Dalam sertifikasi halal dikenal istilah identifikasi aktivitas dan bahan kritis. Aktivitas kritis adalah aktivitas pada rantai proses produksi yang dapat mempengaruhi status kehalalan suatu produk. Contoh aktivitas kritis yaitu seleksi bahan baru, pembelian bahan, formulasi produk, pemeriksaan bahan datang, produksi, pencucian fasilitas produksi dan peralatan pembantu, penyimpanan dan penanganan, transportasi, pemajangan (*display*), penyembelihan hewan, dan lain-lain. Sementara bahan kritis adalah bahan yang berpotensi tidak halal, baik dari sumber maupun proses produksinya.

Risalah hukum syar'i penggunaan mikroba dan produk mikrobial dalam produk pangan di Indonesia telah ditetapkan dalam fatwa Majelis Ulama Indonesia No. 01 tahun 2010, antara lain:

1. Mikroba pada dasarnya halal selama tidak membahayakan dan tidak terkena barang najis.
2. Mikroba yang tumbuh pada media pertumbuhan yang suci hukumnya halal.
3. Mikroba yang tumbuh pada media pertumbuhan yang najis apabila dapat dipisahkan antara mikroba dan medianya maka hukumnya halal setelah disucikan.
4. Produk mikrobial dari mikroba yang tumbuh pada media pertumbuhan yang suci hukumnya halal
5. Produk mikrobial dari mikroba yang tumbuh pada media pertumbuhan yang najis, apabila dapat dipisahkan antara mikroba dan medianya maka hukumnya halal setelah disucikan.
6. Mikroba dan produk mikrobial dari mikroba yang memanfaatkan unsur babi sebagai media pertumbuhan hukumnya haram.
7. Mikroba dan produk mikrobial dari mikroba yang tumbuh pada media pertumbuhan yang terkena najis kemudian disucikan secara syar'i (*tathhir syar'an*), yakni melalui produksi dengan komponen air *mutlaq* minimal dua *qullah* (setara dengan 270 liter) hukumnya halal.

Untuk menerjemahkan aturan syar'i di atas, MUI membentuk lembaga otonom yang diberi nama Lembaga Pengkajian Pangan Obat-obatan dan Kosmetika (LPPOM). Menurut standar yang dikeluarkan oleh LPPOM tahun 2012 ada beberapa persyaratan bahan produk mikrobial agar dapat difatwakan halal:

1. Persyaratan Umum
  - a. Bahan tidak berasal dari babi atau turunannya.
  - b. Bahan tidak mengandung bahan dari babi atau turunannya.
  - c. Bahan bukan merupakan khamr (minuman beralkohol) atau turunan khamr yang dipisahkan secara fisik.

- d. Bahan tidak mengandung khamr (minuman beralkohol) atau turunan khamr yang dipisahkan secara fisik.
  - e. Bahan bukan merupakan darah, bangkai dan bagian dari tubuh manusia.
  - f. Bahan tidak mengandung darah, bangkai dan bagian dari tubuh manusia.
  - g. Bahan tidak boleh dihasilkan dari fasilitas produksi yang juga digunakan untuk membuat produk yang menggunakan babi atau turunannya sebagai salah satu bahannya.
  - h. Bahan tidak bercampur dengan bahan haram atau najis yang dapat berasal dari bahan tambahan, bahan penolong dan fasilitas produksi.
  - i. Bahan yang memiliki potensi/kemungkinan diproduksi di fasilitas yang sama dengan bahan dari babi atau turunannya, harus disertai pernyataan *pork free facility* dari produsennya.
  - j. Perusahaan yang menerapkan pengkodean terhadap bahan atau produk harus dapat menjamin masih dapat ditelusuri dengan jelas, baik terhadap bahan yang digunakan, produsen maupun status halal dari masing-masing bahan. Pengkodean juga harus menjamin barang dengan kode yang sama berstatus halal yang sama.
2. Persyaratan Bahan Mikrobial
- a. Bahan tidak menyebabkan infeksi dan intoksikasi pada manusia.
  - b. Media pertumbuhan, bahan aditif dan bahan penolong tidak mengandung bahan yang berasal dari babi atau turunannya.
  - c. Bahan mikrobial yang diperoleh tanpa pemisahan dari media pertumbuhannya, maka media pertumbuhan harus menggunakan bahan yang suci dan halal.
  - d. Bahan mikrobial yang diperoleh dengan pemisahan dari media pertumbuhannya, bila media pertumbuhan menggunakan bahan yang haram dan najis selain babi dan turunannya maka dalam

tahapan proses selanjutnya bahan tersebut harus melalui proses pencucian yang memenuhi kaidah syar'i (*tathhir syar'an*).

- e. Bahan mikrobial yang menggunakan mikroba rekombinan, maka mikroba yang bersangkutan tidak boleh menggunakan gen yang berasal dari babi atau manusia.
3. Persyaratan Alkohol/Etanol
    - a. Alkohol adalah senyawa kimia dengan gugus -OH. (contoh etanol rumus  $C_2H_5OH$ ).
    - b. Alkohol tidak berasal dari industri *khamr* (minuman beralkohol). Etanol yang berasal dari industri *khamr* tidak boleh digunakan untuk produksi halal
    - c. Penggunaan alkohol pada proses produksi produk makanan dan minuman diperbolehkan apabila kadar alkohol pada produk akhir tidak terdeteksi dan kadar alkohol pada produk intermediet/ produk antara (produk yang tidak dikonsumsi langsung) yang disertifikasi tidak lebih dari 1%.
    - d. Etanol yang bukan dari industri *khamr*, misalnya dari fermentasi singkong atau molases, dapat digunakan untuk produksi halal. Etanol ini dapat digunakan sebagai bahan untuk sanitasi, pelarut atau kegunaan lainnya.
    - e. Untuk dapat disertifikasi halal, kadar etanol produk harus memenuhi persyaratan berikut:
      - Produk minuman: kurang dari 0,5%
      - Produk makanan, misal vinegar dan sayuran hasil fermentasi: tidak ada batas selama tidak membahayakan kesehatan
      - Produk obat dan kosmetika: tidak ada batas
  4. Persyaratan Hasil Samping Industri *Khamr*
    - a. Hasil samping industri *khamr* (minuman beralkohol) atau turunannya yang berbentuk cair yang dipisahkan secara fisik tidak boleh digunakan.

- b. Hasil samping industri *khamr* (minuman beralkohol) atau turunannya yang berbentuk padat, misalnya *brewer yeast*, boleh digunakan setelah dilakukan melalui proses pencucian yang memenuhi kaidah *syar'i* (*tathhir syar'an*).
- c. Hasil samping industri *khamr* (minuman beralkohol) atau turunannya dapat digunakan jika bahan/produk tersebut telah direaksikan lebih lanjut sehingga menghasilkan senyawa baru melalui reaksi kimiawi ataupun biotransformasi (menggunakan enzim atau mikroba).

Berdasarkan acuan yang telah dikeluarkan oleh Komisi Fatwa MUI, maka ada beberapa bahan dalam produk mikrobial yang harus dicermati kehalalannya di antaranya adalah:

1. *Khamr*. Titik kritis produk mikrobial yang sudah jelas disebutkan haram dalam Al-Qur'an, yaitu *khamr*. *Khamr* adalah hasil fermentasi bahan yang mengandung pati atau gula oleh khamir (*ragi*) menjadi produk beralkohol.
2. Produk Hasil Samping Industri Minuman Beralkohol dan Turunannya  
Bahan-bahan ini digunakan sebagai bahan penyusun flavor dan juga sering digunakan dalam industri pangan, obat-obatan dan kosmetika. Produk/bahan hasil samping industri minuman beralkohol beserta turunannya berstatus haram jika cara memperolehnya hanya melalui pemisahan secara fisik dan produk masih memiliki sifat *khamr*. Akan tetapi jika bahan/produk tersebut direaksikan secara kimiawi sehingga menghasilkan senyawa baru, maka senyawa baru yang telah mengalami perubahan kimiawi statusnya menjadi halal. Beberapa contoh produk hasil samping industri minuman beralkohol dan turunannya yang merupakan bahan kritis:
  - a. *Cognac oil* (merupakan hasil samping distilasi *cognac/brandy*)
  - b. *Fusel oil* (merupakan hasil samping *distilled beverages*) dan turunannya seperti isoamil alkohol, isobutil alkohol, propil alkohol, gliserol, asetaldehid, 2,3 butanadiol, aseton dan diasetil dan sebagainya)

