

Betty Bagau

Special Bone Meal

Aplikasi Alkali Alami dan Sintetik
Tulang Ikan Cakalang



UNPAD PRESS

SPECIAL BONE MEAL
Aplikasi Alkali Alami dan Sintetik
Tulang Ikan Cakalang

BETTY BAGAU

SPECIAL BONE MEAL
Aplikasi Alkali Alami dan Sintetik
Tulang Ikan Cakalang



UNPAD PRESS

TIM PENGARAH

Ganjar Kurnia
Mahfud Arifin, Engkus Kuswarno,
Sulaeman R. Nidar

Judul

Special Bone Meal
(Aplikasi Alkali Alami dan Sintetik
Tulang Ikan Cakalang)

Penulis:

Betty Bagau

EDITOR

Denie Hariyadi

Desain Cover

J.A. Andaki

Copyright © 2012
ISBN 978-602-8743-85-3
UNPAD PRESS

PENGANTAR

Tulang ikan yang termasuk dalam salah satu komponen limbah padat ikan cakalang dan merupakan hasil sisa industri pengolahan ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis* L) memiliki prospek untuk dapat ditingkatkan dayagunanya melalui pembuatan *Special Bone Meal*. Produk ini pemanfaatannya sangat luas dalam industri pakan, yaitu menyediakan suplemen mineral bagi ternak. Mineral tergolong zat gizi mikro ditinjau dari aspek kebutuhannya dalam suatu susunan ransum, namun peran fisiologisnya sangat menentukan berbagai proses metabolisme dalam tubuh ternak sehingga penggunaan mineral terutama kalsium dan fosfor harus dipilih dari sumber yang dapat diperkirakan ketersediaannya atau nilai bioavailabilitasnya.

Prinsip pengolahan tulang ikan dalam menghasilkan *Special Bone Meal* sebagai sumber mineral, didasarkan pada prinsip umum pengolahan tulang menjadi tepung tulang, yaitu dengan cara menghilangkan semaksimal mungkin bagian bukan mineral atau bahan organik yang terkandung dalam limbah tersebut dan memutuskan ikatan antara protein, kolagen dan mineral. Pengolahan ini dapat dilakukan secara kimiawi menggunakan larutan basa atau alkali yang berperan menghidrolisis komponen bukan mineral pada tulang. Larutan alkali dapat bersumber dari produk kimiawi di antaranya NaOH dan alkali alami seperti Filtrat Abu Sekam Padi (FASP). Keefektifan jenis-jenis alkali ini sangat mungkin memiliki perbedaan dalam menghidrolisis komponen bukan mineral dari tulang ikan sehingga akan menghasilkan tepung mineral yang memiliki kualitas berbeda pula. Oleh sebab itu, dirasakan perlu adanya pengkajian dan referensi yang

akan menambah wawasan tentang teknik pengolahan tulang ikan menjadi sumber mineral terutama kalsium dan fosfor. Berdasarkan kepentingan tersebut maka disusunlah buku ini dengan judul *Special Bone Meal Aplikasi Hidrolisis Alkali Alami dan Sintetik Tulang Ikan Cakalang (Katsuwonus pelamis L)*.

Penulis menyadari bahwa dalam penerbitan buku ini melibatkan berbagai pihak yang berperan memberikan motivasi, saran dan arahan yang bermakna melengkapi isi buku ini.

Perhatian dan kasih sayang yang penulis dapatkan dari suami tercinta Jardie Androkles Andaki, S.Pi., M.Si serta anak-anak Jordan Brilliant Andaki dan Joshua Andromeda Milenio Andaki telah memotivasi penulis untuk menyelesaikan dan mempersembahkan karya ini menjadi kebanggaan bersama.

Akhirnya penulis mempersembahkan karya ini kepada segenap pembaca, semoga bermanfaat.

Bandung
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB I MINERAL PADA TERNAK.....	1
Pengenalan Mineral Secara Umum	1
Nutrisi Mineral pada Ternak	3
Fungsi Mineral	5
BAB II MINERAL KALSIUM DAN FOSFOR.....	13
Mekanisme Pengaturan Kalsium dan Fosfor pada Ternak	16
Bioavailabilitas Kalsium dan Fosfor pada Ternak Unggas.....	19
Keseimbangan Kalsium dan Fosfor	24
Sumber Kalsium dan Fosfor Bagi Unggas.....	25

BAB III	METODE PENGOLAHAN	
	TEPUNG TULANG (<i>Bone Meal</i>).....	37
	Penilaian Kualitas Tepung Tulang (<i>Bone Meal</i>).....	41
	Penilaian Kualitas Fisik Tepung Tulang (<i>Bone Meal</i>)	41
	Metode Penilaian dengan Scanning Electron Microscope (SEM).....	45
	Metode Penilaian Karakteristik Kimiawi dengan Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS)	49
	Penilaian Kualitas Kimiawi Tepung Tulang (<i>bone meal</i>).....	44
	Penetapan Kalsium dengan Metode Titration $KMnO_4$	53
	Penetapan Fosfor Metode Molibdat- Vanadat	55
BAB IV	POTENSI DAN KARAKTERISTIK	
	TULANG IKAN CAKALANG	61
	Ikan Cakalang.....	61
	Produksi Ikan Cakalang di Indonesia.....	64
	Potensi Limbah Padat Ikan Cakalang	66
	Karakteristik Tulang Ikan Cakalang	70

	Mineral Tulang Ikan	72
	Kolagen Tulang Ikan	74
	Lemak/Minyak pada Ikan	75
BAB V	NILAI TAMBAH TULANG IKAN CAKALANG	79
	Tulang Ikan Cakalang Sebagai Sumber Gelatin.....	79
	Tulang Ikan Cakalang Sebagai Bahan Baku <i>Special Bone Meal</i>	83
BAB VI	METODE PENGOLAHAN <i>Special Bone Meal</i> TULANG IKAN CAKALANG SECARA HIDROLISIS ALKALI.....	87
	Hidrolisis oleh Larutan Alkali	92
	Pengaruh Hidrolisis Alkali terhadap Komponen	93
	Protein	93
	Lipid.....	95
	Karbohidrat	96
	Asam Nukleat	97
	Sumber Larutan Alkali	97
	Alkali Kemis	98
	Alkali Alami : Filtrat Abu Sekam Padi (FASP).....	101

Prosedur Pengolahan <i>Special Bone Meal</i>	103
Produk Pilihan Hasil Hidrolisis Alkali Sintetik (NaOH) dan Alkali Alami (FASP).....	113
Beberapa Hasil Penelitian Tentang Proses Pengolahan Tulang Ikan Sebagai Sumber Kalsium dan Fosfor	113
Pengolahan Tepung Tulang Sapi	118
BAB VII KARAKTERISTIK <i>Special Bone Meal</i> PRODUK HIDROLISIS ALKALI	125
Karakteristik Fisik Tulang Ikan Cakalang Hasil Hidrolisis Alkali Hasil <i>Scanning Elektron Microscope</i> (SEM).....	125
Karakteristik Kimia (Kadar Unsur) Tulang Ikan Cakalang Hasil Hidrolisis Alkali dengan Energy Dispersive X-Ray Spektroskopi (EDS).....	129

Kadar Unsur Kalsium dan Fosfor Tulang Ikan Cakalang Tanpa Hidrolisis Alkali.....	129
Kadar Unsur Kalsium dan Fosfor Tulang Ikan Cakalang Produk Hidrolisis Filtrat Abu Sekam Padi (FASP)	130
Kadar Unsur Kalsium dan Fosfor Tulang Ikan Cakalang Produk Hidrolisis NaOH.....	131
Aplikasi Pemanfaatan <i>Special Bone Meal</i> sebagai Sumber Kalsium dan Fosfor dalam Ransum Terhadap Karakteristik Tulang Ayam Pedaging	133
Pengaruh Pemanfaatan <i>Special Bone Meal</i> dalam Ransum Terhadap Bobot Tulang Karkas Ayam Pedaging	135
Pengaruh Pemanfaatan <i>Special Bone Meal</i> dalam Ransum Terhadap Bobot Tulang Tibia Ayam Pedaging.	136
Pengaruh Pemanfaatan <i>Special Bone Meal</i> dalam Ransum Terhadap Kandungan Kalsium Tulang Tibia Ayam Pedaging.	140

PENUTUP.....	145
DAFTAR PUSTAKA	147
GLOSARI	161
INDEX.....	171
Tentang Penulis.....	177

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1. Mineral yang Dibutuhkan dan Fungsinya bagi Ternak.	7
Tabel 2.1. Sumber Kalsium untuk Ransum Ternak.	34
Tabel 2.2. Sumber Fosfor untuk Ransum Ternak	35
Tabel 3.1. Kandungan Zat Makanan Berbagai Jenis <i>bone meal</i>	41
Tabel 4.1. Kandungan Zat-zat Makanan Tulang Ikan Cakalang (<i>Katsuwonus pelamis</i> L).	71
Tabel 5.1. Hasil Analisis Kandungan Mineral Kalsium dan Fosfor bagian Limbah Padat Ikan Cakalang.....	85
Tabel 7.1. Kandungan zat-zat makanan 3 macam ransum pada Penelitian Pemanfaat <i>Special Bone Meal</i> sebagai Sumber Kalsium dan Fosfat.	134
Tabel 7.2. Pengaruh Perlakuan Terhadap Bobot Tulang Karkas Ayam Pedaging (gram).....	135

