

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI PENGHASIL  
ENZIM PROTEASE DAN KITOSANASE DARI SALURAN  
PENCERNAAN IKAN AIR TAWAR**

**Oleh**  
**DAMAI HADI PRATAMA LEHA**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**INDRALAYA  
2014**

S  
597.407  
Dam  
1

27781/28563

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI PENGHASIL  
ENZIM PROTEASE DAN KITOSANASE DARI SALURAN  
PENCERNAAN IKAN AIR TAWAR**

**Oleh  
DAMAI HADI PRATAMA LEHA**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**INDRALAYA  
2014**

## SUMMARY

DAMAI HADI PRATAMA LEHA. Isolation and Characterization of Protease and Chitosanase Producing Bacteria from Digestive Tract of Fresh Water Fish (Supervised by SUSI LESTARI and SHANTI DWITA LESTARI).

The objective of this research was to isolate and characterize protease and chitosanase producing bacteria from digestive tract of Gabus (*Channa striata*), Baung (*Mystus nemurus*) and Betok (*Anabas testudineus*). This research was conducted from April until May 2014 at laboratorium of Fishery product technology, and laboratory of Mircobiology, Mathematics and Science Faculty Sriwijaya University.

This study used experiment and descriptive method based on laboratory test. The study include of morphological, biochemical producing and analysis and pre-identification using Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. The results showed that protease producing bacteria were dominated by bacteria of genus *Bacillus* which had similarities to the morphological and physiological properties. Out of seven isolates of protease producing bacteria, 5 isolates (PBA3, PBA5, PBE3, PGA1 and PGA4) had characteristics similar to the genus *Bacillus*. While PBA1 had characteristics similar to the genus *Veillonella* and isolate PBA2 had similar characteristics to family *Enterobacteriaceae*. In chitosanase producing bacteria was only found in Gabus (*Channa striata*), isolates KGA1 and KGA3 which had characteristics similar to the genus *Staphylococcus*.

## RINGKASAN

DAMAI HADI PRATAMA LEHA. Isolasi dan Karaterisasi Bakteri Penghasil Enzim Protease dan Kitosanase dari Saluran Pencernaan Ikan Air Tawar (Dibimbing oleh SUSI LESTARI dan SHANTI DWITA LESTARI).

Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan mengkarakterisasi bakteri penghasil enzim protease dan kitosanase dari saluran pencernaan ikan Gabus (*Channa striata*), Baung (*Mystus nemurus*) dan Betok (*Anabas testudineus*). Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai Mei 2014 di laboratorium Teknologi Hasil Perikanan dan laboratorium Mikrobiologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya Indralaya.

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen dan deskriptif berdasarkan hasil uji laboratorium. Penelitian ini terdiri dari uji morfologi, biokimia dan pendugaan jenis bakteri penghasil enzim protease dan kitosanase dengan menggunakan *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri penghasil enzim protease didominasi oleh genus bakteri *Bacillus* karena mempunyai kemiripan pada morfologi dan sifat fisiologisnya. Dari 7 isolat bakteri penghasil enzim protease 5 isolat yaitu PBA3, PBA5, PBE3, PGA1 dan PGA4 mempunyai ciri yang mirip dengan genus *Bacillus*. Pada isolat bakteri PBA1 mempunyai ciri yang mirip dengan genus *Veillonella* dan pada isolat bakteri PBA2 memiliki ciri yang mirip dengan genus *Enterobacter*. Pada bakteri penghasil enzim kitosanase hanya terdapat pada ikan gabus yaitu isolat KGA1 dan KGA3 yang memiliki ciri yang mirip dengan genus *Staphylococcus*.

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI PENGHASIL ENZIM PROTEASE  
DAN KITOSANASE DARI SALURAN PENCERNAAN IKAN AIR TAWAR**

Oleh  
**DAMAI HADI PRATAMA LEHA**

**SKRIPSI**  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
**Sarjana Perikanan**

pada  
**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERIKANAN**  
**FAKULTAS PERTANIAN**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**INDRALAYA**  
**2014**

Skripsi

ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI PENGHASIL ENZIM PROTEASE  
DAN KITOSANASE DARI SALURAN PENCERNAAN IKAN AIR TAWAR

Oleh  
DAMAI HADI PRATAMA LEHA  
05071010021

telah diterima sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar  
Sarjana Perikanan

Pembimbing I,

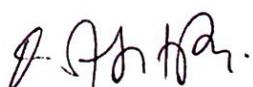


Susi Lestari, S.Pi, M.Si

Indralaya, Juli 2014

Fakultas Pertanian  
Universitas Sriwijaya  
Dekan,

Pembimbing II,



Shanti Dwita Lestari, S.Pi, M.Sc



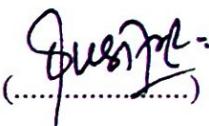
Dr. Ir. Erizal Sodikin  
NIP. 196002111985031002

Skripsi berjudul "Isolasi dan Karaterisasi Bakteri Penghasil Enzim Protease dan Kitosanase dari Saluran Pencernaan Ikan Air Tawar" oleh Damai Hadi Pratama Leha telah dipertahankan di depan Komisi Penguji pada tanggal 8 Juli 2014