- c. *Brewer yeast* (merupakan hasil samping industri bir)
- d. *Tartaric Acid* (hasil samping industri *wine*)
3. Produk mikrobial (yang dapat dipisahkan dari media pertumbuhannya) yang menggunakan media pertumbuhan dari bahan yang haram dan/atau *najis mutawassithah* (najis sedang), misalnya darah, pepton, boleh digunakan setelah dilakukan pencucian produk secara syar'i (*tathhir syar'an*).
4. Produk mikrobial (yang berbentuk padat) yang berasal dari hasil samping minuman beralkohol (*khamr*). Boleh digunakan setelah dilakukan pencucian produk secara syar'i (*tathhir syar'an*).
5. Produk mikrobial yang dalam proses pembuatannya menggunakan bahan tambahan dan/atau penolong yang kritis, misalnya enzim dari jaringan hewan, antibusa dari minyak/ lemak hewan, dan lainnya
6. Produk mikroba rekombinan yang menggunakan gen yang berasal dari bahan kritis, misalnya gen dari jaringan hewan.
7. Produk mikrobial *mutanajjis* adalah produk mikrobial yang terkena bahan najis. Agar dapat digunakan, produk mikrobial *mutanajjis* harus berbentuk padat sehingga dapat dipisahkan antara mikroba dan bahan najisnya, kemudian dilakukan pencucian secara syar'i (*tathhir syar'an*). Contoh dari produk mikrobial *mutanajjis* yaitu mikroba yang tumbuh pada media pertumbuhan yang mengandung darah/*beef extract*/pepton, ekstrak ragi dari sisa pengolahan minuman beralkohol.

Ada dua cara pencucian produk mikrobial *mutanajjis* secara syar'i yaitu dengan mengucurinya menggunakan air hingga hilang rasa, bau dan warna dari bahan najisnya, atau mencucinya di dalam air yang banyak hingga hilang rasa, bau dan warna dari bahan najisnya.

Yang dimaksud dengan bahan najis di atas adalah najis *mutawassithah* (najis sedang), yaitu najis yang ditimbulkan karena bersentuhan dengan barang najis selain najis *mukhaffafah* (najis air seni bayi laki-laki sebelum usia dua tahun yang hanya mengonsumsi ASI), dan najis *mughallazhah* (najis babi, anjing atau turunan keduanya). Apabila

telah dilakukan pencucian secara maksimal, akan tetapi salah satu dari bau atau warna bahan najisnya tetap ada karena sulit dihilangkan maka hukumnya suci dan halal dikonsumsi. Jika pencucian melibatkan bahan lain selain air, maka bahan tersebut harus halal atau tidak najis. Bahan pencucian selain air yang kritis misalnya arang aktif dan etanol.

8. Titik kritis lain dalam industri mikrobial adalah bahan penyusun media. Seperti yang kita ketahui tahapan umum proses produksi produk mikrobial adalah penyiapan kultur (*dormant*), reaktivasi, propagasi, inokulum mikroorganisme, fermentasi produk dan pemanenan produk mikrobial. Untuk pengembangan inokulum dan fermentasi produk, mikroorganisme membutuhkan media. Bahan penyusun media bisa berasal dari berbagai sumber seperti terlihat pada Tabel 11.2. Dalam tabel tersebut dapat diketahui ada beberapa bahan yang sumber asalnya harus diwaspadai, khususnya yang bersumber dari hewan.

Tabel 11.2 Karakteristik dan sumber bahan yang digunakan sebagai bahan dasar media

No	Bahan	Sumber
1.	<i>Beef extract</i>	Ekstrak daging sapi yang dikentalkan menjadi pasta
2.	Pepton	Produk hasil hidrolisis bahan berprotein (daging, casein, gelatin) menggunakan asam atau enzim
	a. <i>Acid-hydrolyzed casein</i>	Casein yang dihidrolisis menggunakan asam, contoh : <i>casamino acids</i> (Difco); <i>Hy-case</i> (Sheffield)
	b. <i>Enzymatic (pancreatic) digest of casein</i>	Casein yang dihidrolisis menggunakan enzim Contoh : <i>Casitone</i> (Difco); <i>NZ Amine</i> dan <i>NZ Case</i> (Sheffield); <i>Trypticase peptone</i> (BBL) ; <i>Tryptone</i> (Difco dan Oxoid)
	c. <i>Enzymatic digest of meat protein</i>	Protein daging yang dihidrolisis menggunakan enzim. Contoh : <i>Myosate</i> dan <i>Thiotone</i> (BBL), <i>Primatone</i> (Sheffield), <i>Bactopeptone</i> dan <i>proteose peptone</i> (Difco), <i>Bacteriological peptone</i> dan <i>Proteose peptone</i> (Oxoid)

No	Bahan	Sumber
	d. <i>Enzymatic digest of plant (soy) protein</i>	Protein tanaman (kedelai) yang dihidrolisis menggunakan enzim. Contoh : Phytone (BBL), <i>Soytone</i> (Difco), <i>Soyapeptone</i> (Oxoid), NZ Soy peptone ( <i>Sheffield</i> )
3.	<i>Mixed hydrolysate</i>	Biosate ( <i>yeast extract and casein digest</i> , BBL); <i>Polypeptone (casein and meat digest</i> , BBL); <i>Tryptone (mixed-enzymatic source</i> , Difco dan Oxoid)
4.	Ekstrak Khamir	Ekstrak sel khamir yang dikeringkan dalam bentuk bubuk
5.	Agar	Karbohidrat kompleks dari ganggang laut

Sumber : LPPOM MUI (2012)

9. Enzim. Enzim yang digunakan dalam proses mikrobial juga dapat bersumber dari hewan seperti dalam Tabel 11.3. berikut.

Tabel 11.3 Jenis enzim dan sumbernya

Enzim	Sumber
$\alpha$ -amylase	Pankreas sapi atau babi
Lipase/ <i>Fatty acid esterase</i>	Pankreas sapi atau babi
Phospholipase A	Pankreas babi
Protease (Trypsin)	Pankreas sapi atau babi
Chymotrypsin	Pankreas sapi atau babi
Protease (Pepsin)	Lambung sapi atau babi
Rennet	Abomasum (lambung) anak sapi
Aminoacylase	Ginjal babi
Catalase	Hati binatang
Amino acid oxidase	Ginjal babi, atau bisa ular
Chloroperoxidase	Jaringan mamalia

Sumber : LPPOM MUI (2012)



## 10. Bahan penolong

Bahan penolong adalah bahan yang digunakan dalam proses produksi namun bisa tidak ikut dalam hasil akhir.

- a. **Antifoam (anti buih).** Buih merupakan problem pada fermentasi karena dapat menyebabkan hilangnya sel dari media (*autolysis*) sehingga perlu digunakan antibusa. Contoh bahan anti busa adalah silikon, sulphonates, esters, dan lemak binatang (*lard*) atau asam lemaknya.
- b. **Karbon aktif.** Karbon aktif dapat berasal dari kayu, tempurung kelapa atau tulang hewan yang diarangkan dan diaktivasi untuk memperbesar pori-porinya.
- c. **Harvesting aid** untuk spora kapang menggunakan Tween 80 sebagai *surface active agent* (senyawa sorbitan ester dan ethylene oxide).