Tabel 7.3. Pengaruh Perlakuan Terhadap Bobot Tulang Tibia Ayam Pedaging (gram).....	138
Tabel 7.4. Pengaruh Perlakuan Terhadap Panjang Tulang Tibia Ayam Pedaging (cm).....	139
Tabel 7.5. Pengaruh Perlakuan Terhadap Kandungan Kalsium Tulang Tibia Ayam Pedaging (persen).	140
Tabel 7.6. Pengaruh Perlakuan Terhadap Kandungan Fosfor Tulang Tibia Ayam Pedaging (persen).	142

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.2. Mekanisme Kerja Vitamin D, Hormon Paratiroid (PTH), Kalsium dan Fosfor.	18
Gambar 2.3. Contoh Bahan-bahan Sumber Kalsium dan Fosfor untuk Ternak.	36
Gambar 3.1. Bentuk Tepung Tulang Berdasarkan Cara Pemrosesan.	40
Gambar 3.2. Alat Vacuum Evaporator.	46
Gambar 3.3. Peralatan <i>Scanning Microscope Electron</i> (SEM).	46
Gambar 3.4. Tempat Pengisian Sampel pada SEM	47
Gambar 3.5. Hasil SEM Sampel Tulang yang Diolah (A) 600 ⁰ C, (B) 900 ⁰ C dan (C) 1200 ⁰ C (Venkatesen dan Kim, 2010)	49
Gambar 3.6. Hasil EDX Sampel Tulang yang Diolah (A) 600 ⁰ C, (B) 900 ⁰ C dan (C) 1200 ⁰ C (Venkatesen dan Kim, 2010)	50

Gambar 4.1. Bentuk Tubuh Ikan Cakalang (<i>Katsuwonus pelamis</i> L).	63
Gambar 4.2. Bagan Produk dan limbah Pengolahan Ikan.	69
Gambar 4.3. Kristal Mineral Tulang yang Terikat Dalam Molekul Kolagen.	73
Gambar 5.1. Struktur Kimia Gelatin.	80
Gambar 5.2. Gelatin Tulang Ikan.	81
Gambar 5.3. Tulang Ikan Cakalang.	84
Gambar 6.1. Tulang Hewan Hasil olahan Alkali dengan Tekanan Tinggi dapat hancur oleh tangan.	93
Gambar 6.2. Bagian Dari Suatu Struktur Protein.	95
Gambar 6.3. Bentuk Kristal NaOH.	99
Gambar 6.4. Sekam Padi-Abu Sekam Padi.	102
Gambar 6.5. Ilustrasi Prosedur Pembuatan <i>Special Bone Meal</i>	112
Gambar 6.6. Alur Proses Pembuatan Tepung Tulang Ikan Tuna.	115
Gambar 6.7. Prosedur Pembuatan Tepung Tulang Ikan Kakap Merah.	116
Gambar 6.8. Pembuatan Tepung Tulang Patin.	117
Gambar 6.9. Proses Pembuatan Gelatin dan Tepung Tulang Ikan Secara Basa (Tawiyah, Kemal, 2001).	123

Gambar 7.1. Scanning Electron Microscope (2000x) Tulang Ikan Cakalang.	126
Gambar 7.2. Tulang Ikan Produk Hidrolisis NaOH (4 persen; 48 jam).	128
Gambar 7.3. Tulang Ikan Produk Hidrolisis NaOH (4 persen; 48 jam), Secara Fisik Mudah Dihancurkan.....	128
Gambar 7.4. Kadar elemen Ca dan Fosfor pada sampel Tulang Ikan tanpa pengolahan Alkali.	129
Gambar 7.5. Kadar Elemen Ca dan Fosfor pada Sampel Tulang Ikan Produk Pengolahan FASP.	130
Gambar 7.6. Kadar elemen Ca dan Fosfor pada sampel Tulang Ikan Produk Pengolahan NaOH.	132
Gambar 7.7. Tulang Tibia Ayam Pedaging Hasil Penelitian.....	137

MINERAL PADA TERNAK

Pengenalan Mineral Secara Umum

SEKITAR tahun 1981, sejumlah 22 unsur mineral diyakini menjadi 'penting' untuk bentuk kehidupan hewan tingkat tinggi. Mineral dimaksud terdiri atas tujuh mineral utama atau makronutrien, yaitu kalsium, fosfor, kalium, natrium, klorin, magnesium dan sulfur dan 15 unsur mineral atau mikronutrien, yaitu besi, yodium, seng, tembaga, mangan, kobalt, molibdenum, selenium, kromium, timah, vanadium, fluorin, silikon, nikel, dan arsenik. Sejak itu, aluminium, timah dan rubidium telah terbukti bermanfaat dalam beberapa keadaan, esensialitas dari penemuan unsur ini sering disebut sebagai elemen 'baru' dan sebagian besar didasarkan pada efek pertumbuhan pada hewan laboratorium yang dibesarkan dalam kondisi yang sangat khusus. (Underwood, 1999).

Awalnya, elemen 'baru' belum terbukti memiliki signifikansi praktis dalam nutrisi ternak, tetapi pengalaman dengan selenium menunjukkan bahwa kepentingan elemen tersebut justru harus dikembangkan. Elemen-elemen tersebut awalnya dianggap hanya kepentingan ilmiah namun, penelitian dikembangkan dan diperoleh hasil tentang arti penting selenium dalam pencegahan nekrosis hati pada tikus, bahkan selenium responsif pada beberapa penyakit ternak yang diamati di beberapa negara.

Sedikit yang diketahui mengenai jumlah, bentuk dan metabolisme dari elemen ini baik di tanah, tumbuhan, dan hewan atau dari sisi fisiologis kehadiran mineral ini. Selain 25 mineral esensial, semua jaringan tanaman dan hewan mengandung lebih dari 20-30 unsur mineral, sebagian besar dalam konsentrasi kecil dan beragam.

. Ahli nutrisi atau teknik biokimia dalam pendalamannya, telah menambahkan unsur mineral pada daftar 'esensial'. Jaringan hewan maupun bahan pakan mengandung unsur anorganik atau mineral dalam jumlah yang bervariasi. Unsur anorganik merupakan abu yang tersisa setelah pengabuan. Sebagian besar sebagai abu oksida, karbonat dan sulfat, sehingga persentase abu total lebih tinggi dari jumlah elemen anorganik ditentukan secara individual, meskipun kerugian dari beberapa bentuk yang mudah menguap mungkin terjadi selama *ashing*. Sebelum pertengahan abad ke-19, walaupun hanya merupakan ide yang samar-samar, sifat dan fungsi dari unsur mineral pada jaringan tanaman dan hewan mulai ditelaah.

Nutrisi Mineral pada Ternak

Elemen mineral ada dalam sel dan jaringan tubuh hewan dalam berbagai fungsi, kombinasi kimia dan dalam konsentrasi yang khas. Konsentrasi unsur penting biasanya harus dipertahankan dalam batas cukup sempit, guna integritas fungsional dan struktural jaringan dapat berfungsi baik untuk pertumbuhan, kesehatan dan produktivitas hewan tetap berlangsung.

Konsumsi dalam waktu lama untuk pakan yang kekurangan, tidak seimbang atau terlalu tinggi kandungan mineralnya akan memicu perubahan pada bentuk atau konsentrasi mineral dalam jaringan tubuh dan cairan, sehingga akan berada di bawah atau naik di atas batas toleransi. Dalam keadaan seperti itu, akan terjadi gangguan (*lesions*) biokimia, fisiologis dan berdampak negatif berupa gangguan struktural yang mungkin timbul, tergantung jenis unsur, derajat dan durasi defisiensi makanan atau toksisitas serta tergantung pula pada umur ternak, jenis kelamin dan spesies hewan yang mengalami keadaan tersebut. Pencegahan utama, yaitu mengatur diet yang sesuai dan tidak berlebihan tetapi mengandung mineral yang dibutuhkan, serta nutrisi lainnya, dalam jumlah yang memadai, proporsi yang tepat dan dalam bentuk yang tersedia (Chesters dan Arthur, 1988).

Sejumlah besar ternak di banyak bagian dunia mengkonsumsi diet yang tidak memenuhi persyaratan (McDowell *et al.*, 1993). Akibatnya, timbul gangguan gizi, yang berkisar dari kekurangan mineral akut atau parah atau penyakit toksisitas, ditandai dengan penyakit klinis, perubahan patologis dan kematian yang tinggi, dengan kondisi ringan dan sementara. Hal tersebut menimbulkan kesulitan dalam mendiagnosis dengan

pasti dan hanya dinyatakan sebagai *unthriftiness* atau pertumbuhan, produksi dan kesuburan yang tak memuaskan. Defisiensi maupun toksisitas dianggap sangat penting dalam nutrisi ternak karena efeknya lebih membingungkan dibanding dengan efek *semistarvation* karena *underfeeding*, kekurangan protein dan berbagai jenis gangguan parasit. Di banyak bagian dunia, produktivitas ternak dibatasi terutama oleh kekurangan energi yang tersedia dan protein, penyakit menular dan parasit dan kekurangan genetik pada hewan. Sejalan dengan keterbatasan itu dilakukan berbagai perbaikan pada cara pencegahan defisiensi mineral dan pengaturan ketidakseimbangan yang lebih kritis (Suttle, 1991).