Komisi Penguji

1. Susi Lestari, S.Pi, M.Si

Ketua

(

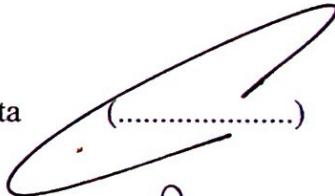
2. Shanti Dwita Lestari, S.Pi, M.Sc

Sekretaris

(

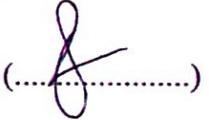
3. Herpandi, S.Pi, M.Si, Ph.D

Anggota

(

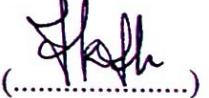
4. Dr. Ace Baehaki, S.Pi, M.Si

Anggota

(

5. Rodiana Nopianti, S.Pi, M.Sc

Anggota

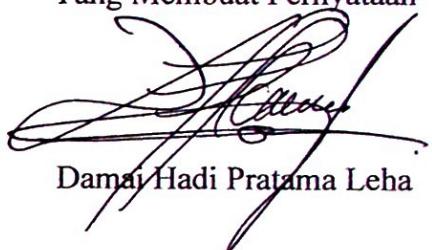
(

Mengesahkan,  
Ketua Program Studi  
Teknologi Hasil Perikanan

  
Herpandi, S.Pi, M.Si, Ph.D  
NIP. 197404212001121002

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa seluruh data dan informasi yang disajikan dalam skripsi ini, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya adalah hasil penelitian atau investigasi saya sendiri di bawah arahan pembimbing dan belum pernah atau tidak sedang diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan di tempat lain.

Indralaya, Juli 2014  
Yang Membuat Pernyataan



Damai Hadi Pratama Leha

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Selindung Pkl. Baru, Pangkal Pinang, Bangka Belitung, pada tanggal 27 Juli 1989. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara pasangan Bapak Ir. Salmon Corneles Leha dan Ibu Ruth Andari.

Pendidikan Sekolah Dasar diselesaikan di SDN 85 Jambi Timur tahun 2001, Sekolah Menengah Pertama diselesaikan di SMPN 9 Jambi tahun 2004, dan Sekolah Menegah Atas diselesaikan di SMA Negeri 2 Jambi tahun 2007. Sejak Agustus 2007 penulis tercatat sebagai mahasiswa Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya melalui jalur SPMB (Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru).

Penulis pernah menjadi menjadi Kepala Bidang Teknologi Informasi di Ikatan Mahasiswa Hasil Perikanan (IMASILKAN) pada tahun 2008-2009. Penulis pernah mengikuti kompetisi program kreatifitas mahasiswa (PKM) – Artikel ilmiah dan gagasan tertulis tingkat fakultas pertanian pada tahun 2010 sebagai peserta.

Penulis juga pernah menjadi juara 3 lomba Futsal dalam Rangka Ulang Tahun GEMPA di Fakultas Pertanian pada tahun 2008. Juara 3 lomba futsal yang diselenggarakan oleh BWPI di Fakultas Pertanian pada tahun 2008.. Juara 3 futsal dalam rangka ulang tahun Jurusan Hama dan Penyakit Tanaman Fakultas Pertanian Unsri pada tahun 2009. Juara 2 futsal ulang tahun SABAK di Fakultas MIPA Unsri pada tahun 2010. Juara 2 futsal BEM Fakultas Pertanian Unsri pada tahun 2011. Juara 1 futsal dalam rangka ulang tahun Jurusan Teknologi Pertanian pada tahun 2011.

Penulis telah melaksanakan Magang di PT. Misaja Mitra, Pati, Jawa Tengah pada tahun 2010 dan praktik lapangan dilaksanakan pada tahun 2011 yang berjudul KAJIAN PROSES PENGEMASAN KERUPUK IKAN di Desa Tanjung Agas, Kecamatan Tanjung Raja, Ogan Ilir, Sumatera Selatan

## **KATA PENGANTAR**

Segala puji dan syukur penulis persembahkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik mungkin. Skripsi yang berjudul “Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Penghasil Enzim Protease dan Kitosanase dari Saluran Pencernaan Ikan Air Tawar” disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar Sarjana Perikanan di Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Erizal Sodikin selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Herpandi, S.Pi, M.Si, Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Susi Lestari, S.Pi, M.Si dan Ibu Shanti Dwita Lestari, S.Pi, M.Sc, selaku pembimbing yang telah banyak memberikan saran, pengarahan dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Herpandi, S.Pi, M.Si, Ph.D, Bapak Dr. Ace Baehaki, S.Pi, M.Si dan Ibu Rodiana Nopianti, S.Pi, M.Sc selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyelesaian skripsi.
5. Bapak Rinto, S.Pi, M.Si dan Ibu Susi Lestari, S.Pi, M.Si selaku dosen pembimbing akademik selama kuliah di Universitas Sriwijaya
6. Ibu Siti Hanggita RJ S.TP, M.Si selaku dosen pembimbing praktik lapang dan Bapak Rinto, S.Pi, M.Si selaku dosen pembimbing magang.