## 11. Mikroba rekombinan dengan gen bahan haram. Contoh produk-produk mikroba rekombinan:

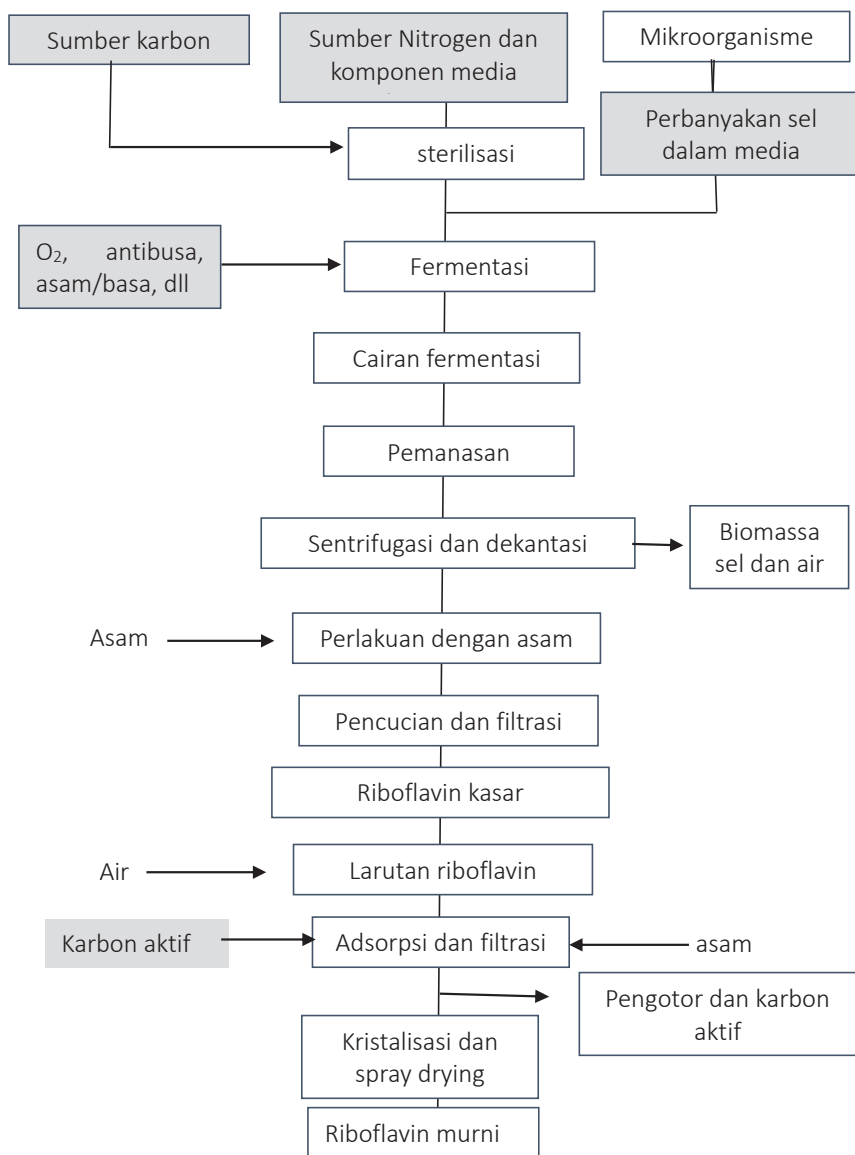
- a. Hormon insulin yang dihasilkan oleh *E. coli* rekombinan dengan gen dari jaringan pankreas babi.
- b. Hormon pertumbuhan (*human growth hormone*) yang dihasilkan oleh *E. coli* rekombinan dengan gen dari manusia.
- c. Enzim alpha amylase rekombinan dari gen kelenjar ludah manusia dengan *S. cerevisiae*.

Untuk memberikan gambaran di bagian mana proses produksi mikrobial membutuhkan kecermatan berkenaan dengan kehalalan bahan, maka diagram alir pada Gambar 11.1 merupakan contoh proses produksi riboflavin. Titik kritis ditandai dengan bagian yang berwarna abu-abu.

## 11.3 Penutup

Industri pangan dan minuman merupakan industri yang akan selalu dibutuhkan sepanjang kehidupan manusia. Perkembangan teknologi dan globalisasi di semua aspek menyebabkan banyak hal yang tidak semuanya

menjadi mudah dipahami oleh konsumen. Berkaitan dengan agama dan keyakinan, masalah ini akan berpotensi menjadi urusan yang pelik. Halal adalah salah satu contoh yang paling mengemuka. Belum banyak tulisan yang mengulas aspek kehalalan bahan hasil industri yang memanfaatkan mikroorganisme. Dengan membaca bab ini diharapkan sudah mulai memberikan gambaran mendasar yang akan memantik keinginan dan kesadaran untuk selalu berusaha memastikan kehalalan bahan yang akan dikonsumsi.



Gambar 11.1 Diagram alir produksi riboflavin murni

# DAFTAR PUSTAKA

- Abarca ML, Bragulat MR, Castella G, Cabanes FJ. 1994. Ochratoxin A production by strains of *Aspergillus niger var niger*. *Applied and Environmental Microbiology* 60: 2650–2652.
- Aguirre Ld, Hurst SF, Choi JS, Shin JH, Hinrikson HP, Morrison CJ. 2004. Rapid differentiation of *Aspergillus* species from other medically important opportunistic moulds and yeasts by PCR enzyme immunoassay. *J. Clinical Microbiology* 42(8): 3495–3504.
- Ahmad MS, Zafar S, Bibi M, Bano S, Atia-tul-Wahab, Atta-ur-Rahman, Choudhary MI. 2014. Biotransformation of androgenic steroid mesterolone with *Cunninghamella blakesleeana* and *Macrospora phaseolina*. *Steroids* 82: 53–59
- Amir EJ, Grandegger K, Esper A, Sumarsono M, Djaya C, Muhlbauer W. 1991. "Development of multi-purpose solar tunnel dryer for use in humid tropics." *Renewable Energy* 1(2): 167–176.
- Amsellem Z, Zidack NK, Quimby JrP, Gressel J. 1999. Long-term dry preservation of viable mycelia of two mycoherbicidal organisms. *Crop Protection* 18: 643–649.
- Angumeenal A, Kamalakannan P, Prabhu SV, Venkappayya D. 2003. Effect of transition metal cations on the production of citric acid using mixed cultures of *Aspergillus niger* and *Candida guilliermondii*. *J. Indian Chem Soc.* 80: 903–906
- Angumeenal A, Venkappayya D. 2013. An overview of citric acid production. *LWT-Food Sci technol.* 50: 367-370.
- Anonymous. 2007. "Cocoa Merchantable Quality." Retrieved 02 October, 2007, from <http://www.unctad.org/infocomm/anglais/cocoa/quality>.

- Ardhana MM. 1990. Microbial ecology and biochemistry of cocoa bean fermentations. Chemical Sciences and Engineering. Sydney, the University of New South Wales. PhD Thesis.
- Ardhana MM, Fleet GH. 2003. The microbial ecology of cocoa bean fermentations in Indonesia. *International J. Food Microbiology* 86: 87–99.
- Assaf H, Azouri H, Pallardy M. 2004. Ochratoxin A induces apoptosis in human lymphocytes through down regulation of Bcl-XL. *Toxicological Sciences* 79: 335-344.
- Atif M, Shah AAA, Sultan S, Choudhary MI. 2011. Solid phase microbial fermentation of anabolic steroid, dihydrotestosterone with ascomycete fungus fusarium oxysporum. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 7(4): 104–107.
- Atsumi S, Liao JC. 2008. Metabolic engineering for advanced biofuels production from *Escherichia coli*. *Current Opinion in Biotechnology* 19:414–419
- Bacon CW, Sweeney JG, Robbins JD, Burdick D. 1973. Production of penicillic acid and ochratoxin a on poultry feed by *aspergillus ochraceus*: temperature and moisture requirements. *Applied Microbiology* 26(2): 155–160.
- Baei MS, Mahmoudi M, Yunesi H. 2008. A kinetic model for citric acid production from apple pomace by *Aspergillus niger*. *African J. Biotechnol* 7 (19): 3487–3489.
- Bankole SA, Ogunsanwo BM, Eseigbe DA. 2005. Aflatoxins in Nigerian dry-roasted groundnuts." *Food Chemistry* 89: 503–506.
- Barata A, Caldeira J, Otelheiro RB, Pagliara D, Malfeito-Ferreira M, Loureiro V. 2008. Survival patterns of *Dekkera bruxellensis* in wines and inhibitory effect of sulphur dioxide. *International Journal of Food Microbiology* 121: 201–207.
- Batista LR, Chalfoun SM, Prado G, Schwan, RF, Wheals AE. 2003. Toxicogenic fungi with processed (green) coffee bean (*Coffea arabica* L.)." *International J. Food Microbiology* 85(3): 293–300.