Intake mineral tunggal yang tidak cukup atau berlebihan merupakan hal yang tidak biasa di lingkungan alamiah. Hal ini diperburuk atau diperbaiki, yaitu 'dikondisikan', oleh sejauh mana komponen makanan lain berinteraksi dengan metabolisme mineral. Insiden dan keparahan kekurangan gizi mineral pada ternak dapat lebih dipengaruhi, baik secara langsung maupun tidak langsung, oleh faktor iklim, seperti sinar matahari dan curah hujan. Sinar matahari meningkatkan pembentukan vitamin D dalam hewan, yang pada gilirannya memfasilitasi penyerapan kalsium dan fosfor. Konsentrasi fosfor pada tanaman dedaunan jatuh dengan meningkatnya kematangan dan jatuhnya benih ke tanah. Di daerah mana pun, panjang relatif periode, kering matang (fosfor rumputan rendah) dan periode, hijau tumbuh (fosfor rumputan tinggi) ditentukan terutama oleh curah hujan. Kondisi iklim atau musiman memengaruhi terjadinya defisiensi fosfor dalam penggembalaan. Hujan deras, mengakibatkan genangan air, juga meningkatkan ketersediaan beberapa mineral tanah untuk tanaman, terutama kobalt dan molibdenum, sehingga memengaruhi konsentrasi unsur pada rumput.

Fungsi Mineral

Ada empat fungsi utama mineral, yaitu struktural, fisiologis, katalitik dan pengaturan/regulatory.

1. **Struktural** : mineral dapat membentuk komponen struktural organ tubuh dan jaringan, misalnya kalsium, fosfor, fluor, magnesium, dan silikon dalam tulang dan gigi, demikian juga fosfor dan sulfur dalam protein otot. Mineral seperti seng dan fosfor juga dapat memberikan kontribusi pada stabilitas struktur molekul dan membran.
2. **Fisiologis** : fungsi mineral secara fisiologis terjadi dalam cairan tubuh dan jaringan sebagai elektrolit, mengatur tekanan osmotik, keseimbangan asam-basa, permeabilitas membran dan iritabilitas jaringan. Mineral natrium, kalium, klorida, kalsium dan magnesium dalam darah, cairan serebrospinal dan cairan lambung memberikan contoh fungsi tersebut.
3. **Catalytic** : mineral dapat bertindak sebagai katalis dalam sistem enzim dan hormon, sebagai komponen integral dan spesifik dari struktur metalloenzymes atau aktivator kurang spesifik dalam sistem tersebut. Jumlah dan berbagai metalloenzymes yang teridentifikasi meningkat selama dua dekade terakhir.
4. **Regulatory** : dalam beberapa tahun terakhir, mineral telah ditemukan untuk mengatur replikasi sel dan diferensiasi. Kalsium, misalnya, berpengaruh dalam pengaturan transduksi sinyal dan seng pada pengaturan transkripsi, serta unsur yodium sebagai konstituen tiroksin.

Dalam metalloenzymes, logam terikat pada bagian protein, dengan jumlah tetap per mol atom logam protein. Logam tidak dapat dihilangkan tanpa kehilangan aktivitas enzim dan biasanya tidak bisa digantikan oleh logam lainnya. Namun, atom seng di beberapa enzim seng dapat digantikan oleh kobalt dan cadmium tanpa kehilangan keaktifitasan (Vallee, 1971 *dalam* Underwood and Suttle, 1999), dan metalloenzymes individu tidak selalu domain dari logam tunggal. Superoksida dismutase, yang mengkatalisis dismutation dari radikal bebas superoksida, mungkin mengandung tembaga ditambah seng atau mangan, bergantung atas sumbernya. Konsentrasi dan kegiatan mineral-enzim asosiasi khususnya unsur dalam tubuh hewan.

Konsentrasi dan aktivitas-aktivitas mineral-asosiasi enzim, khususnya sel-sel dan jaringan dalam beberapa peristiwa berhubungan dengan defisiensi dan tingkat keracunan unsur itu dalam tubuh hewan. Munculnya ketidakteraturan klinis dan penyakit sebagai akibat kelainan mineral berkenaan dengan komposisi makanan yang tidak seimbang (Chesters dan Arthur, 1988). Dua unsur mineral, yodium dan kobalt merupakan mineral sangat penting berkaitan dengan peran fungsionalnya dalam proses metabolisme, hingga ditambahkan sebagai pakan tunggal atau dalam campuran thyroxine dan vitamin B₁₂.

Unsur mineral penting atau esensial bagi ternak terdapat kurang lebih 13 unsur yang terdiri atas mineral makro dan mineral mikro.

Tabel 1.1 Mineral yang Dibutuhkan dan Fungsinya Bagi Ternak.

Mineral	Fungsi	Sumber
Garam Dapur (NaCl), Sodium dan Klorin	Digunakan dalam cairan lambung, mempertahankan persentase air tubuh.	Garam
Kalsium (Ca)	Peran dalam koagulasi darah, pembentukan tulang dan gigi, serta fungsi vital lainnya.	Dikalsium fosfat, tepung tulang
Kalium (K)	Kontrol otot dan pembentukan tulang.	Hijauan yang berkualitas baik
Magnesium (Mg)	Pembentukan tulang gigi dan koordinasi otot.	*Magnesium sulfat (garam Epsom)
Belerang (S)	Sintesis asam yang mengandung S.	Hijauan yang berkualitas ; *unsur S
Jodium (I)	Perlu untuk fungsi tiroid.	*Garam ber-yodium
Kobalt (Co)	Perlu untuk bakteri guna sintesis vitamin B ₁₂ .	*Co sulfat

Lanjutan Tabel 1.1.

Mineral	Fungsi	Sumber
Tembaga (Cu)	Perkembangan rambut pembentukan hemoglobin (darah beroksigen).	*Cu sulfat
Mangan (Mg)	Pembentukan tulang	Hijauan yang berkualitas ; garam mineral 'trace'
Besi (Fe)	Bagian dari hemoglobin (pengangkut oksigen).	Hijauan yang berkualitas ; *Fe fosfat.
Seng (Zn)	Kulit dan rambut suatu komponen insulin.	Hijauan yang berkualitas ; *Zn fosfat
Selenium (Se)	Berkaitan dengan vitamin E.	Tepung biji lin ; ada lahan yang kandungannya pada tingkat yang bersifat racun.
Molibdenum (Mo)	Merangsang pencernaan serat, dibutuhkan hanya sedikit.	Hijauan yang berkualitas

*) Garam-garam bermineral 'trace' merupakan sumber yang baik. Sumber : Scott, *et al.*, (1982).

Dalam tubuh ternak beberapa dari mineral yang saling berhubungan dan dipengaruhi oleh unsur yang lain apabila berlebihan, tetapi ada pula yang bersifat antagonis atau memiliki efek antagonistik apabila yang satu berlebihan.

Kalsium :

- a. Kadar Ca yang tinggi dalam makanan mengurangi serap unsur Mn, Zn dan F.
- b. Baik kelebihan Ca maupun P memengaruhi serap unsur tersebut, berhubung terbentuknya garam trikalsium fosfat yang tidak larut.
- c. Kelebihan baik Ca maupun Mg memperbesar serap Mg atau Ca melalui kandung kemih, tetapi baik Ca maupun P menghalangi serap Mg yang berlebihan.
- d. SO_4^- menambah ekskresi Ca.

Fosfor :

- a. Ca, Mg, Mn, Zn, Fe, Al dan Be memengaruhi serap P ataupun sebaliknya, oleh karena pembentukan garam-garam fosfat yang tidak larut.
- b. Cu yang rendah dan Mn yang tinggi menambah kehilangan P dari tubuh, Cu dibutuhkan untuk mensintesis fosfolipid.

Cuprum :

- a. Cu dibutuhkan untuk metabolisme Fe.
- b. Cd dan Ag memperberat defisiensi Cu.
- c. Kadar Zn dalam makanan yang tinggi mengurangi timbunan Fe dan Cu dalam hati, sebaliknya Zn yang rendah menyebabkan kelebihan Fe dan Cu dalam hati.

Kelebihan Cu menyebabkan rendahnya persediaan Zn.

- d. Mo menyebabkan terbatasnya penimbunan Cu; apabila terdapat cukup sulfat dalam ransum.

Sulfur :

- a. Sulfat mengurangi penyimpanan Cu dan Ca dan melindungi keracunan Se.
b. Tingginya Zn menambah S dalam feses.
c. SO_4^- mengurangi Mo dalam hati.

Cobalt :

- a. Co menambah ekskresi J dalam kandung kemih.
b. Defisiensi Co menyebabkan penimbunan Fe, Cu diperlukan untuk metabolisme Fe.

Jodium :

As dan F merupakan unsur goitrogenik.