7. Ibu Dr. Ir. Kiki Yuliati, M.Sc., Bapak Agus Supriadi, S.Pt, M.Si., Ibu Indah Widiastuti, S.Pi, M.Si., Bapak Budi Purwanto, S.Pi dan Ibu Dian Wulansari S.TP, M.Si atas ilmu yang telah diberikan selama ini. Mbak Ani dan Mbak Ana atas bantuan yang telah diberikan kepada penulis.
8. Kedua Orang tua, saudara dan keluarga Leha yang telah banyak memberikan dukungan dan doa yang tiada henti-hentinya agar selalu dalam pelindungan Tuhan Yang Maha Esa.
9. Sahabat seperjuangan Amri, Anda, Anton, Eka, Erma, Puput, Septi, Toni, Yoedi, atas segala doa, bantuan dan semangat yang diberikan. Keluarga besar Teknologi Hasil Perikanan angkatan 2007. Adik-adik THI terutama adik tingkat Atul, Ayis, Carin, Oka, Linda, Cahya, Reni, Amrin untuk doa dan semangat yang telah diberikan. Keluarga besar Rumpo terutama Kalit, Haris, Lungguk, Herman, Winer, Jonatan, Bewok, Restu, Martua, Daniel, Fajrin, Tio, Mare atas segala doa, bantuan, perhatian dan semangat yang telah diberikan.
10. Analis laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi Mipa, Uni Nia, teman-teman laboratorium Mikrobiologi terutama Ira dan Arum atas doa, bantuan, perhatian dan semangat yang telah diberikan.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna bagi semua pihak yang membutuhkan serta dapat menjadi sumbangaan pemikiran yang bermanfaat bagi kita semua, amin .

Indralaya, Juli 2014

Penulis



## DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
I. PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan .....	3
C. Hipotesis .....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA .....	4
A. Makanan dan Kebiasaan Makan Ikan Karnivora .....	4
B. Ikan Gabus ( <i>Channa striata</i> ) .....	6
C. Ikan Baung ( <i>Mystus nemurus</i> ) .....	8
D. Ikan Betok ( <i>Anabas testudineus</i> ). ....	10
E. Bakteri .....	11
F. Saluran Pencernaan .....	13
G. Kitosan.....	15
H. Enzim Kitosanase .....	18
H. Enzim Protease .....	19
III. PELAKSANAAN PENELITIAN .....	23
A. Tempat dan Waktu .....	23
B. Bahan dan Alat .....	23

C. Metode Penelitian.....	23
D. Cara Kerja .....	24
1. Isolasi Bakteri Penghasil Enzim Protease.....	24
2. Isolasi Bakteri Penghasil Enzim Kitosanase .....	26
E. Parameter dan Pengujian .....	28
1. Uji Morfologi .....	28
2. Uji Biokimia.....	31
3. Pendugaan Jenis Bakteri .....	33
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>34</b>
A. Isolasi Bakteri Penghasil Enzim Protease .....	34
1. Skrining Bakteri Penghasil Enzim Protease .....	34
2. Indeks Proteolitik .....	35
B. Isolasi Bakteri Penghasil Enzim Kitosanase .....	37
1. Skrining Bakteri Penghasil Enzim Kitosanase .....	37
2. Indeks Kitosanolitik .....	38
C. Uji Morfologi .....	38
D. Uji Biokimia .....	46
E. Pendugaan Jenis Bakteri .....	50
<b>IV. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
A. Kesimpulan.....	54
B. Saran .....	54
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>55</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Struktur anatomic saluran pencernaan ikan .....	6
2. Karakteristik kitosan .....	17
3. Perbedaan sifat fungsional kitosan dan oligomer kitosan .....	17
4. Reaksi-reaksi yang terjadi pada uji fermentasi gula .....	32
5. Reaksi-reaksi yang terjadi pada uji H <sub>2</sub> S .....	33
6. Indeks proteolitik .....	37
7. Inteks kitosanolitik .....	39
8. Morfologi koloni bakteri penghasil enzim protease dan kitosanase .....	41
9. Pewarnaan gram bakteri penghasil enzim protease dan kitosanase .....	42
10. Pewarnaan spora bakteri penghasil enzim protease dan kitosanase.....	43
11. Motilitas bakteri penghasil enzim protease dan kitosanase .....	45
12. Uji katalase bakteri penghasil enzim protease dan kitosanase.....	46
13. Uji fermentasi gula & H <sub>2</sub> S bakteri penghasil enzim protease dan kitosanase ..	47
14. Kebutuhan oksigen bakteri penghasil enzim protease dan kitosanase .....	50

## **DAFTAR GAMBAR**

Halaman

1.	Struktur polimer kitosan .....	15
2.	Tahap-tahap pewarnaan gram .....	30
3.	Tahap-tahap pewarnaan spora .....	31
4.	Pemurnian bakteri penghasil enzim protease .....	35
5.	Zona bening yang terbentuk pada media <i>skim milk agar</i> .....	36
6.	Zona bening yang terbentuk pada media agar kitosan .....	38

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Halaman

1.	Gambar bentuk elevasi, tepian, dan strukrur dalam koloni bakteri .....	64
2.	Pewarnaan gram dan bentuk sel bakteri penghasil enzim protease .....	65
3.	Pewarnaan gram dan bentuk sel bakteri penghasil enzim kitosanase .....	67
4.	Pewarnaan spora bakteri penghasil enzim protease .....	68
5.	Uji motilitas .....	70
6.	Uji katalase .....	71
7.	Uji fermentasi gula dan H <sub>2</sub> S .....	72
8.	Uji kebutuhan oksigen .....	73
9.	Skema identifikasi bakteri .....	74
10.	Kunci identifikasi bakteri gram positif .....	75



## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Lingkungan mengandung beranekaragam bakteri dalam jumlah yang berbeda-beda. Keadaan lingkungan menentukan jumlah dan spesies bakteri yang dominan di lingkungan tersebut (Gandjar *et al.*, 1992). Salah satu lingkungan yang menjadi habitat bakteri adalah saluran pencernaan ikan. Saluran pencernaan adalah tabung khusus yang terbagi menjadi beberapa bagian yang memanjang dari bibir hingga anus yang meliputi lambung, usus kecil dan usus besar. Menurut Leano *et al.* (2005), jumlah bakteri yang ditemukan dalam saluran pencernaan ikan lebih tinggi dibandingkan dengan lingkungan perairan sekitarnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa saluran pencernaan ikan menyediakan habitat yang menguntungkan bagi bakteri.

Mikroba merupakan salah satu alternatif sumber enzim potensial hal ini disebabkan pertumbuhan mikroba yang relatif cepat jika dibandingkan dengan tanaman dan hewan. Keunggulan enzim mikrobial dibandingkan dengan enzim yang berasal dari tanaman dan hewan adalah kemampuan produksi enzim oleh mikroba dalam jumlah yang relatif besar, produktivitasnya yang mudah ditingkatkan sehingga menghasilkan enzim mikrobial dengan harga yang lebih murah dan penanganan proses produksinya lebih mudah sehingga kualitas enzim yang diperoleh dapat lebih beragam (Vratyastoma, 2006).

Enzim protease dapat dihasilkan secara intraseluler dan ekstraseluler oleh tanaman, hewan dan mikroba serta mempunyai peranan penting dalam metabolisme

dan regulasi dalam sel (Ward, 1983). Bakteri proteolitik adalah bakteri yang memproduksi enzim protease ekstraseluler. Protease merupakan enzim yang mampu mengkatalis reaksi hidrolisis ikatan peptida pada protein. Beberapa mikroorganisme juga diketahui memproduksi enzim protease adalah *Bacillus* sp, *Citrobacter* sp, *Aeromonas* sp, *Clostridium* sp dan *Acinetobacter* sp (Jadris, 2013).

Kitosanase adalah enzim yang menghidrolisis kitosan menjadi oligomer kitosan. Seluruh organisme yang mengandung kitin juga memproduksi enzim kitonilitik, misalnya pada arthropoda yang berfungsi pada saat pergantian karapas. Beberapa mikroorganisme juga diketahui memproduksi enzim kitinolitik dalam metabolismenya adalah *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Cytophaga*, *Streptomyces*, *Photobacterium*, *Bacillus*, dan *Chromobacterium* (Gooday, 1994).

Berdasarkan kebiasaan makanannya, ikan dapat dibedakan atas tiga golongan, yaitu herbivora, karnivora, dan omnivora (Effendie, 1978). Beberapa jenis ikan karnivora air tawar seperti ikan gabus, baung dan betok juga memiliki kebiasaan makan ikan dan udang kecil. Menurut Mujiman (1994), karnivora yaitu ikan yang makanan pokoknya terutama terdiri dari hewan–hewan lainnya. Contohnya ikan gabus (*Channa striata*), ikan baung (*Mystus nemurus*) dan ikan betok (*Anabas testudineus*), ketiga jenis ikan tersebut mengkonsumsi udang, ikan, serangga, oligochaeta dan moluska. Menurut Lirenta (2008), ikan betok mengkonsumsi delapan kelompok makanan yaitu insekta, ikan, krustasea, serasah, *Bacillariophyceae*, *Chlorophyceae*, *Cyanophyceae*, dan organisme yang tidak teridentifikasi.

Di Indonesia sejumlah bakteri yang mampu menghasilkan enzim protease dan kitosanase telah diisolasi dari berbagai tempat diantaranya: isolasi dan karakterisasi protease dari bakteri tanah rawa Indralaya (Baehaki, 2011), isolasi bakteri dan uji aktivitas kitinase termofilik kasar dari sumber air panas (Dewi, 2008), isolasi dan identifikasi bakteri penghasil kitinase dari sumber air panas danau ranau (Muharni, 2010), isolasi dan karakterisasi enzim kitosanase dari bakteri laut yang berasosiasi dengan spons (Pratitis, 2006).

Untuk mengetahui jenis bakteri penghasil enzim protease dan kitosanase yang berasal dari ikan, maka perlu diadakan eksplorasi bakteri yang berasosiasi dengan saluran pencernaan ikan yang memangsa ikan dan udang kecil oleh rantai makanannya.

## **B. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan isolasi dan mengetahui karakteristik bakteri penghasil enzim kitosanase dan protease dari saluran pencernaan ikan gabus (*Channa striata*), baung (*Mystus nemurus*) dan betok (*Anabas testudineus*).