- Baudrimont I, Betbeder AM, Creppy EE. 1997. Reduction of the ochratoxin A-induced cytotoxicity in Vero cells by aspartame. *Arch. Toxicol.* 71: 290–298.
- Bayman P, Baker JL, Doster MA, Michailides TM, Mahoney NE. 2002. Ochratoxin production by *Aspergillus ochraceus* group and *Aspergillus alliaceus*. *Applied and Environmental Microbiology* 68: 2326–2329.
- Beckett ST. 2000. Chocolate ingredients. The Science of Chocolate. S. T. Beckett. Cambridge, UK, The Royal Society of Chemistry.
- Biehl B, Passern U, Passern D. 1977. Subcellular structures in fermenting cocoa bean: Effect of aeration and temperature during seed and fragment incubation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 28: 41–52.
- Blake II RC, Shute EA, Greenwood MM, Spencer GH, Ingledew WJ. 1993. Enzymes of aerobic respiration on iron. *FEMS Microbiology Reviews* 11: 9–18.
- Blumenthal CZ. 2004. Production of toxic metabolites *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae* and *Trichoderma reesei*: justification of mycotoxin testing in food grade enzyme preparations derived from the three fungi. *Regulation in Toxicology and Pharmacology* 39: 214–228.
- Boca CD, Nestle SA. 1962. Cocoa bean: quality requirements and methods of assessment. twenty years of confectionery and chocolate progress. c. d. pratt, e. d. vadetsky, k. e. langwill, k. e. mcclosekey and h. w. schuemann. westport, connecticut, avi publishing.
- Buamah R, Dzogbefia VP, Oldham JH. 1997. Pure yeast culture fermentation of cocoa (*Theobroma cacao* L): effect on yield of sweatings and cocoa bean quality. *World J. Microbiology and Biotechnology* 13: 457–462.
- Bueno EM, Bilgen B, Carrier RL, Barabino GA. 2004. Increased rate of chondrocyte aggregation in a wavy-walled bioreactor. *Biotechnology and Bioengineering* 88(6): 767–777.

- Calvo AM, Wilson RA, JBok JW, Keller NP. 2002. Relationship between Secondary Metabolism and Fungal Development. *Microbiology And Molecular Biology Reviews* 66(3): 447–459.
- Camu N, Winter TD, Cleenwerck KVI, Takrama PVJS, Vacanneyt M, Vuyst LD. 2007. Dynamics and biodiversity of populations of lactic acid bacteria and acetic acid bacteria involved in spontaneous heap fermentation of cocoa bean in Ghana. *Applied and Environmental Microbiology* 73(6): 1809–1824.
- Carr JG. 1982. Cocoa. Economic Microbiology. A. H. Rose. London, Academic Press. 7.
- Chatt EM. 1953. Fermentation and Drying. New York, Interscience Publishers.
- Chauw M. 2007. Successional growth of yeast during cocoa bean fermentation. Chemical Sciences and Engineering. Sydney, the University of New South Wales. Honours.
- Chaytor JP, Saxby MJ. 1981. Determination of patulin and penicillic acid in unroasted cocoa bean. *J. Chromatography* 214: 135–139.
- Cheba BA, Zaghout TI, El-Mahdy AR, El-Massry MH. 2018. Effect of Nitrogen Source and Fermentation Conditions on *Bacillus* sp R2 Chitinase Production. *Procedia Manufacturing* 22: 280–287.
- Chelkowski J, Samson RA, Wiewiorowska M, Golinski P. 1987. "Ochratoxin A formation by isolated strains of the conidial stage of *Aspergillus glaucus* Link ex Grey (5 *Eurotium herbariorum* Wiggers Link ex Grey) from cereal grains." *Die Nahrung* 31: 267-270.
- Chen H-C, Hu Y-C., 2006. Bioreactors for tissue engineering. *Biotechnology Letters*. 28(18): 1415–1423.
- Chen Z, Bommareddy RR, Frank D, Rappert S, Zeng, A-P. 2014. Deregulation of Feedback Inhibition of Phosphoenolpyruvate Carboxylase for Improved Lysine Production in *Corynebacterium glutamicum*. *Applied and Environmental Microbiology* 80: 1388–1393.
- Codex-Alimentarius. 2001. Official Standards List: Codex Alimentarius.

Retrieved 27 November, 2007, from [http://www.codexalimentarius.net/web/standard\\_list.jsp](http://www.codexalimentarius.net/web/standard_list.jsp)

- Codex-Alimentarius. 2002. Report on meetings of expert committees and study groups: Evaluation of certain mycotoxin.". Retrieved 8 December, 2007, from [http://www.who.int/gb/ebwha/pdf\\_files/EB110/eeb1106.pdf](http://www.who.int/gb/ebwha/pdf_files/EB110/eeb1106.pdf).
- Codex-Alimentarius 2007. "The 68th Meeting of Joint FAO-WHO expert committee on food additives: Summary and conclusions.". Retrieved 8 December, 2007, from <http://www.who.int/entity/ipcs/food/jecfa/summaries/summary68.pdf>.
- Conway T. 1992. The Entner-Doudoroff pathway: history, physiology and molecular biology. *FEMS Microbiology Reviews* 103: 1–28.
- Cotty PJ. 1997. "Aflatoxin-producing potential of communities of *Aspergillus* section Flavi from cotton producing areas in the United States." *Mycol. Res.* 101(6): 698–704.
- Cotty PJ, Bhatnagar D. 1994. Variability among atoxigenic *Aspergillus flavus* strains in ability to prevent aflatoxin contamination and production of aflatoxin biosynthetic pathway enzymes. *Applied and Environmental Microbiology* 60: 2248–2251.
- Dakin K, Wichmann S. 2000. Cacao and Chocolate. *Ancient Mesoamerica* 11: 55–75.
- Davis ND, Searcy JW, Diener UL. 1969. Production of ochratoxin A by *Aspergillus ochraceus* in a semisynthetic medium. *Applied Microbiology* 17(5): 742–744.
- de-Brito ES, Garcia NHP, Amancio AC. 2004. Use of a proteolytic enzyme in cocoa (*Theobroma cacao* L.) processing. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 47(4): 553–558.
- de-Brito ES, Garcia NHP, Amancio AC, Valente ALP, Pini GF, Augusto F. 2001. Effect of autoclaving cocoa nibs before roasting on the precursors of the Maillard reaction and pyrazines. *International J. Food Science and Technology* 36: 625–630.



- Diem T. Hoang Do, Theron CW, Fickers P. 2019. Organic Wastes as Feedstocks for Non-Conventional Yeast-Based Bioprocesses. *Microorganisms* 7, 229; doi:10.3390/microorganisms7080229.
- Dorner JW, Cole RJ, Blankenship, P. D. 1992. Use of biocompetitive agent to control preharvest aflatoxin in drought stressed peanuts. *J. Food Protection* 55: 888–892.
- Dragone G, Mussatto SI, Oliveira JM, Teixeira JA. 2009. Characterisation of volatile compounds in an alcoholic beverage produced by whey fermentation. *Food Chemistry* 112: 929 – 935.
- Dreosti IE. 2000. Antioxidant polyphenols in tea, cocoa and wine. *Nutrition* 16: 7–8.
- Drysdale GS, Fleet GH. 1988. Acetic acid bacteria in winemaking: a review. *American Journal of Enology and Viticulture* 39(2): 143–154.
- Earl AM, Losick R, Kolter R. 2008. Ecology and genomics of *Bacillus subtilis*. *Trends in Microbiology*. Elsevier Inc 16 (6): 269–275.
- Farnworth ER. 2008. Handbook of Fermented Functional Foods. *Second Edition*. CRC Press. Taylor and Francis Group. Boca Raton London and New York.
- Edwards SG, O’Callaghan J, Dobson AD. 2002. PCR-based detection and quantification of mycotoxigenic fungi. *Mycology Research* 106(9): 100s-102s.
- Egel DS, Cotty PJ, Elias KS. 1994. Relationships among isolates of *Aspergillus* sect. Flavi that vary in aflatoxin production. *Phytopathology* 84: 906–912.
- European-Commission. 2004. EU rules on ochratoxin A extended to coffee, wine and grape juice. Retrieved 8 December, 2007, from <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/04/1215>.
- Facklam R. 2002. What happened to the streptococci: overview of taxonomic and nomenclature changes. *Clin. Microbiol. Rev.* 15 (4): 613–30.
- FAO, WHO. 2008. FAO/WHO Food Standards Programme: Codex Alimentarius Commission.” Retrieved 25 January, 2008, from <ftp://ftp.fao.org/codex/ALINORM01/al0121me.pdf>.