Flor :

Garam-garam Ca dan terutama garam Al melindungi hewan dari keracunan F.

Selenium : Sulfat dan As mengurangi toksisitas Se.

Natrium-Kalium :

Gejala-gejala defisiensi dari salah satu unsur ini diperhebat dengan adanya kelebihan dari unsur yang lain.

Mangan :

Tingginya Mn memengaruhi penggunaan Fe dan menurunkan kadar Mn dalam serum.

MINERAL KALSIUM DAN FOSFOR

KALSIUM adalah salah satu elemen yang paling banyak terkandung dalam tubuh dan merupakan kation utama dalam pakan. Sembilan puluh sembilan persen kalsium tubuh terdapat di tulang, sedangkan satu persen sisanya sangat penting dalam aktifitas metabolisme sel, pembekuan darah, aktivasi enzim, dan tindakan neuromuskular. Ion kalsium dalam plasma darah dipertahankan dalam presisi tinggi untuk proses regulasi *calcium homeostatic hormones*.

Sekitar 80 persen fosfor tubuh berada di tulang, sedangkan 20 persen sisanya terkandung dalam nukleotida, seperti ATP, asam nukleat, fosfolipid, dan sejumlah senyawa terfosforilasi lainnya yang dibutuhkan untuk metabolisme. Sebagian besar fraksi-fraksi tersebut berada di intraseluler dan tidak mudah menyeberangi membran sel. Fosfat anorganik juga ditemukan dalam sel dan penting dalam keseimbangan asam-basa. Fosfor adalah konstituen dari beberapa lipida dalam tubuh dan dalam kapasitas ini memainkan beberapa peran penting, di antaranya adalah fungsinya dalam pembentukan lapisan ganda membran sel. Persyaratan fosfor hewan sedang tumbuh bervariasi secara proporsional dengan kebutuhan kalsium. Ada bukti bahwa rasio diet kalsium-fosfor yang optimum adalah sekitar 2,2:1 (NRC, 1994).

Kalsium dan fosfor sangat diperlukan oleh ternak, terutama untuk ternak yang pertumbuhannya cepat seperti halnya ayam pedaging sebab kecukupannya sangat berhubungan dengan optimumisasi produktivitas dan juga kesehatan hewan. Beberapa strain ayam yang berada di pasaran merupakan strain ayam broiler modern yang mampu berkembang sangat cepat (*fast growth*), sehingga apabila kecukupan nutrient termasuk kalsium dan fosfor untuk pembentukan otot dan tulang tidak terpenuhi maka akan muncul gejala kelumpuhan atau *leg problem*.

Pada ayam broiler, unsur fosfor berfungsi untuk pengaturan pembentukan tulang, metabolisme karbohidrat dan lemak, penyimpanan, pembebasan dan transfer energi, pengaturan keseimbangan asam dan basa cairan tubuh, pembentukan fosfolipid, fosfoprotein, nukleoprotein dan beberapa enzim, sedangkan Ca berfungsi dalam pembentukan dan pemeliharaan tulang dan gigi, yang merupakan 99 persen Ca dalam tubuh dan sisanya satu persen terdapat di luar jaringan tulang dan gigi. Selain itu diperlukan juga untuk pembekuan darah bersama dengan vitamin K (Scott *et al.*, 1982).

Dua mineral ini bersatu dalam tulang untuk menyediakan kekuatan, bentuk dan kekakuan, melindungi jaringan lunak dan memberi lapisan pada otot, sementara secara simultan membentuk satu depot tempat penyimpanan yang dapat digunakan pada saat tubuh memerlukannya ketika kekurangan nutrisi dan kepentingan metabolisme, mengatur/mengontrol jumlah dalam darah dan sebagai *buffering*. Regulasi adalah penting, karena kalsium memainkan satu peran dalam sel penting menyertakan persinyalan sel dan satu peran ekstra-berbentuk sel dalam memancarkan impuls syaraf.

Fosfor turut ambil bagian dalam satu cakupan luas pada reaksi metabolisme yang memerlukan energi atau tenaga. Setiap proses fisiologis mengakibatkan keuntungan atau kekurangan energi dan hampir setiap pertukaran bentuk energi dalam sel melibatkan peran ikatan fosfat berenergi tinggi. Selain itu, fosfor adalah satu bagian integral molekul protein dan asam nukleat serta *derivatives* replikasi sel yang amat sangat berhubungan dengan transmisi kode genetik.

Industri pakan ternak memerlukan bahan tambahan termasuk mineral yang perlu ditambahkan, karena selalu dijumpai ransum terutama ransum ayam pedaging, kekurangan akan zat-zat gizi mikro yang sekalipun kebutuhannya sedikit namun peran fisiologisnya sangat menentukan berbagai proses metabolisme dalam tubuh ternak. Penggunaan mineral kalsium dan fosfor harus dipilih dari sumber yang dapat diperkirakan ketersediaannya.

Penurunan laju pertumbuhan dan kesehatan yang lemah akan terjadi jika asupan kedua mineral ini di bawah kebutuhan tubuh. Secara alami mineral fosfor banyak terdapat pada bahan yang bersumber dari biji-bijian dan sebagian dari P tersedia dalam pakan berasal dari fosfat inorganik, yang masing-masing memiliki kandungan dan pencernaan yang berbeda. Ketersediaan unsur fosfor dalam tanaman sebagai bahan baku pakan dibatasi oleh adanya antinutrisi yang mengikat unsur P dan unsur lainnya sehingga tidak bisa dimanfaatkan oleh hewan.

Kalsium dan fosfor merupakan mineral makro (*macro minerals*) atau mineral utama (*major minerals*) yang keberadaannya dalam tubuh dalam jumlah terbanyak dan merupakan unsur yang sangat penting dalam berbagai proses metabolisme tubuh, dan merupakan penyusun utama kerangka tubuh hewan. Kalsium merupakan 46 persen dan fosfor 29 persen dari total mineral dalam tubuh hewan (Kellems dan Church, 2002, Piliang, 2000).

Mekanisme Pengaturan Kalsium dan Fosfor pada Ternak

Kadar kalsium darah diatur oleh tiga mekanisme utama, yaitu parathyroid hormone (PTH), vitamin D, dan calcitonin. PTH biasanya dihasilkan oleh empat kelenjar kecil parathyroid yang ada bekerja sebagai respon rendahnya kadar kalsium.

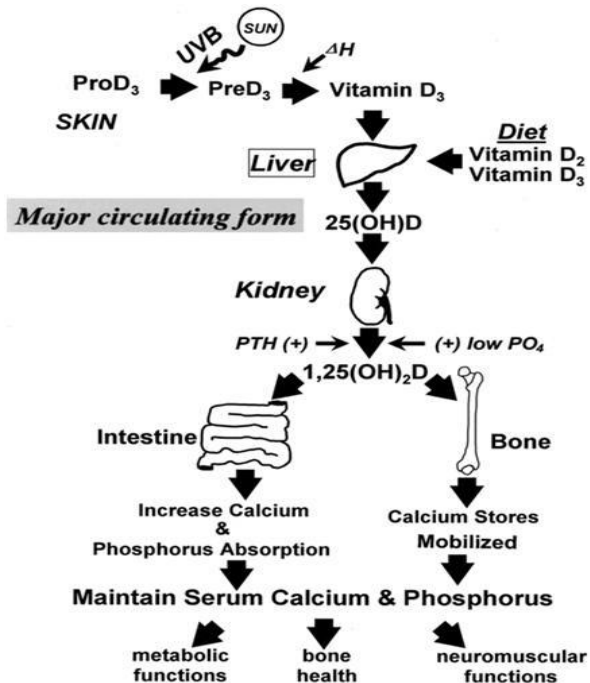
PTH bekerja dalam tiga cara:

- (1) Meningkatkan penyerapan kalsium melalui saluran cerna.
- (2) Menyebabkan lepasnya sedikit persediaan kalsium dari tulang.
- (3) Mengakibatkan ginjal membuang fosfor lebih banyak lagi, sehingga meningkatkan kadar kalsium dengan cepat.

Vitamin D bekerja sama dengan PTH pada tulang dan ginjal serta penyerapannya lewat saluran cerna. Vitamin D tubuh diperoleh dari makanan atau dihasilkan kulit yang terkena sinar matahari. Kekurangan vitamin D dari kedua sumber ini akan mengakibatkan ricketsia pada anak-anak dan osteomalasia pada orang dewasa, sehingga menyebabkan kelainan bentuk tulang. Calcitonin, suatu hormon yang dilepaskan oleh kelenjar thyroid (gondok), parathyroid, dan kelenjar thymus, menurunkan kadar kalsium dalam darah dengan cara menyimpannya ke dalam tulang.

Kalsium yang dikonsumsi akan diserap via usus halus dan diangkut dalam darah berikatan dengan albumin (protein), sehingga kadar kalsium darah juga akan dipengaruhi oleh albumin. Kalsium disimpan dalam tulang dalam bentuk kristal berikatan dengan fosfor yang disebut hidksiapatit.