## **C. Hipotesis**

Diduga dalam saluran pencernaan pencernaan ikan gabus (*Channa striata*), baung (*Mystus nemurus*) dan betok (*Anabas testudineus*) terdapat bakteri penghasil enzim protease dan kitosanase pada saluran pencernaannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alawi, H. 1990. Memelihara Ikan dalam Karamba. Fakultas Perikanan, Universitas Riau.
- Allington, N.L. 2002. *Channa striatus*. Fish Capsule Report for Biology of Fishes. (online) (<http://www.umich.edu/~bio440/fishcapsules96/channa.html>)
- Arcidiacono, S., Stephen, J. L. dan David, L. K. 1989. Fermentation, Processing dan Enzyme Characterization for Chitosan Biosynthesis by *Mucor rouxii*. 1989. In: Braek, G. K., Thorleif, A. dan Paul, S. Chitin dan Chitosan. London : Elsevier. hal. 319 – 332.
- Ariana, N.R. Mubarik, T.S. Prawasti. 2003. Produksi dan karakterisasi protease *Citrobacter* sp. Galur BKL-1 dari saluran pencernaan ikan kerapu tawar (*Epinephelus tauvina*). Departemen Biologi. Institut Pertanian Bogor. Biosfera 20 (3) : 76
- Aslamsyah, S., Sriwulan dan H.Y. Azis. 2005. Penggunaan mikroflora dari saluran pencernaan sebagai probiotik untuk meningkatkan pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan gurame (*Osphronemus goramy lacepede*). Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah. Universityas Hasanuddin. Makassar
- Asyarah, D.Q. 2006. Studi Makanan Ikan Benteur (*Puntius binotatus*) di Bagian Hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung, Jawa Barat. Skripsi. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Baehaki, A., Rinto dan B. Arif. 2011. Isolasi dan Karekterisasi Protease dari Bakteri Tanah Rawa Indralaya, Sumatera Selatan. J. Teknologi dan Industri Pangan, Vol. XXII (1) : 10- 16.
- Basu, D dan A.N. Chaudhuri. 2014. Purification and characterization of chitinase from thermophilic *Staphylococcus* sp. International Journal of Environmental Science. Vol 4 Issue 4. Pages : 458-467.
- Blanch, A.R., M. Alsina, M. Simon and J. Jofre. 1997. Determination of Bacteria Associated with Reared Turbot (*Scophthalmus maximus*) larvae. *J Applied Microbio*, 82 (2) : 729-734.
- Brunvold, L., R.A. Sdanaa, H. Mikkelsen, E. Welde, H. Bleie dan Ø. Bergh. 2007. Characterisation of Bacterial Communities Associated With Early Stages of Intensively Reared Cod (*Gadus morhua*) Using Denaturing Gradient Gel Electrophoresis (DGGE). *Aquaculture* 272 (2) : 319-327.

- Buchar, T. 1998. Bioekologi komunitas ikan di danau Sebuah. Tesis Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Cahill, M.M. 1990. Bacterial Flora of Fishes: a review. *Microbial Ecol*, 19 (3) : 21-41.
- Cappuccino, J.G. and N. Sherman. 2008. Microbiology a Laboratory Manual. 8<sup>rd</sup> Edition. The Benjamin Publish. New York. USA. 462 pages.
- Choi, Y.J., J.K. Eun, P. Zhe, C.Y. Young and C.S. Yong. 2004. Purification and Characterization from *Bacillus* sp. Strain KCTC 0377 BP dan Its Application for the Production of Chitosan Oligosaccharides. *J. Enz. Microb Technol* . 7 (8) : 4522 – 4531.
- Cowan, S.T and K.J. Steel. 1974. Characterization Test Method. Di dalam: Manual for the Identification of Medical Bacteria. Ed ke-2. New York: Cambridge University Press.
- Darkuni, M.N. 2001. Mikrobiologi (Bakteriologi, Virologi, dan Mikologi). Universitas Negeri Malang.
- Dewi, I. M. 2008. Isolasi bakteri dan uji aktivitas kitinase termofilik kasar dari sumber air panas Tinggi Raja, Simalungun Sumatera Utara. Sekolah Pascasarjana Univertitas Sumatera Utara. Medan.
- Dinas Perikanan Propinsi Daerah Tingkat I Jambi. 1995. Pengenalan Jenis-Jenis Ikan Perairan Umum Jambi. Hal. 17-19 . Jambi.
- Djajadiredja, R., S. Hatimah dan Z. Arifin. 1972. Buku Pengenalan Sumber Perikanan Darat. Bagian I. Dirjen Perikanan, Departemen Pertanian. Jakarta.
- Effendie, M. I. 1978. Biologi Perikanan. Bagian I. Studi Natural Histori. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor.
- Effendie, M. I. 1997. Biologi Perikanan. Yayasan Pustaka Nusatama. Yogyakarta.
- Fardiaz, S. 1987. Mikrobiologi Pangan I. Bogor: Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor
- Fardiaz, S. 1989. Petunjuk Laboratorium Analisis Mikrobiologi Pangan. Bogor: Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi, Institut Pertanian Bogor
- Fardiaz, S. 1993. Analisis Mikrobiologi Pangan. Jakarta : PT.Raja Grafindo Persada