- Fennema O. 1989. Educational programs in food science: a continuing struggle for legitimacy, respect, and recognition. *Food Technology*. hal 170–182.
- Fernández-Fernández M, Sanromán MA, Moldes D. 2013. Recent developments and applications of immobilized laccase. *Biotechnol Adv.* 31(Issue 8): 1808–1825
- Fonseca MI, Fariña JI, Castrillo ML, Rodríguez MD, Nuñez CE, Villalba LL, Zapata PD. 2014. Biopulping of wood chips with *Phlebia brevispora* BAFC 633 reduces lignin content and improves pulp quality. *Int Biodeterioration Biodegradation*. Vol. 90: 29–35
- Forsyth WGC, Quesnel VC. 1956. Cacao polyphenolic substances: the anthocyanin pigments. *Biochemical Journal* 65: 177–179.
- Forsyth WGC, Quesnel VC. 1963. Mechanisms of cocoa curing.” *Advances in Enzymology* 25: 457–492.
- Gabiatti JC, Vendruscolo F, Piaia JCZ, Rodrigues RC, Durrant LR, Costa JAV. 2006. Radial growth rate as a tool for the selection of filamentous fungi for use in bioremediation. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 49: 29–34.
- Galvez SL, Loiseau, Paredes G, Barel JL, Guiraud JP. 2007. Study on microflora and biochemistry of cocoa fermentation in the Dominican Republic. *International J. Food Microbiology* 114: 124–130.
- Ghorbani F, Younesi H, Sari AE, Najafpour, G. 2011. Cane molasses fermentation for continuous ethanol production in an immobilized cells reactor by *Saccharomyces cerevisiae*. *Renewable Energy* 36: 503–509.
- Gibberd AV. 1953. The improvement quality of Nigerian cocoa with reference to purple bean. Report of the Cocoa Conference: 26–29.
- Green JH, Paskell SL, Goldmintz D. 1976. Lipolytic fermentations of stickwater by *Geotrichum candidum* and *Candida lipolytica*. *Applied and Environmental Microbiology* 31(4): 569–575.
- Grewal HS, Kalra KL. 1995. Fungal production of citric acid. *Biotechnology Advances*. 13(2): 209–234.

- Gupta S, Dikshit AK. 2010. Biopesticides: An eco-friendly approach for pest control. *Journal of Biopesticides* 3(1 Special Issue) 186–188.
- Gutarra MLE, Godoy MG, Maugeri F, Rodrigues MI, Freire DMG, Castilho LR. 2009. Production of an acidic and thermostable lipase of the mesophilic fungus *Penicillium simplicissimum* by solid-state fermentation. *Bioresource Technology* 100: 5249–5254.
- Hafeez FY, Yasmin S, Ariani D, Rahman M, Zafar Y, Malik KA. 2006. Plant growth-promoting bacteria as biofertilizer. *Agron. Sustain. Dev.* 26: 143–150.
- Hagblom P. 1982. Production of ochratoxin a in barley by *aspergillus ochraceus* and *penicillium viridicatum*: effect of fungal growth, time, temperature, and inoculum size. *Applied and Environmental Microbiology* 43(5): 1205–1207.
- Hagblom PE, Ghosh J. 1985. Postharvest production of ochratoxin a by *aspergillus ochraceus* and *penicillium viridicatum* in barley with different protein levels. *Applied and Environmental Microbiology* 49(4): 787–790.
- Haile M, Kang WH. 2019. Isolation, identification, and characterization of pectinolytic yeasts for starter culture in coffee fermentation. *Microorganisms* 7: 401; doi:10.3390/microorganisms7100401
- Hammer FE. 1993. Oxidoreductases. Enzymes in Food Processing. T. Nagodawithana and G. Reed. London, UK, Academic Press.
- Hammond PS. 1953. A discussion of some factors affecting the quality of cocoa produced by Gold Coast farmers. Report of the Cocoa Conference: 29–32.
- Hancock BL. 1988. Cocoa Bean Production And Transport. Industrial Chocolate Manufacture And Use. S. T. Beckett. Oxford, UK, AVI.
- Hansen AP, Welty RE. 1970. Microflora of raw cocoa bean. *Mycopathologia Mycologia Applicata* 44(4): 309–316.
- Hansen CE, Olmo M, Burri C. 1998. Enzyme activities in cocoa bean during fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 77: 273–281.

- Hashim P, Selamat JS, Muhammad KS, Ali A. 1998. Effect of mass and turning time on free amino acid, peptide-N, sugar, and pyrazine concentration during cocoa fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 78: 543–550.
- Haslam E. 1982. Proanthocyanidins. The Flavonoids: Advances In Research. J. B. Harbone and T. J. Mabry. London, Chapman & Hall.
- Henderson JS, Joyce RA, Hall GR, Hurst WJ, McGovern PE. 2007. Chemical and archaeological evidence for the earliest cacao beverages. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104(48): 18937–18940.
- Hidayat N, Pulungan MH, Lestari ER, Nurika I, Suhartini S. 2017. Pelatihan Pembuatan Kompos Cair dari Limbah Rumah Tangga. Laporan Pengabdian kepada Masyarakat. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang.
- Hocking AD. 2006. *Aspergillus* and Related Teleomorphs. Food Spoilage Microorganisms. C. W. Blackburn. UK, CRC Press, Woodhead: 451–477.
- Hocking AD, Arnold G, Jenson I, Newton K, Sutherland P. 1997. Foodborne Microorganisms of Public Health Significance. Australia, AIFST (NSW Branch) Food Microbiology Group.
- Howard RL, Abotsi E, Jansen van Rensburg EL, Howard S. 2003. Lignocellulose biotechnology: issues of bioconversion and enzyme production. *African Journal of Biotechnology* 2 (12): 602–619.
- ICCO. 2007. Annual Report. London, UK, The International Cocoa Organization.
- ICMSF. 2005. Microbial Ecology of Food Commodities Chapman & Hall.
- Soares I, Távora Z, Barcelos RP, Baroni S. 2012. Microorganism-Produced Enzymes in the Food Industry, Scientific, Health and Social Aspects of the Food Industry, Dr. Benjamin Valdez (Ed.), ISBN: 978-953-307-916-5, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/scientific-health-and-social-aspects-of-the-food-industry/microorganismproduced-enzymes-in-the-food-industry>

- Jespersen LD, Nielsen S, Henholt S, Jakobsen M. 2005. Occurrence and diversity of yeasts involved in fermentation of West African cocoa bean." *FEMS Yeast Research* 5: 441–453.
- Jinap S, Rosli WIW, Russly AR, Nordin LM. 1998. Effect of roasting time and temperature on volatile component profiles during nib roasting of cocoa bean (*Theobroma cacao*). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 77: 441–448.
- Junker B, Zhang J, Mann Z, Reddy J, Greasham R. 2001. Scale-Up studies on a defined medium process for pilot plant production of illicicolin by *Gliocladium roseum*. *Biotechnol. Prog.* 17, 278–286.
- Khan S, Martin M, Bartsch H, Rahimtula AD. 1989. Perturbation of liver microsomal calcium homeostasis by ochratoxin A. *Biochem. Pharmacol* 38: 67–72.
- Kim H, Keeney PG. 1984. (-)Epicatechin content in fermented and unfermented cocoa bean. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 47: 3693–3701.
- Kristensen FE, Rasmussen SK. 1996. Expression of the stress-related intercellular barley peroxidase PRx8 in barley and transgenic tobacco. Plant preoxidases: Biochemistry and Physiology. C. Obinder, U. Burner, R. Eberman, C. Penel and H. Greppin. Geneva, Switzerland, University of Geneva: 317–321.
- Krysiak W. 2006. Influence of Roasting conditions on coloration of roasted cocoa bean. *Journal of Food Engineering* 77: 449–453.
- Krysiak W, Iciek J, Motyl-Patelska L. 2003. Influence of roasting conditions on selected physico-chemical properties of cocoa bean. *Inżynieria Chemiczna i procesow* 24: 509–523.
- Kurtzman CP, Horn BW, Hesseltine CW. 1987. *Aspergillus nomius*, a new aflatoxin-producing species related to *Aspergillus flavus* and *Aspergillus tamarii*. *Antonie van Leeuwenhoek* 53(147–158).
- Lai M, Semeniuk G, Hesseltine CW. 1970. Conditions for production of ochratoxin A by *Aspergillus* species in a synthetic medium. *Applied Microbiology* 19(3): 542–544.