Hormon paratiroid (PTH) dihasilkan oleh kelenjar paratiroid. Pada tulang, PTH merangsang pelepasan kalsium dan fosfat, sedangkan di ginjal, PTH merangsang reserap kalsium dan menghambat reserap fosfat. Selain itu, PTH-hidroksilase oleh ginjal, yang berperan mengubah juga merangsang produksi 1,25(OH)D menjadi 1,25(OH)₂D, sehingga terjadi peningkatan serap kalsium di usus. Hasil dari semua aksi PTH ini adalah peningkatan kadar kalsium di dalam darah dan penurunan kadar fosfat di dalam darah.



Sumber : Williams dan Wilkins, South Med Journal 2005 Lippincott

Gambar 2.1 Mekanisme Kerja Vitamin D, Hormon Paratiroid (PTH), Kalsium dan Fosfor.

Kalsium disimpan di dalam tulang dalam bentuk kristal berikatan dengan fosfor yang disebut kalsium fosfor.

Dalam keadaan suplai kalsium untuk kebutuhan tubuh, mobilisasi kalsium dari tulang akan berlangsung. Fungsi 1,25-Dihidroksikolekalsiferol, yaitu :

- Bereaksi seirama dengan PTH, mengontrol mineralisasi tulang.
- Meningkatkan reabsorpsi kalsium dan fosfat oleh tubuli ginjal.
- Meningkatkan transport kalsium dan fosfat yang melintasi sel-sel mukosa usus.

Bioavailabilitas Kalsium dan Fosfor pada Ternak Unggas

Peningkatan bobot badan hewan, kekuatan tulang, dan kadar abu tibia merupakan parameter yang telah banyak digunakan peneliti dalam pengukuran metabolisme kalsium dalam pakan. Kebanyakan peneliti menggunakan unggas dibanding dengan spesies lain dalam menentukan bioavailabilitas relatif kalsium. *Slope ratio assays* terkadang juga digunakan, yaitu melihat respons penambahan kalsium dalam pakan dibanding dengan pakan pembanding diasumsikan memiliki bioavailabilitas 100 persen. Perbandingan *slope/kemiringan dosis-respons* memberikan perkiraan ketersediaan kalsium relatif. Ada beberapa masalah terkait dengan pendekatan ini. Comb and Wallace (1962) dalam Underwood and Suttle (1999) mencatat bahwa pencernaan protein pada ternak babi menurun sejalan dengan asupan kalsium tinggi. Peningkatan asupan kalsium dilakukan jika ransum tinggi fosfor atau memiliki rasio kalsium-fosfor ekstrim yang menyebabkan berkurangnya ketersediaan kalsium. Oleh karena itu, tes kalsium bioavailabilitas yang bias dikompromikan apabila laju pertumbuhan dibatasi oleh

protein atau kebutuhan nutrisi lain dari pada oleh asupan kalsium.

Yoshida dan Hoshii (1982a,b,c *dalam* Underwood and Suttle, 1999), menemukan bahwa kombinasi pakan mengandung kalsium dan fosfor untuk anak ayam broiler, kadar abu kaki ayam berkorelasi dengan kekerasan tulang tibia. Temuan mereka menunjukkan, bahwa kadar abu kaki dan kekerasan tibia sangat bergantung kandungan fosfor dalam pakan daripada konsentrasi kalsium. Penelitian pada ayam petelur dewasa menggunakan pakan yang ditingkatkan konsentrasi kalsium 0,59-3,94 persen, menghasilkan peningkatan kehilangan kalsium 19-40 persen pada analisis feses yang sebelumnya dipisahkan antara feses dan urin. Hal ini menunjukkan bahwa penyerapan kalsium melalui usus sangat cepat berubah, dan total konsentrasi kalsium pakan bisa mengubah faktor fisiologis dalam mengontrol penyerapan kalsium dari berbagai sumber kalsium tertentu. Hasil yang sama ditemukan pada unggas dan domba oleh Sibbald (1982).

Ketersediaan kalsium dari batu kapur dan kulit kerang (dua suplemen kalsium yang umum digunakan) adalah 72 dan 68 persen (Kim *et al.*, 1985a *dalam* Underwood and Suttle, 1999). Ketersediaan kalsium dipengaruhi oleh ukuran partikel dari suplemen (optimum pada 40 sampai 80 *mesh*) dan umur dari puyuh (availibilitas menurun dengan pertambahan umur). Feses dan metabolisme endogen kalsium, ditemukan kehilangan kalsium diperkirakan mencapai kurang dari 0,2 persen dari total kebutuhan.

Beberapa faktor memengaruhi penyerapan kalsium dalam saluran usus. Kalsium diserapkan dalam bentuk ion, dan faktor-faktor yang mengurangi penyerapan ion kalsium, yaitu oksalat, fitat, fosfat, dan sulfat yang berlebihan (Pilliang, 2000). Oksalat menjadi penghambat penyerapan kalsium sekitar 20 sampai 33 persen dari total kalsium tepung alfalfa. Ketika konsentrasi oksalat tinggi dalam pakan kuda, penyerapan kalsium berkurang, oksalat dari bayam adalah faktor yang mengurangi ketersediaan biologis (bioavailibility) kalsium. Asam fitat mengurangi bioavailibitas kalsium (Lonnerdal *et al.*, 1989).

Penyerapan kalsium dalam usus kecil anterior terdiri atas dua, yaitu proses aktif (dimediasi oleh vitamin D) dan proses pasif (DeLuca, 1974; Norman, 1987). Baik vitamin D maupun D3 dapat digunakan oleh sebagian besar spesies, vitamin D3 adalah satu-satunya bentuk yang berperan pada aktivitas burung. Selain itu, diketahui bahwa ada keterbatasan vitamin ini dalam tubuh (Tsang *et al.*, 1988). Bentuk dan jumlah vitamin D yang tersedia untuk hewan secara signifikan dapat memengaruhi penyerapan kalsium pada unggas.

Beberapa laporan telah menunjukkan bahwa ukuran partikel merupakan penentu utama ketersediaan/availibilitas kalsium dan fosfor (Scott *et al.*, 1982). Hasil penelitian menunjukkan ketersediaan berkisar 90-101 persen baik terhadap monosodium fosfat monohidrat dan kalsium karbonat standar. Ketersediaan kalsium dalam bentuk dikalsium fosfat (93 persen), kalsium dalam asam amino (110 persen), kulit kerang (102 persen), kalsium laktat (104 persen) dan kalsium

karbonat (102 persen). Dolomit (81 persen) atau dari sumber batu kapur dengan magnesium tinggi memiliki ketersediaan kalsium secara signifikan lebih rendah.

Variasi dalam ketersediaan fosfor dari produk asal tumbuhan dan suplemen fosfor komersial yang digunakan bisa cukup besar. Karena fosfor adalah bahan yang mahal dalam makanan, dan ketersediaan fosfor bahan pakan cukup bervariasi, pengetahuan tentang bioavailabilitas fosfor adalah penting untuk produksi ternak yang efisien.

Scheidler dan Sell (1987) melakukan penelitian pada ayam petelur yang diberi pakan berbagai konsentrasi kalsium, fosfor, dan fosfor fitat dalam upaya untuk menentukan efek fitase dan keseimbangan kalsium-fosfor. Menggunakan penanda oksida kromat, ketersediaan fosfor pakan dapat dihitung dari perbedaan antara kotoran dan fosfor pakan, seperti pada cara penentuan energi metabolis. Demikian pula, Hurwitz *et al.* (1978) menentukan efek dari asupan kalsium pada ketersediaan fosfor menggunakan dengan metodologi yang sama. Kedua studi menunjukkan bahwa konsentrasi kalsium tinggi mengurangi ketersediaan/availabilitas fosfor dalam makanan

"Ketersediaan" fosfor adalah istilah relatif dan bergantung pada bahan referensi standar yang digunakan, sangatlah mungkin untuk mendapatkan hasil >100 persen. Untuk meminimumkan kebingungan atas hasil >100 persen, peneliti harus berusaha untuk memanfaatkan sumber fosfat yang paling efisien yang mungkin digunakan sebagai standar. Misalnya, reagen CaHPO_4 , NaH_2PO_4 , atau KH_2PO_4 bentuk terhidrasi lebih

disukai, karena beberapa laporan telah menunjukkan ini untuk menjadi yang paling *available*/ketersediaannya. Variasi yang besar mengenai penentuan ketersediaan fosfor untuk dikalsium fosfat komersial jelas menunjukkan bahwa bioavailabilitas fosfor relatif pun akan sangat bervariasi tidak hanya pada sumber komersial tetapi juga dengan standar referensi yang digunakan dan kondisi eksperimental.

Sumber fosfor anorganik diuji dalam survei multilaboratory, ketika tikus muda diberi diet basal semipurified dengan membatasi kalsium dan fosfor. Ternyata, ketika tepung tulang digunakan sebagai standar serta pertumbuhan dan kekuatan tulang menjadi ukuran, enam fosfat defluorinated memiliki kisaran availabilitas antara 50 sampai 80 persen. Kalsium metafosfat dan β -pirofosfat diuji dalam penelitian ini menghasilkan availabilitas rendah.