- Fatimah, I. 2005. Isolasi bakteri proteolitik dari pencernaan ikan nila galur gift (*Oreochromis niloticus (linnaeus) trewavas*) dan karakterisasi protease ekstraselulernya. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Fawzya, Y.N. 2002. Karakterisasi protease ekstraseluler dari isolat bakteri asal ikan hiu atas (*Carcharhinus limbatus*). Tesis S2. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Fitri, S.G.S. 2003. Karakterisasi dan produksi protease ekstraseluler *Bacillus* sp. Galur BKU-10 dari saluran *Epinephelus tauvinia* Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Gandjar, I., R.K. Isworo, M. Wibowo dan S. Lanita. 1992. Pedoman Praktikum Mikrobiologi Dasar. Jurusan Biologi FMIPA-UI, Depok.
- Gooday, G.W. 1994. Physiology of microbial degradation of chitin and chitosan. In: Biochemistry of Microbial Degradation. RABLEDGE, C. (Ed.). Kluwer Academic publ. Netherland
- Hadioetomo, R.S. 1985. Mikrobiologi Dasar Dalam Praktek. Jakarta : PT. Gramedia.
- Hadioetomo, R.S. 1993. Mikrobiologi Dasar Dalam Praktek, Teknik Dan Prosedur Dasar Laboratorium. PT Gramedia Pustaka. Jakarta: 163 hlm.
- Herbert, S.D and D.J. Cox. 1978, An Anaerobic Glove Box for the Isolation dan Cultivation of Methanogenic Bacteria, J. Appl. Bacteriol. 45:411-415
- Holt, J.G., N.R. Krieg, P.H.A Sneath, J.T. Staley dan William ST. 1994. Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. Edisi ke-9. New York: Lippicolt Williams dan Wilkins.
- Hotmatua, A.S. 2004. Potensi antimikroba oligomer kitosan yang dihasilkan dengan menggunakan enzim termostabil kitosanase LH 28.38. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Hovda, M.B., B.T. Lunestad, R. Fontanillas, J. Thomas dan J.T. Rosnes. 2007. Molecular Characterisation of The Intestinal Microbiota of Farmed Atlantic Salmon (*Salmo salar L.*). Aquaculture, 272: 581-588.
- Huber, I., B. Spanggaard, K.F. Appel, L. Rossen, T. Nielsen dan Gram L. 2004. Phylogenetic Analysis dan In Situ Identification of the Intestinal Microbial Community of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss, Walbaum*). J. App Microbiol, 96: 117-132.
- Huet, M. 1971. Text Book of Fish Culture, Breeding dan Cultivation of Fish. Fishing News ( Books ).

- Imaki, A., Kawamoto dan A. Suzuki. 1978. A History of Freshwater Fishes Collected from the Kapuas Rivers, Kalimantan Indonesia. Disertasi. The Institute for Breeding. Tokay University of Agriculture.
- Jadris, R.N. 2013. Isolasi bakteri proteolitik dari saluran pencernaan bawal air tawar (*Collossoma macropomum*) dan bawal bintang (*Trachinotus blochii*) berbasis marka molekuler gen 16s rRNA. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran. Jatinangor.
- Janzen, J. L., J.R. Bishop and A.B. Bodine. 1982. Relationship of protease activity, to shelf life, of skim and whole milk. *J. Dairy Sci.* 65: 1237 – 1240
- Jhingran, V.G. 1975. Fish dan Fisheries of India. Hal. 464-469. Hindustan Publishing Publications. India.
- Jutono, J., Soedarsono, S. Hartadi, S. Kabirun dan Susanto. 1973. Pedoman Praktikum Mikrobiologi Umum Untuk Perguruan Tinggi. Departemen Mikrobiologi. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Kaban, J. 2007. Studi karakteristik dan aplikasi film pelapis kelat logam alkali tanah alginat-kitosan. Disertasi Program Doktor Ilmu Kimia. USU. Medan.
- Kim, D.H., J. Brunt dan B. Austin. 2007. Microbial Diversity of Intestinal Contents dan Mucus in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J Applied Microbiol.*, 102 : 1654-1664.
- Kim, D.H dan B. Austin. 2006. Cytokine Expression In Leucocytes dan Gut Cells of Rainbow Trout, (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum), induced by probiotics. *Veterin Immunol Immunopathology*, 114 : 297-304.
- Kurniawati, C. P. 2013. Kualitas Kerupuk Kombinasi Ikan Gabus (*Channa Striata* Bloch), Tepung Ubi Jalar (*Ipomoea Batatas* L.) Putih, Dan Tepung Tapioka. Skripsi. Fakultas Teknobiologi, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Lagler, K.F. 1972. Freshwater Fishery Biology. W. M. C. Hal. 371-191. Brown Company Publisher Dubuque. Iowa.
- Lay, B.W. 1994. Analisis Mikroba di Laboratorium. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Leano, E. M., G.D. Lio-Po, L.A. Nadong, A.C. Tirado, R.B. Sabada and N.G. Guanzon Jr. 2005. Mycoflora of the green water culture system of tiger shrimp *Penaeus monodon* Fabricius. *Aquaculture research* 36: 1581-1587