- Lee IH, Fredrickson AG, Tsuchiya HM. 1974. Diauxic Growth Of Propionibacterium Shermanii. *Applied Microbiology*. 28(5): 831–835.
- Levanon Y, Rossetini SMO. 1965. A laboratory study of farm processing of cocoa bean for industrial use. *Journal of Food Science* 30: 719–722.
- Lopez ASF. 1983. Faktors associated with cacao bean acidity and the possibility of its reduction by improved fermentation. *Revista Theobroma* 13: 233–248.
- LPPOM MUI. 2012. HAS 23000: Pedoman Sertifikasi Halal. Lembaga Pengkajian Pangan Obat-obatan dan Kosmetika Majelis Ulama Indonesia, Jakarta.
- LPPOM MUI. 2012. HAS 23201: Persyaratan bahan pangan halal Halal. Lembaga Pengkajian Pangan Obat-obatan dan Kosmetika Majelis Ulama Indonesia, Jakarta.
- Luedeking R, Piret EL. 1959. A Kinetic study of the lactic acid fermentation. Batch process at controlled ph. *Journal of Biochemical and Microbiological Technology And Engineering* 1(4): 393–412.
- Luengo JM, Garcia B, Sandoval A, Naharro G, Olivera ER. 2003. Bioplastics from microorganisms. *Current Opinion in Microbiology* 6:251–260
- Luli GW, Strohl WR. 1990. Comparison of Growth, Acetate Production, and Acetate Inhibition of Escherichia coli Strains in Batch and Fed-Batch Fermentations. *Appl. Environ. Microbiol* 56(4): 1004–1011.
- Luna F, Cruzillat D, Cirou L, Bucheli P. 2002. Chemical composition and flavour of Ecuadorian cocoa liquor. *J. Agricultural Food Chemistry* 50: 3527–3532.
- Lynch AG. 1992. Solar Drying Technology for Selected Fruits and Vegetables. Kingston, Jamaica, Scientific Research Council.
- Majelis Ulama Indonesia. 2010. Fatwa Majelis Ulama Indonesia No. 01 Tahun 2010 Tentang Penggunaan Mikroba dan Produk Mikrobial dalam Produk Pangan. Jakarta. Dapat diunduh di [www.halalmui.or.id](http://www.halalmui.or.id)

- Mangun W, Suryani, A. 1994. *Teknologi Bioproses*. Jakarta: PT Penebar Swadaya.
- Marcellino N, Beuviel E, Grappin R, Gueguen M, Benson DR. 2001. Diversity of *Geotrichum candidum* strains isolated from traditional cheesemaking fabrications in France. *Applied and Environmental Microbiology* 67(10): 4752–4759.
- McDoom IA, Ramsaroop R, Saunders R, Kai AT. 1999. Optimization of solar crop drying. *Renewable Energy* 16: 749–752.
- Mermet G, Cros E, Georges G. 1992. Etude preliminaire de l'optimisation des parametres de torrefaction du cacao. Consommation des precurseurs d'arome, developement des pyrazines, qualite organoleptique. *Cafe, Cacao, Tea* 36: 285-290.
- Minifie BW. 1980. *Chocolate, Cocoa and Confectionery: Science and Technology*. Westport, Connecticut, AVI Publishing.
- Minifie BW. 1999. *Chocolate, cocoa, and confectionery*. Connecticut, AVI Publishing.
- Misnawi, Selamat J, Bakar J, Saari N. 2002. Oxidation of polyphenol in unfermented and partly fermented cocoa bean by cocoa polyphenol oxidase and tyrosinase. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 82: 559–566.
- Mondal AK, Sengupta S, Bhowal J, Bhattacharya DK. 2012. Utilization of fruit wastes in producing single cell protein. *Int. J. of Sci. Environ and Technol* 1(5): 430–438
- Monds RD, Cromey MG, Lauren DR, di-Menna M, Marshall J. 2005. *Fusarium graminearum*, *F. cortaderiae* and *F. pseudograminearum* in New Zealand: molecular phylogenetic and analysis, mycotoxin chemotypes and co-existence of species. *Mycology Research* 109(4): 410–420.
- Money NP. 2016. *Fungi And Biotechnology*. Oxford University Press.
- Mosier NS, Ladisch MR. 2009. *Modern Biotechnology: Connecting Innovations In Microbiology And Biochemistry To Engineering Fundamentals*. A John Wiley & Sons, Inc., Canada.

- Moss MO. 2002. Mycotoxin Review - 1. *Aspergillus* and *Penicillium*. *Mycologist* 16(3): 116–119.
- Mounjouenpou P, Gueule D, Fontana-Tachon A, Guyot B, Tondje PR, Guiraud JP. 2007. Filamentous fungi producing ochratoxin A during cocoa processing in Camerron. *International J. Food Microbiology* in press.
- Munoz K, Vega M, Rios G, Munoz S, Madariaga R. 2006. Preliminary study of Ochratoxin A in human plasma in agricultural zones of Chile and its relation to food consumption. *Food Chemical and Toxicology* 44: 1884–1889.
- Murphy PA, Hendrich S, Landgren C, Bryan CM. 2006. Food Mycotoxins: An Update. *Journal of Food Science* 71(5): R51–r65.
- Natsume M, Osakabe N, Yamagishi M, Takizawa T, Nakamura T, Miyatake H. 2000. Analyses of polyphenols in cacao liquor, cocoa and chocolate by Normal-Phase and Reversed-Phase HPLC. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 64: 2581–2587.
- Nazaruddin R, Seng LK, Hassan O, Said M. 2006. Effect of pulp preconditioning on the content of polyphenols in cocoa bean (*Theobroma cacao*) during fermentation. *Industrial Crops and Products* 24: 87–94.
- Nielsen DS, Teniola OD, Ban-Koffi L, Owusu M, Andersson TS, Holzapfel WH. 2007. The microbiology of Ghanaian cocoa fermentations analyzed using culture-dependent and culture-independent methods." *International J. Food Microbiology* 114(2): 168–186.
- Niles EV. 1981. Microflora of imported cocoa bean. *J. Stored Product Res.* 17: 147–150.
- Nur HS. 2009. Suksesi mikroba dan aspek biokimia fermentasi mandai dengan kadar garam rendah. *Makara Sains* 13: 13–16.
- Ogundero V. 1983. Thermophilic fungi and fermenting cocoa bean in Nigeria. *Mycopathologia* 82: 159–165.
- Okafar N. 2007. Modern Industrial Microbiology and Biotechnology. Science Publ. Jersey. pp. 306–314.



- Ostovar K, Keeney PG. 1973. Isolation and characterization of microorganisms involved in the fermentation of Trinidad's cocoa bean." *Journal of Food Science* 38: 611–617.
- Othman A, Ismail A, Ghani NA, Adenan I. 2007. Antioxidant capacity and phenolic content of cocoa bean. *Food Chemistry* 100: 1523–1530.
- Papagianni M. 2007. Advances in citric acid fermentation by *Aspergillus niger*: Biochemical aspects, membrane transport and modeling. *Biotechnology Advances* 25: 244–263.
- Parker J. 2001. *lac Operon. Encyclopedia of Genetics, 1070.*
- Passos FML, Silva DO, Lopez A, Ferreira CLLF, Guimares WV. 1984. Characterization and distribution of lactic acid bacteria from traditional cocoa bean fermentation in Bahia. *Journal of Food Science* 49: 205–208.
- Paster N, Lisker N, Chet I. 1983. Ochratoxin A Production by *Aspergillus ochraceus* Wilhelm Grown Under Controlled Atmospheres. *Applied and Environmental Microbiology* 45(3): 1136–1139.
- Pedersen MB, Gaudu P, Lechardeur D, Petit MA, Gruss A. 2012. Aerobic Respiration Metabolisme in Lactic Acid Bacteria and Uses in Biotechnology. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* 3:37–58
- Petersson S, Hansen MW, Axberg K, Hult K, Schnurer J. 1998. Ochratoxin A accumulation in cultures of *Penicillium verrucosum* with the antagonistic yeast *Pichia anomala* and *Saccharomyces cerevisiae*. *Mycol. Res.* 102(8): 1003–1008.
- Pettipher GI. 1986. Analysis of cocoa pulp and the formulation of a standardised artificial cocoa pulp medium. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 37: 297–309.
- Pitt JI. 1987. *Penicillium viridicatum*, *Penicillium verrucosum*, and production of ochratoxin A. *Applied and Environmental Microbiology* 53: 266–269.
- Pitt JI. 2006. *Penicillium And Related Genera. Food Spoilage Microorganisms.* C. W. Blackburn. UK, CRC Press, Woodhead: 437–450.
- Pitt JI, Hocking AD. 1997. *Fungi and Food Spoilage.* Australia, Blackie Academic & International.