Rasio kalsium-fosfor memiliki pengaruh besar pada ketersediaan fosfor dari suatu sumber bahan pakan. Konsentrasi kalsium yang optimum meningkat untuk setiap tingkat penambahan fosfor menurut studi oleh Damron dan Harms (1968) dan Fritz (1969). Motzok (1968) menentukan bioavailabilitas fosfor dari sumber fosfat batuan lunak ketika rasio kalsium-fosfor sudah optimum (antara 2,2 dan 2,5:1) dan menemukan bahwa bioavailabilitas fosfor adalah 63 hingga 71 persen.

Pertimbangan utama sehubungan dengan ketersediaan fosfor, adalah proporsi fosfor dalam bentuk asam fitat. Asam fitat adalah asam heksafosforit myoinositol tetapi juga bisa ada dalam bentuk parsial berbagai terfosforilasi. Asam fitat yang disintesis oleh

tanaman, menyebabkan fosfor dalam bentuk ini umumnya kurang bisa dimanfaatkan oleh hewan monogastrik. Berbagai bijian biasanya mengandung berbagai senyawa fitat, seperti beras, dan gandum (Nelson *et al.*, 1968; O'Dell *et al.*, 1972).

Keseimbangan Kalsium dan Fosfor

Peranan Ca dan P yang sangat penting dalam proses metabolisme, maka dalam penyusunan ransum ternak tingkat kebutuhan keduanya harus benar-benar diperhatikan. Kekurangan salah satu atau kedua mineral tersebut, dapat menyebabkan tidak tercapainya produksi maksimum, sesuai yang diharapkan.

Kecukupan Ca dan P bergantung atas tiga faktor :

(1) kecukupan kedua mineral dalam ransum, (2) kesesuaian perbandingan keduanya dan (3) ketersediaan vitamin D. Ketiga faktor ini saling berhubungan (Maynard dan Loosly, 1979). Dari ketiga faktor tersebut, kesesuaian keseimbangan antara Ca dan P yang masih kurang diperhatikan. Penyusunan ransum bagi ternak kurang memperhatikan keseimbangan Ca dan P. Aspek yang diperhatikan yaitu jika jumlahnya dalam ransum sudah lebih dari yang dibutuhkan, dianggap cukup padahal keseimbangan kedua mineral ini sangat penting untuk diperhatikan. Perbandingan Ca dan P dalam ransum merupakan hal yang penting dalam penyerapan dan kadar Ca dan P darah (Benerjee, 1982).

Anggorodi (1985) menyatakan bila penggunaan Ca lebih banyak daripada P, maka kelebihan Ca tidak akan diserap tubuh. Kelebihan Ca tersebut akan bergabung dengan P membentuk trikalsium fosfat yang

tidak larut. Sebaliknya, kebanyakan P akan mengurangi penyerapan Ca dan juga P. Terlalu kecilnya perbandingan Ca dan P (kurang dari 0,5 :1) dapat menyebabkan defisiensi Ca. Tingkat perbandingan Ca dan P dalam ransum ternak sangat bergantung pada jenis ternak dan faktor produksi. Perbandingan Ca dan P untuk ternak ayam broiler umumnya 2 : 1, sedangkan untuk ayam petelur 3,5 : 1

Sumber Kalsium dan Fosfor Bagi Unggas

Mineral terdapat secara alami pada tanaman dan bergantung atas jenis tanaman, tipe tanah, tahap pemanenan dan faktor lainnya (Cunningham, *et al.*, 2005). Menurut Kellems dan Church 2002, sebagian besar pakan hijauan rendah fosfor dibanding dengan kalsium, sedangkan pakan biji-bijian atau butir-butiran sebagai sumber fosfor tetapi kurang kalsium. Kebanyakan kalsium di dalam bahan nabati tidak dapat digunakan dengan baik karena berikatan dengan oksalat, fitat yang dapat membentuk garam kalsium yang tidak larut dengan air, sehingga dapat menghambat penyerapan kalsium dan fosfat yang tidak larut dalam alat pencernaan akan terbuang melalui feses dapat berdampak pencemaran pada lingkungan.

Penyusunan ransum untuk unggas dengan perhitungan yang tepat mengenai kebutuhan zat makanannya, terutama unsur mineral namun sering berbeda pada kenyataannya, bahkan dapat timbul defisiensi akan salah satu unsur mineral yang dibutuhkan ternak. Salah satu penyebab adalah bahwa unsur tersebut tidak dapat diserap dengan baik kemungkinan adanya

“chelate” organik yang dapat menyebabkan unsur tersebut diikat dan kemudian menjadi tidak larut sehingga dalam saluran pencernaan tidak dapat diserap. Kalsium dapat terikat dengan asam oksalat menjadi kalsium oksalat yang tidak larut dan asam fitat (fosfor tanaman) dengan Zink membentuk Zink fitat yang tidak larut, sehingga dapat disimpulkan bahwa defisiensi kalsium dan fosfor dapat disebabkan karena keduanya dalam bentuk terikat, yang tidak dapat larut dan tidak dapat diuraikan menjadi bentuk ion atau kation yang dapat diserap oleh dinding usus halus (Wahyu, 1992).

Hal tersebut menunjukkan bahwa selain jumlah kalsium atau fosfor yang cukup dalam makanan yang dikonsumsi, penyerapan kedua mineral ini dari makanan juga merupakan faktor penting dalam pemeliharaan dan membangun tulang. Dengan demikian, diperlukan penggunaan sumber kalsium dan fosfor yang secara sinergis dapat memengaruhi penyerapan dan menjamin bahwa bioavailabilitas kalsium dan fosfor dari bahan pangan dapat diharapkan dengan baik (Cashman, 2000). Mineral kalsium dan fosfor harus dipilih dari sumber yang dapat diperkirakan ketersediaannya sebab penurunan laju pertumbuhan dan kesehatan yang lemah akan terjadi jika asupan kedua mineral tersebut di bawah berada kebutuhan tubuh.

Walaupun mineral industri yang digunakan pada ransum ternak jumlahnya hanya di bawah 5 persen, namun berpengaruh pada kehidupan ternak. Industri pakan ternak memerlukan bahan tambahan termasuk mineral yang perlu ditambahkan karena selalu dijumpai ransum terutama ransum ayam pedaging kekurangan

akan zat gizi mikro yang sekalipun kebutuhannya sedikit, namun peran fisiologisnya sangat menentukan berbagai proses metabolisme dalam tubuh ternak. Dengan demikian, pemanfaatan mineral diyakini merupakan suatu hal pokok untuk bidang peternakan pada masa mendatang karena banyak keuntungan yang diperoleh. Ini merupakan peluang dalam pengembangan produk pakan ternak dan prospeknya cukup baik.

Data hasil survei ke produsen pakan ternak di Indonesia memperlihatkan bahwa mineral yang digunakan sebagai makanan tambahan bagi ternak adalah kapur, zeolit, bentonit dan garam sodium. Sebagai pertimbangan utama penggunaan mineral tersebut berkaitan erat dengan harga yang cukup murah dan tersedia dalam jumlah yang cukup di berbagai tempat, serta memenuhi sifat-sifat yang sesuai dengan persyaratan, sehingga dapat tercipta pasar regional yang tinggi untuk bahan baku pakan ternak atau lainnya. Sementara mineral lain, harganya cukup mahal atau pasokan mineral tidak cukup ekonomis. Industri peternakan tetap berpeluang terus meningkat, yang identik dengan peningkatan mineral sebagai bahan baku tambahan. Peluang tersebut didasarkan kepada adanya keinginan berusaha untuk memperoleh pendapatan tambahan.

Penggunaan mineral kalsium dan fosfor harus dipilih dari sumber yang dapat diperkirakan ketersediaannya. Kalsium dan fosfor merupakan unsur yang sangat penting dalam berbagai proses metabolisme tubuh terutama dalam penyusunan kerangka tubuh ternak. Salah satu sumber yang umum digunakan

sebagai sumber kalsium alternatif adalah batu gamping (mineral kapur), sedangkan sumber fosfat bisa diperoleh dari asam fosfat (Bisri, 2003).

Kebanyakan kalsium yang bersumber dari nabati tidak dapat digunakan dengan baik karena berikatan dengan oksalat, fitat yang dapat membentuk garam kalsium yang tidak larut dengan air, sehingga dapat menghambat serap kalsium. Mineral pada ikan terdiri atas kalsium, fosfor, dan karbonat dan sejumlah kecil magnesium, sodium, fitat, klorida, sulfat dan strontium. Persentase berat kalsium pada ikan secara umum adalah 0,1 – 1,0, dimana rasio kalsium dan fosfor adalah 0,7 – 1,6 (Wahyuni, 2007). Bagian kepala ikan mengandung yang telah dipreparasi dalam bentuk bubuk memiliki rasio Ca dan P, yaitu 2 : 1 selain itu juga mengandung Cu, Mn, Zn, Se dan juga Fe.

Secara alami mineral fosfor banyak terdapat pada bahan yang bersumber dari biji-bijian dan sebagian dari P tersedia dalam pakan berasal dari fosfat inorganik, yang masing-masing memiliki kandungan dan pencernaan yang berbeda. Ketersediaan unsur fosfor dalam tanaman sebagai bahan baku pakan dibatasi oleh adanya antinutrisi yang mengikat unsur P dan unsur lainnya sehingga tidak bisa dimanfaatkan oleh hewan.