- Lehninger, A.L. 1982. Principles of Biochemistry. *Diterjemahkan oleh Thenawidjaja, M.* Dasar-dasar Biokimia. Penerbit Erlangga. Jakarta
- Le Fish Corner. 1999. Fish of the Week. Asian snakeheads. (online) (<http://www.seremban.net/fishcorner/fc250999.html>).
- Lirenta, M.H. 2008. Kebiasaan Makanan Ikan Betok (*Anabas Testudineus*) Di Daerah Rawa Banjiran Sungai Mahakam, Kec. Kota Bangun, Kab. Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Makmur, S. 2003. Biologi reproduksi, makanan dan pertumbuhan ikan gabus (*Channa striata* Bloch) di daerah banjiran Sungai Musi Sumatera Selatan. Tesis S2. Institut Pertanian Bogor.
- Moyle, P.B, dan J.J. Cech Jr. 2004. Fishes An Introduction to Ichthyology. Hal. 111-125. Prentice Hall, Upper Saddle River. NJ.
- Muharni, 2010. Isolasi dan identifikasi bakteri penghasil kitinase dari sumber air panas danau Ranau Sumatera Selatan. Jurusan Biologi FMIPA, Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan. Jurnal Penelitian Sains Edisi Khusus Juni 2010 (D) 10:06-09
- Mujiman, A. 1994. Makanan ikan. Jakarta: seri Perikanan
- Murray, R.K., D.K. Granner dan V.W. Rodwell. 2003, Biokimia, Jakarta , EGC. 70-102.
- Mustakim, M. 2008. Kajian Kebiasaan Makanan dan Kaitannya Dengan Aspek Reproduksi Ikan Betok (*Anabas testudineus* Bloch) Pada Habitat yang Berbeda di Lingkungan Danau melintang Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Muzzarelli, R., V. Baldassare, F. Conti, P. Ferrara, dan G. Biagini. 1988. Biological activity of Chitosan: Ultrastructural Study. Biomaterial, 9:247-252.
- Noviendri, D dan Y.N. Fawzya. 2008. Produksi enzim kitosanase dari bakteri *Staphylococcus captis* dan pengaruh perlakuan ultrafiltrasi dan liofilisasi terhadap aktivitasnya. Prosiding Semnaskan. Jakarta.
- Olsen, M.A., T.H. Aagnes, and S.D Mathiesen. 1994. Department of Artic Biology and Institute of Medical Biology. University of Tromso App and Environ Microbiol. 4445-4455.
- Onarheim, A.M., R. Wiik, J. Burghardt, dan E. Stackebrdant. 1994. Characterization dan identification of two Vibrio Species Indigenous to the Intestine of Fish

- in Cold Sea Water; Description of *Vibrio iliopiscarius* sp. nov. *Systematic dan App Microbiol*, 17 : 370-379.
- Paada, M.Y. 2004. Pemurnian dan karakterisasi enzim protease serin dari *Bacillus subtilis* rekombinan. Tesis S2. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Pakpahan, R. 2009. Isolasi bakteri dan uji aktivitas protease termofilik dari sumber air panas Sipoholon Tapanuli Utara Sumatera Utara. Tesis S2. Universitas Sumatera Utara. Medan
- Park, J.K., K. Shimono, N. Ochiai, K. Shigeru, M. Kurita, Y. Ohta, K. Tanaka, H. Matsuda, dan M. Kawamukai. 1999. Purification, Characterization, and Gene Analysis of a Chitosanase (ChoA) from *Matsuebacter chitosantabidus* 3001. *J. Biotechnol.* 181 (21) : 6642-6649.
- Pelczar, M.J. dan E.C.S. Chan. 1986. Elements of Microbiology. *Diterjemahkan oleh Hadioetomo, S. Katna , T. Imas, S. S. Tjitrosono, S. L. Angka*. Dasar-dasar Mikrobiologi I. Universitas Indonesia. Jakarta
- Pelletier, A., and J. Sygusch. 1992. Purification dan characterization of three chitosanase activities from *Bacillus megaterium* P1. *Appl. dan Environ. Microbiol.* 56 (4) : 844-848.
- Piza, F.A.T., A.P. Siloto., C.V. Carvalho, and T.T. Franco. 1999. Production, Characterization, dan Purification of Chitosanase from *Bacillus cereus*. *Appl. Environ. Microbial.* 16 : 663-687.
- Pratitis, A. 2006. Isolasi dan karakterisasi enzim kitosanase dari bakteri laut yang berasosiasi dengan spons. Skripsi. Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.
- Poernomo, A. T dan D. A. Purwanto. 2003. Enzim kitinase. *Majalah Farmasi Airlangga*. Jakarta. 3(3): 31-32.
- Rao, M.B., A.M. Tanksale, M.S. Ghatge and V.V Deshpande. 1998. Molecular dan biotechnological aspects of microbial proteases. *Microbiol. Dan Mol. Biol.*
- Ridho, M.R., E.P. Sagala, Nurlina, R. Yasinta, R. Haryani. 2012. Penuntun praktikum ikhtiologi. Jurusan Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sriwijaya. Indralaya
- Ringø, E., S. Sperstad, R. Myklebust, S. Refstie dan A. Krogdahl. 2006. Characterisation of the Microbiota Associated With Intestine Of Atlantic Cod (*Gadus Morhua* L.) the Effect of Fish Meal, Standard Soybean Meal dan a Bioprocessed Soybean Meal. *Aquaculture*, 261 : 829-841.