- Puri S, Beg QK, Gupta R. 2002. Optimization of Alkaline Protease Production from *Bacillus* sp. By Response Surface Methodology. *Current Microbiology* 44: 286–290.
- Rahmadi A, Sari K, Satrio S, Khoiriyah N, Handayani F, Emmawati A, Yuliani. 2017. Profil Perubahan Populasi BAL, pH, Kadar Flavonoid, dan Potensi Aktivitas Antioksidan dari Fermentasi Mandai Cempedak Hgenis Tanpa Garam. ProsidingSeminar Nasional PATPI Lampung Buku 2: 811–817.
- Rahmadi A, Firdaus FAR, Marwati. 2018. Karakterisasi Sifat Sensoris, Proksimat, Antioksidan, Total Bal, Dan Uji Pasar Es Krim Berbahan Puree Dan Bubuk Mandai Cempedak. *Jurnal Riset dan Teknologi Industri* 12(2): 66–76
- Rao MS, Stevens WF. 2005. Chitin production by *Lactobacillus* fermentation of shrimp biowaste in a drum reactor and its chemical conversion to chitosan. *J Chem Technol Biotechnol* 80:1080–1087
- Reineccius GA, Andersen DA, Kavanagh TE, PG Keeney. 1972. Identification and quantification of free sugars in cocoa bean. *J. Agricultural Food Chemistry* 20: 199–202.
- Reinsch M, Topfer A, Lehmann A, Nehls I, Panne U. 2007. Determination of ochratoxin A in beer by LC-MS/MS ion trap detection. *Food Chemistry* 100: 312–317.
- Ren X, Wang J, Yu H, Peng C, Hu J, Ruan Z. 2016. Anaerobic and sequential aerobic production of high-titer ethanol and single cell protein from NaOH-pretreated corn stover by a genome shufflingmodified *Saccharomyces cerevisiae* strain. *Bioresour. Technol.* 218: 623–630.
- Richard E, Heutte N, Sage L, Pottier D, Bouchart V, Lebailly P, Garon D. 2007. Toxicogenic fungi and mycotoxins in mature corn silage. *Food Chemical and Toxicology* June, 2007: in press.
- Robertson A, Tirado C, Lobstein T, Jermini M, Knai C, Jensen JH, Ferro-Luzzi A, James WPT. 2004. Food and health in Europe: a new basis for action. WHO Regional Publications European Series 96.

- Roelofsen PA. 1958. Fermentation, drying, and storage of cacao bean. *Advanced Food Res.* 8: 225–296.
- Rohan TA. 1963. Processing of raw cocoa for the market. Food and Agriculture Organization of the United Nation.
- Rose MT, Deaker R, Potard S, Thi Tran CK, Vu NT, Kennedy IR. 2011. The survival of plant growth promoting microorganisms in peat inoculant as measured by selective plate counting and enzyme-linked immunoassay. *World J Microbiol Biotechnol* 27:1649–1659
- Saichana N, Matsushita K, Adachi O, Frébort I, Frebortova, J. 2015. Acetic acid bacteria: A group of bacteria with versatile biotechnological applications. *Biotechnology Advances* 33: 1260–1271.
- Sakharov IY, Ardila GB. 1999. Variations of peroxidase activity in cocoa (*Theobroma cacao* L.) bean during their ripening, fermentation and drying. *Food Chemistry* 65: 51-54.
- Samah OA, Ibrahim N, Alimon H, Abdul-Karim MI. 1993. Fermentation studies of stored cocoa bean. *World J. Microbiology and Biotechnology* 9: 603–604.
- Samson RA, Hoekstra ES, Fisvad JC. 2004. Introduction to Food and Airborne Fungi. Utrecht, Netherlands, Centraalbureau voor Schimmelcultures.
- Santin E, Maiorka A, Krabbe EL, Paulillo AC, Alessi AC. 2002. Effect of hydrated sodium calcium aluminosilicate on the prevention of the toxin effects of ochratoxin. *Journal Applied Poultry Research* 11: 22–28.
- Sartori D, Furlaneto MC, Martins MK, d. Paula MR, Pizzirani-Kleiner AA, Taniwaki MH, Fungaro MHP. 2006. PCR Method for the detection of potential ocratoxin A producing *Aspergillus* species in coffee bean. *Research in Microbiology* 157: 350–354.
- Schoebitz M, López MD, Roldán A. 2013. Bioencapsulation of microbial inoculants for better soil–plant fertilization. A review. *Agron. Sustain. Dev.* (2013) 33:751–765.

- Schwan RF. 1998. Cocoa fermentations conducted with a define cocktail inoculum. *Applied and Environmental Microbiology* 64(4): 1477–1483.
- Schwan RF, Wheals AE. 2004. The microbiology of cocoa fermentation and its role in chocolate quality. *Critical Review in Food Science and Nutrition* 44(4): 205–221.
- Schwan RF, Vanetti MCD, Silva DO, Lopez A, Moraes CA. 1986. Characterization and distribution of aerobic, spore-forming bacteria from cacao fermentation in Bahia. *Journal of Food Science* 51: 1583–1584.
- Schwerdt G, Freudinger R, Mildenerger S, Silbernagl S, Gekle M. 1999. The nephrotoxin ochratoxin A induces apoptosis in cultured human proximal tubule cells. *Cell. Biol. Toxicol.* 15: 405–415.
- Scott DB. 1965. Toxicogenic fungi isolated from cereal and legume products. *Mycopathol. Mycol. Appl.* 25: 213–222.
- Serra-Bonvehí J. 2004. Occurrence of Ochratoxin A in Cocoa Products and Chocolate. *J. Agricultural Food Chemistry* 52(20): 6347–6352.
- Serra-Bonvehí J, Coll F. 1997. Evaluation of bitterness and astringency of polyphenolic compounds in cocoa powder. *Food Chemistry* 60(3): 365–370.
- Sharp AK. 1979. Prevention of condensation damage to cocoa bean shipped in containers. *J. Stored Product Res* 15: 101–109.
- Sonderegger M, Schumperli M, Sauer U. 2004. Metabolic Engineering of a Phosphoketolase Pathway for Pentose Catabolism in *Saccharomyces cerevisiae*. *Applied and Environmental Microbiology* 70: 2892–2897.
- Stanbury PF, Whitaker A, Hall SJ. 2017. Principles of Fermentation Technology. Elsevier. Amsterdam.
- Studer-Rohr I, Dietrich DR, Schlatter J, Schlatter C. 1995. The occurrence of Ochratoxin A in coffee. *Food Chemical and Toxicology* 33(5): 341–355.

- Sun G, Sharkova E, Chesnut R, Birkey S, Duggan MF, Sorokin A, Pujic P, Ehrlich SD, Hulett FM. 1996. Regulators of aerobic and anaerobic respiration in *Bacillus subtilis*. *Journal Of Bacteriology* 178: 1374–1385.
- Tafuri A, Ferracane R, Ritieni A. 2004. Ochratoxin A in Italian marketed cocoa products. *Food Chemistry* 88: 487–494.
- Taniwaki MH, Pitt JI, Teixeira AA, Iamanaka BT. 2003. The source of Ochratoxin A in Brazilian coffee and its formation in relation to processing methods. *International J. Food Microbiology* 82: 173–179.
- Thomas DN, Judd SJ, Fawcett N. 1999. Flocculation modelling: a review. *Water Research* 33(7): 1579–1592.
- Thompson SS, Miller KB, Lopez AS. 2007. Cocoa and Coffee. *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers*. M. P. Doyle, L. R. Beuchat and T. J. Montville. Washington DC, USA, ASM Press.
- Thompson SS, Miller KB, Lopez AS. 2001. Cocoa and coffee. *Food Microbiology Fundamentals and Frontiers*. M. P. Doyle, L. R. Beuchat and T. J. Monteville. Washington DC, ASM Press: 721–736.
- Tima MT. 2012. Optimasi Hidrolisis Pati Dalam Limbah Kulit Kentang oleh *Aspergillus niger* untuk Produksi Bioetanol. *SKRIPSI Jurusan Kimia-Fakultas MIPA Universitas Malang*.
- Tran-Dinh N, Pitt JI, Carter DA. 1999. Molecular genotype analysis of natural toxigenic and non-toxigenic isolates of *Aspergillus flavus* and *A.parasiticus*. *Mycol. Res* 103(11): 1485–1490.
- Umamaheswari M, Jayakumari M, Maheswari K, Subashree M, Mala P, Sevanthi T, Manikandan T. 2010. Bioethanol production from cellulosic material. *International Journal of Current Research* 1: 005–011.
- USAID. 2006. Indonesia cocoa bean value chain: case study. Retrieved 4 December, 2007, from [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNADH968.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADH968.pdf).