Hal yang menjadi penting, yaitu pada ternak non ruminansia termasuk ayam broiler adalah menggunakan sumber fosfor yang tersedia, karena bahan pakan dasar ternak tersebut bersumber pada tanaman, sedangkan fosfor berada pada tanaman dalam berbagai bentuk yang terikat ke molekul organik seperti fosfolipid dan

protein dan kebanyakan hadir sebagai bagian dari molekul asam fitat.

Asam fitat P bervariasi tersedia untuk unggas (0 sampai 50 persen), dan dalam rangka memenuhi kebutuhan fosfor, P anorganik harus ditambahkan ke dalam makanan. Enzim, fitase sering juga ditambahkan karena dapat membebaskan fosfor yang terikat pada bahan (Applegate dan Angel, 2008).

Mineral terdapat secara alami pada tanaman dan bergantung atas jenis tanaman, tipe tanah, tahap pemanenan dan faktor lainnya (Cunningham, *et al.*, 2005). Menurut Kellems dan Church 2002, sebagian besar pakan hijauan rendah fosfor dibanding dengan kalsium, sedangkan pakan biji-bijian atau butir-butiran sebagai sumber fosfor tetapi kurang kalsium. Kebanyakan kalsium di dalam bahan nabati tidak dapat digunakan dengan baik karena berikatan dengan oksalat, fitat yang dapat membentuk garam kalsium yang tidak larut dengan air, sehingga dapat menghambat serap kalsium dan fosfat yang tidak larut dalam alat pencernaan akan terbuang melalui feses dapat berdampak pencemaran pada lingkungan.

Meskipun cukup umum untuk melengkapi makanan hewan dengan fosfat anorganik, seperti dikalsium fosfat (anhydrous or hydrated), monokalsium fosfat, atau bebatuan fosfat, dalam pembuatan pakan komersial, penting untuk dicatat bahwa produk-produk komersial dapat berisi bentuk-bentuk fosfat lainnya. Baker (1989) menggambarkan produk komersial khas, dikalsium fosfat (CaHPO_4) dan monokalsium fosfat [$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$] mengandung campuran CaHPO_4 ,

$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, dan $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Monokalsium fosfat umumnya mengandung 13 persen CaHPO_4 , dan 61 persen $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, dengan jumlah sisa kecil fosfat dan mineral lainnya. Dikalsium fosfat komersial umumnya mengandung sekitar 14 persen $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 35 persen $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, dan 26 persen CaHPO_4 . Data ini menunjukkan sedikitnya ada delapan senyawa yang berbeda berkontribusi fosfor dan fosfat komersial.

Penyusunan ransum untuk unggas dengan perhitungan yang tepat mengenai kebutuhan zat-zat makanannya terutama unsur mineral namun sering berbeda pada kenyataannya, bahkan dapat timbul defisiensi akan salah satu unsur mineral yang dibutuhkan ternak. Salah satu penyebab adalah bahwa unsur tersebut tidak dapat diserap dengan baik kemungkinan adanya “chelate” organik yang dapat menyebabkan unsur tersebut diikat dan kemudian menjadi tidak larut sehingga dalam saluran pencernaan tidak dapat diserap. Kalsium dapat terikat dengan asam oksalat menjadi kalsium oksalat yang tidak larut dan asam fitat (fosfor tanaman) dengan Zink membentuk Zink fitat yang tidak larut, sehingga dapat disimpulkan bahwa defisiensi kalsium dan fosfor dapat terjadi karena keduanya dalam bentuk terikat, yang tidak dapat larut dan tidak dapat diuraikan menjadi bentuk ion atau kation yang dapat diserap oleh dinding usus halus (Wahyu, 1992).

Hal tersebut menunjukkan bahwa selain jumlah kalsium atau fosfor yang cukup dalam makanan yang dikonsumsi, penyerapan kedua mineral ini dari makanan juga merupakan faktor penting dalam pemeliharaan dan

membangun tulang. Dengan demikian, diperlukan penggunaan sumber kalsium dan fosfor yang secara sinergis dapat memengaruhi penyerapan dan menjamin bahwa bioavailabilitas kalsium dan fosfor dari bahan pangan dapat diharapkan dengan baik (Cashman, 2000).

Sumber kalsium memegang peranan penting dalam memenuhi ketersediaan kalsium secara biologis, karena penggunaan kalsium tersedia akan mengurangi mobilisasi kalsium dari tulang, di antara beberapa faktor pakan, maka penggunaan berbagai sumber kalsium merupakan cara yang cukup baik untuk mineralisasi tulang tibia ayam dan meningkatkan produksi dan kualitas kerabang telur pada ayam petelur (Guinotte dan Nys, 1991).

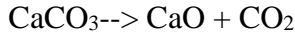
Unggas sensitif terhadap bentuk atau ukuran pakan yang dikonsumsi. Partikel yang besar memengaruhi kemampuan pelumatan dan waktu transit mineral di dalam saluran pencernaan. Sumber kalsium dengan partikel yang lebih besar akan tersimpan lebih lama di dalam saluran pencernaan, serta dapat mengurangi gerakan peristaltik di dalam alat pencernaan. Hal ini menyebabkan lebih banyak kalsium yang dapat diserap (Lesson dan Summers, 2005).

Beberapa sumber mineral terutama kalsium dan fosfor untuk ternak :

- Batu Kapur (limestone) : Batu kapur yang terdapat di alam bermacam-macam jenisnya, antara lain : kalsit (CaCO_3), dolomit ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), magnesit (MgCO_3), siderit (FeCO_3), ankerit [$\text{Ca}_2\text{Fe}(\text{CO}_3)_4$], dan aragonit (CaCO_3) yang berkomposisi kimia sama dengan kalsit tetapi berbeda dalam struktur kristalnya. Batu

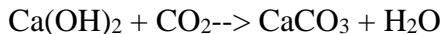
kapur banyak digunakan oleh berbagai industri untuk keperluan tertentu. Untuk pemakaian di industri kimia, batu kapur perlu diproses terlebih dahulu dengan proses pembakaran hingga menjadi kapur tohor (CaO) atau kapur padam [$\text{Ca}(\text{OH})_2$]. Selain itu batukapur dapat juga dimanfaatkan untuk dibuat sebagai bahan baku nutrisi pakan ternak yang dikenal dengan sebutan kalsium hidrofosfat (CaHPO_4). Batu kapur merupakan mineral alam yang dapat dikalsinasi menjadi kapur tohor/kalsiumoksida (CaO).

- Kalsium karbonat adalah salah satu kalsium olahan yang bersumber dari batu kapur. Kalsium karbonat dijual dalam dua jenis yang berbeda. Perbedaan kedua jenis produk tersebut terletak pada tingkat kemurnian produk kalsium karbonat di dalamnya. Kedua jenis produk kalsium karbonat atau CaCO_3 yang dimaksud adalah *heavy* and *light types* kalsium karbonat *heavy type* diproduksi dengan cara menghancurkan batu kapur hasil penambangan menjadi powder halus, lalu disaring sampai diperoleh ukuran powder yang diinginkan. Selanjutnya, tepung kalsium karbonat hasil penyaringan disimpan dalam silo-silo atau tempat penyimpanan yang berukuran besar sebelum dikemas, sedangkan kalsium karbonat *light type* diperoleh setelah melalui proses produksi yang agak rumit, dibanding dengan *heavy type*. Pertama-tama batu kapur dibakar dalam tungku berukuran raksasa, untuk mengubah CaCO_3 menjadi CaO (oksida kalsium) dan gas karbondioksida atau CO_2 .



Proses selanjutnya, CaO yang terbentuk kemudian dicampur dengan air dan diaduk. Maka terbentuklah senyawa kalsium hidroksida atau Ca(OH)₂.

Kalsium hidroksida yang telah terbentuk kemudian disaring untuk memisahkan senyawa pengotor. $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$ yang telah disaring kemudian direaksikan dengan CO₂ untuk membentuk CaCO₃ dan air, seperti ditunjukkan oleh persamaan reaksi berikut:



Endapan CaCO₃ hasil reaksi di atas kemudian disaring dan dikeringkan. Selanjutnya kalsium hidroksida dihaluskan menjadi powder CaCO₃. (Khalil dan Anwar, 2007).

Berdasarkan berat kalsium karbonat memiliki konsentrasi kalsium dengan berat 40 persen, dimana kalsium sitrat memiliki 21 persen kalsium sedangkan kalsium fosfat memiliki 8 persen. Meskipun kalsium karbonat memiliki kandungan kalsium tertinggi berdasarkan berat, bentuk kalsium ini tidak mudah larut khususnya pada pH netral.

- Dikalsium fosfat merupakan suplemen kalsium dan fosfor hasil preparasi tulang hewan menggunakan beberapa teknik, yaitu dengan perlakuan HCl, pemasakan uap bertekanan (steamed) dan pengabuan (Kellems dan Church, 2002; McDowell, 1982).