- Sadikin, M. 2002. Biokimia Enzim. Widya Medika. Jakarta.
- Sakata, T. 1990. Microflora in the Digestive Tract Of Fish dan Shellfish. *Microbiology in Poecilotherms (Ed. Lesel R.)*, Elsevier. Amsterdam. 171-176.
- Satle, A.J. 1961. Fundamental Principles of Bacteriology. Mc Graw Hill Book Company Inc. New York
- Simunek, J.G., B. Tishchenko dan Hodrova. 2006. Effect of chitosan of human colonic bacteria. *J. Folia Microbiol.* Vol. 51 (4), 306- 308.
- Sinaga, T.P., M.F. Rahardjo dan D. S. Syafei. 2000. Bioekologi ikan gabus (*Channa striata*) pada aliran sungai Banjaran Purwokerto. Pros. Seminar nasional keanekaragaman hayati ikan. Pusat Studi Ilmu Hayati IPB dan Puslitbang Biologi LIPI, Bogor. Hal 133-140.
- Sitanggang, T.P. 2002. Inventarisasi bakteri pada ikan hias rainbow, ikan cupang, dan ikan gapi di derah Jakarta Barat. Skripsi. Progam Studi Budidaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB. Bogor
- Stanbury, P.F., A. Whitaker. 1984. Principle of Fermentation Technology. New York: Pergamon Pr.
- Sudarsono, A. 2008. Isolasi dan karakterisasi bakteri pada ikan laut dalam spesies ikan gindara (*Lepidocibium flavobronneum*). Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Sugita, P., W. Tuti, S. Ahmad dan W. Dwi, 2009. Kitosan: Sumber Biomaterial Masa Depan. IPB Press. Bogor.
- Sukma, P. 2003. Produksi dan karakterisasi protease *Bacillus* sp. galur BBU-32 asal saluran pencernaan *Parastromateus niger* Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Suhartono, M.T. 1992. Protease. Pusat Antar Universitas Bioteknologi IPB. Bogor. 154 hlm
- Suhartono, M.T. 1989. Enzim dan Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Sunatmo, T.I. 2007. Eksperimen mikrobiologi dalam laboratorium. Penerbit Ardy Agency. Bogor
- Supyan. 2011. Aspek Biologi Ikan Baung. (online) (<http://www.scribd.com>, diakses pada 14 Maret 2014).

- susi. 2002. Isolasi kitinase dari *Sclerotoderma columnae* dan *Trichoderma harzianum*. Jurnal Ilmu Dasar, 3(1) : 30 - 35
- Syafei, D.S., B.B.A. Malik, H. Suherman, Asnawati. 1995. Pengenalan jenis-jenis ikan perairan umum. Dinas Perikanan Propinsi Jambi. Hal 36-38.
- Taki, Y. 1974. Fishes of The Lao Mekong Basin. United States Agency for International Development Misision to Laos. Agriculture Division.
- Uchida, Y., T. Koji, S. Osamu dan K. Kiyoshi. 1992. Purification and enzymatic properties of chitosanases from *Bacillus licheniformis* and their application. London : Elsevier. hal. 282 – 292.
- Uria, A.R., and E. Chasanah. 2005. Chitinase and chitosanase from microorganisms associated with marine sponges. Laboratory of Marine and Fisheries Biotechnology. Jakarta.
- Volk, A. Swisley, F. Margargareth dan Wheeler.1988. The Basic ATicrobiology. Vol. I..Jakarta : Erlangga
- Vratyastoma, A. K. 2006. Optimasi produksi dan karakterisasi enzim protease dari *Bacillus natto*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Walford, J.T dan T.J. Lam. 1993. Development of digestive tract and proteolitic enzyme activity in seabass (*Lates Calcarifer*) larvae and juveniles. Aquaculture
- Ward, O.P. 1983. Properties of microbial proteinase. Microbiol Enzyme dan Biotechnol. Appl. Sci. London
- Weichert. C.K. 1959. Elements of Chordate Anatomy. Mc Grow Hill. New York
- Welcomme, R.L. 2001. Inland Fisheries: Ecology dan Management. Blackwell Science Ltd. London.
- Widjajanti, H dan Munawar. 1996. Penuntun Praktikum Mikrobiologi: FMIPA-Biologi Universitas Sriwijaya. Inderalaya: 38 hlm.
- Winarno, F.G. 1985. Enzim Pangan. Jakarta: Gramedia.
- Yabuki, M. 1989. Characterization of Chitosanase Produced By *Bacillus circullans* MH – K1. In: Braek, G. S., Thorlief, A. and Paul, S. Chitin and Chitosan. London : Elsevier. hal. 197 – 206
- Zakaria, M. B., Syaidatul, N. Z., Muslihah, M., Hasrani, H., Nurul, A. H. Z. 2012. Identification of chitosan-degrading microbes for the production of

chitooligomer. *3rd International Conference on Chemistry dan Chemical Engineering IPCBEE* vol.38. IACSIT Press. Singapore

Zilberstein, B., G.Q. Alina, Manoel, A. Santos, D. Pajecki, E.G Moura; P. B. A. Alves, F. M Filho, J. A. de Souza; J. Gama-Rodrigues 2007. Digestive tract microbiota in healthy volunteers. Institute of Biomedical Sciences. Department of Microbiology. São Paulo University Medical School. Brazil.