- Utami CR, Susanti E. 2013. Optimasi Fermentasi Hasil Hidrolisis Ampas Tebu menjadi Bioetanol Menggunakan Ragi Tape. Prosiding Seminar Nasional Kimia UGM 2013
- van-der-Merwe KJ, Steyn PS, Fourie L. 1965. Ochratoxin A, a toxic metabolite produced by *Aspergillus ochraceus* Wilh. *Nature* 205: 1112–1113.
- van-der-Wal B, Kettenes DK, Stoffelsma J, Sipma G, Semper ATJ. 1971. New volatile components of roasted cocoa. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 19: 276–280.
- Vane, L.M. 2005. A review of pervaporation for product recovery from biomass fermentation processes. *J Chem Technol Biotechnol* 80: 603–629.
- Varga J, Kevei E, Rinyu E, Teren J, Kozakiewicz Z. 1996. "Ochratoxin production by *Aspergillus* species. *Applied and Environmental Microbiology* 62(12): 4461–4464.
- Vaseghi S, Baumeister A, Rizzi M, Reuss M. 1999. In Vivo Dynamics of the Pentose Phosphate Pathway in *Saccharomyces cerevisiae*. *Metabolic Engineering* 1: 128–140.
- Vilar JMG, Guet CLC, Leibler S. 2003. Modeling network dynamics: the *lac* operon, a case study (mini review). *The Journal of Cell Biology* 161(3): 471–476.
- Wang Y-C, Hu H-F, Ma J-W, Yan Q-J, Liu H-J, Jiang Z-Q. 2020. A novel high maltose-forming  $\alpha$ -amylase from *Rhizomucor miehei* and its application in the food industry. *Food Chemistry* 305: 125447
- Waterhouse AL, Sirley JS, Donovan JL. 1996. Antioxidants in chocolate. *Lancet* 348: 834.
- Wells JM, Cole RJ, Kirksey JW. 1975. Emodin, a toxic metabolite of *Aspergillus wentii* isolated from weevil-damaged chestnuts. *Applied and Environmental Microbiology* 30(1): 26–28.
- Williams CT. 1950. *Chocolate Confectionery*. London, Leonard Hill.

- Wisselink HW, Weusthuis RA, Eggink G, Hugenholtz J, Grobben GJ. 2002. Mannitol production by lactic acid bacteria: a review. *International Dairy Journal* 12: 151–161.
- Wollgast J, Anklam E. 2000. Review on polyphenols in Theobroma cacao: changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food Research International* 33: 423–447.
- Wong MK, Dimick PS, Hammerstedt RH. 1990. Extraction and high performance liquid chromatography enrichment of polyphenol oxidase from *Theobroma cacao* seed. *Journal of Food Science* 55: 1108–1111.
- Yasa IW. 2004. Indonesian cocoa beans: current situation. Retrieved 7 November, 2007, from <http://www.icco.org/pdf/Farmers/8.%20Mr.%20I.%20Wayan%20Yasa.pdf>.
- Zhu F, Chen G, Chen X, Huang M, Wan X. 2011. Aspergicin, a new antibacterial alkaloid produced by mixed fermentation of two marine-derived mangrove epiphytic fungi. *Chemistry Of Natural Compounds*, 47(5): 767–769.

# BIOGRAFI PENULIS



## **Dr. Ir. Nur Hidayat, MP.**

Dosen di Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya sejak tahun 1987 dengan mata kuliah utama yang diajarkan adalah Biologi, Mikrobiologi dan Mikrobiologi Industri. Pendidikan S1 ditempuh di Jurusan Mikrobiologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada lulus 1986. Pada tahun 1993 menyelesaikan pendidikan pasasarjana di Universitas Gadjah Mada. Pendidikan S3 diselesaikan pada tahun 2012 di Universitas Brawijaya.

Buku teks yang telah diterbitkan adalah: mikrobiologi industri (2006), biodegradasi dengan bakteri (2014), Bioproses limbah cair (2016), mikologi industri (2016), bioindustri (2017), mikroorganisme dan pemanfaatannya (2018), mikrobiologi industri (2018).

Modul ajar: mikrobiologi pangan (2013), teknologi limbah (2015), mikrobiologi industri (2019)



## **Sulistyo Prabowo, STP, MP, MPH PhD**

Kelahiran Temanggung Jawa Tengah tanggal 23 Juni 1972. Lulus D3 (A.Md.) Teknologi Hasil Pertanian Politeknik Semarang tahun 1993, melanjutkan sarjana (S.TP.) Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian INTAN Yogyakarta lulus tahun 1997. Selanjutnya menjalani Program S2 (M.P.) di Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta dalam bidang Ilmu dan Teknologi Pangan/Ilmu Gizi (2003) dan MPH (*Master of Public Health*) di Tulane University, New Orleans, USA untuk bidang *Nutrition*



*Program* (2009). Program Doktor (Ph.D.) di *Halal Products Research Institute* Universiti Putra Malaysia Serdang, Selangor Darul Ehsan dalam bidang *Halal Products Management* (2016).

Menjadi anggota dan pengurus PATPI (Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia) Cabang Kaltim sejak tahun 2002. Anggota IACD (*International Association for Community Development*) yang berpusat di Inggris. Selain itu juga aktif sebagai pengurus LPPOM MUI Kaltim dan auditor halal internasional di LPPOM MUI.

Menjadi dosen tetap di Universitas Mulawarman Samarinda sejak tahun 1999, saat ini menjabat sebagai Ketua Jurusan/Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman. Beberapa tulisan telah dipublikasikan dalam buku “Isu Halal Kontemporari” (Penerbit UPM Press Malaysia), “Pangan Indonesia Yang Diimpikan” dan “Pangan Indonesia Berkualitas”, (Kumpulan pemikiran anggota PATPI) serta beberapa jurnal dan surat kabar.



### **Anton Rahmadi**

Lahir 1 April 1980, adalah dosen di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia. Gelar PhD diperoleh pada tahun 2013 dari Fakultas Kedokteran, University of Western Sydney, Australia dengan penghargaan *Best Presenter in Session* pada PhD Annual Research Forum 2012. Sebelumnya, ia dianugerahi dengan M.Sc dari University of New South Wales, Australia di bidang Ilmu dan Teknologi Pangan pada tahun 2008 dengan High Distinction dalam Research Project. Sarjana Teknologi Pertanian diselesaikannya di Institut Pertanian Bogor, Indonesia dengan Cum Laude dan mendapat penghargaan sebagai Finalis Mahasiswa Teladan tahun 2001. Saat ini ia adalah Ketua Laboratorium Pasca Panen dan Pengemasan Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas

Mulawarman. Tugas tambahan hingga tahun 2019 adalah Sekertaris Eksekutif Program Pengembangan Kampus Universitas Mulawarman melalui Hibah IDB. Ia juga menjabat sebagai Perhimpunan Ahli Teknologi Pangan Indonesia (PATPI) cabang Kalimantan Timur. Pada akhir tahun 2019, h-index-nya 6 dan i10-indeks-nya 4. Minat penelitiannya saat ini adalah pangan fungsional, antioksidan, alat pengering, dan penanganan pascapanen dari produk olahan lokal.



### **Marwati, S.TP., MP.**

Dosen di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman sejak tahun 2003 dengan mata kuliah utama yang diajarkan adalah Biologi, Mikrobiologi Hasil Pertanian, Mikrobiologi Pengolahan Hasil Pertanian dan Sanitasi dan Keamanan pada Proses Pengolahan. Pendidikan S1 ditempuh di Program Studi teknologi Hasil pertanian Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin lulus tahun 2001. Melanjutkan studi S2 pada tahun 2005 di Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan Universitas Gadjah Mada dan lulus pada tahun 2007.

Sebagai pengajar, penulis aktif mengikuti seminar nasional maupun internasional di bidang pangan. Hasil-hasil penelitian dipublikasikan di jurnal nasional maupun internasional. Penulis juga aktif dalam kegiatan pengabdian masyarakat dengan aktif sebagai auditor halal LPPOM MUI.



### **Dr. Aswita Emmawati, S.TP., M.Si.**

Merupakan dosen di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman di Samarinda, Kalimantan Timur sejak tahun 2006, dengan mata kuliah yang diajarkan adalah Biologi, Mikrobiologi Umum dan Teknologi Fermentasi. didikan S1 ditempuh di Program Studi Teknologi Pangan dan Gizi Institut Pertanian Bogor lulus tahun 1999. Pendidikan Magister diselesaikan di Program Studi Ilmu

Pangan IPB, lulus tahun 2005. Pendidikan Doktor diselesaikan pada tahun 2014, juga di Program Studi Ilmu Pangan IPB. Hasil riset penulis di bidang mikrobiologi pengolahan pangan, khususnya teknologi fermentasi serta probiotik dan prebiotik.