- Rock fosfate : beberapa batuan fosfat diproses untuk mendapatkan unsur fosfor. Fosfor murni digunakan untuk membuat bahan kimia yang digunakan dalam industri. Penggunaan yang paling penting dari batuan fosfat, adalah dalam produksi pupuk fosfat untuk bidang pertanian. Beberapa digunakan untuk membuat suplemen kalsium fosfat untuk ternak.
- Kulit kerang (oyster shell mill) merupakan sumber kalsium dalam 100 persen bahan kering mengandung Ca 38 persen, P 0.07 persen, Cl 0.01 persen, Mg 0.3 persen, K 0.10 persen, Na 0.21 persen dan Fe 0.28 persen.
- Asam fosfat teknis adalah cairan kental jernih tidak berwarna sampai hitam keruh, yang bagian terbesar terdiri P_2O_5 dan digunakan untuk industri.

Tabel 2.1 Sumber Kalsium untuk Ransum Ternak.

No	Sumber	Kadar(persen)	
		A	B
1.	Tepung tulang (<i>feeding bone meal</i>)	26	26
2.	Tepung tulang dikukus (<i>bone meal steamed</i>)	-	29
3.	<i>Bone char</i>	-	27
4.	Trikalsium fosfat	-	13
5.	Dikalsium fosfat	21	24
6.	Monokalsium	-	16
7.	Ground limestone	-	26-36
8.	Kalsium karbonat	40	40
9.	Kulit Kerang	-	38

Sumber : (A) Leeson and Summers (2005); (B) Widodo (2000).

Tabel 2.2 Sumber Fosfor untuk Ransum Ternak.

No	Sumber	Kadar(persen)	
		A	B
1.	Tepung tulang (<i>feeding bone meal</i>)	13	14
2.	Dikalsium fosfat	20	-
3.	Fosfat batu (<i>rock fosfat</i>)		14
4.	Deflourinated rock fosfat	19	18
5.	Kalsium karbonat	40	40
6.	Kulit Kerang	38	38

Sumber : (A) Leeson and Summers (2005); (B) Widodo (2000).

Gambar 2.2 ini menunjukkan beberapa jenis bahan yang secara umum dimanfaatkan sebagai sumber kalsium dan fosfor yang sering digunakan dalam ransum ternak.



Batu kapur



Tepung kulit kerang



Dilaksium fosfat



Kalsium karbonat



Rock Phosphate-P₂O₅



Tepung tulang

Gambar 2.2 Contoh Bahan-bahan Sumber Kalsium dan Fosfor untuk Ternak.

METODE PENGOLAHAN TEPUNG TULANG (*Bone Meal*)

TEPUNG tulang (*bone meal*) merupakan tepung yang diperoleh dengan cara memproses tulang, yaitu tulang sapi, tulang ayam dan atau tulang ikan. Dalam tepung tulang mengandung beberapa zat gizi, yaitu kalsium 30,14 persen, Fosfor 14,55 persen, protein 7,5 persen dan lemak 1,2 persen. Komposisi mineral dalam tepung tulang dapat bervariasi bergantung atas bahan mentah yang digunakan dan proses pengolahannya (Morrison, 1959). Menurut Badan Standardisasi Nasional (1992), tepung tulang dapat dimasukkan ke kriteria mutu I jika memiliki kehalusan minimum 90 persen lolos *mesh* 25, kadar air maksimum 8 persen, kadar lemak maksimum 3 persen kadar kalsium minimum 20 persen dan kadar fosfor minimum 8 persen. Prinsip dasar pengolahan tulang menjadi tepung tulang adalah memaksimalkan pengeluaran komponen *non-ash* pada bahan baku dan meminimalkan terlarutnya komponen mineral yang terkandung pada bahan tersebut.

Berdasarkan cara pemrosesan secara umum ada beberapa macam tepung tulang (Anggorodi, 1985; Irwansyah, *et al.*, (2008); Murni, *et al.*, 2008). Macam tepung tulang yang ada dan telah beredar di pasaran adalah sebagai berikut :

- 1) *Green bone meal* adalah tepung tulang yang diproses secara sederhana dengan cara mengeringkan tulang lalu digiling, tepung tulang seperti ini berpotensi sebagai sumber penyebaran penyakit dan kualitasnya tidak terjamin.



(a)

- 2) *Raw bone meal* diperoleh melalui proses perebusan hingga bahan atau materi yang melekat pada tulang lepas seluruhnya lalu dikeringkan dan selanjutnya digiling. Kualitasnya pun rendah karena masih mengandung kolagen.



(b)

- 3) *Steam bone meal* dengan metode ini tulang dimasak dengan tekanan uap untuk membuang daging dan lemak yang menempel. Di bawah tekanan uap tulang akan menjadi rapuh dan merupakan upaya agar lebih mudah digiling.



(c)

- 4) *Calcinated bone meal* yang disebut juga *bone ash* diproses dengan cara membakar tulang hingga menjadi abu; pembakaran tulang biasanya dilakukan dengan panas tinggi.



(d)

- 5) *Special Bone Meal* merupakan tepung tulang hasil ekstraksi kolagen tulang. Ekstraksi kolagen dapat dilakukan secara asam maupun basa/alkali dan proses ini mengikuti prinsip yang berhubungan dengan pembuatan gelatin yang bersumber dari tulang.



(e)

Gambar 3.1 Bentuk Tepung Tulang Berdasarkan Cara Pemrosesan.

Keterangan :

- a *Green bone meal*;
- b *Raw bone meal*;
- c *Steam bone meal*;
- d *Calcinated bone meal*;
- e *Special Bone Meal*.

Tabel 3.1 Kandungan Zat Makanan Berbagai Jenis *Bone Meal*.

Jenis Tepung Tulang	Persentase Berdasarkan Bahan Kering						
	Bahan Kering	Protein kasar	Serat Kasar	Lemak	Abu	Ca	P
<i>Raw bone meal</i>	75,0	36,0	3,0	4,0	49,0	22,0	10,0
<i>Steam bone meal</i>	93,0	10,0	2,0	3,0	78,0	32,0	15,0
<i>Calcinated bone meal</i>	94,0	0,0	0,0	0,0	99	34,0	16,0
<i>Special Bone Meal</i>	92,0	6,0	0,0	1,0	92,0	33,0	15,0

Sumber: <http://www.fao.org>.

Penilaian Kualitas Tepung Tulang (*Bone Meal*)

Penilaian Kualitas Fisik Tepung Tulang (*Bone Meal*)

Penilaian kualitas fisik tepung tulang atau *bone meal*, adalah kriteria penilaian yang dapat diamati secara fisik oleh indra penglihatan dan dapat dihitung. Sifat fisik tersebut antara lain adalah derajat putih, kehalusan tepung, rendemen dan daya larut tepung dalam air.

Berikut ini ada beberapa kriteria penilaian kualitas Tepung Tulang (*bone meal*) :

Derajat Putih *Bone Meal* **(Badan Standardisasi Nasional, 1992)**

Pengukuran nilai derajat putih tepung tulang atau *bone meal*, dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui tingkat warna putih dari tepung produk pengolahan. Prosedur penilaiannya sampel dimasukkan ke dalam tabung kalorimeter dan diratakan permukaannya. Cahaya dari kalorimeter dipancarkan pada permukaan sampel dan diukur cahaya yang dipantulkan kembali. Jumlah cahaya yang dipantulkan tersebut ditampilkan dalam bentuk persentase derajat putih pada alat kalorimeter, dilakukan pengerjaan yang sama terhadap sampel BaSO₄ sebagai pembanding yang mempunyai nilai 100 persen.

Jumlah Persen Rendemen **(Association of Official Analytical Chemist, 1995)**

Perhitungan jumlah rendemen dilakukan untuk mengetahui efisiensi proses pembuatan *bone meal*. Persen rendemen dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Rendemen (persen)} = \frac{\text{Berat Tulang Setelah Pengolahan}}{\text{Berat Tulang Sebelum Pengolahan}} \times 100\%$$

Kehalusan Tepung (Badan Standardisasi Nasional, 1992)

Pengukuran kehalusan tepung bertujuan untuk menilai kualitas dan pengelompokan kriteria mutu *bone meal* dan diukur dari tingkat kehalusan butiran tepung. Semakin tinggi tingkat kehalusan tepung berarti semakin halus atau semakin kecil ukuran butiran tepung tersebut.

Tepung tulang dapat dimasukkan kriteria mutu I jika memiliki kehalusan minimum 9 persen lolos *mesh* 25. Semakin tinggi nilai *mesh* saringan atau ayakan yang digunakan berarti semakin kecil lubang pada saringan. Semakin tinggi nilai *mesh* saringan yang digunakan dan semakin tinggi persentase tepung tulang yang lolos berarti kehalusan tepung tulang semakin tinggi pula, demikian juga sebaliknya.

Prosedur pengukurannya adalah sebagai berikut : sampel ditimbang sebanyak 100 gram, kemudian diayak selama 10 menit dengan ukuran ayakan (*mesh*) 60. Tepung yang tertinggal dalam ayakan kemudian ditimbang. Kehalusan *mesh* tepung dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Kehalusan } mesh \text{ (persen)} = 100 - \left(\frac{w_1}{w_2} \times 100\% \right)$$

Keterangan :

W_1 = Berat Sampel Tepung

W_2 = Berat Tepung yang Tertinggal dalam Ayakan

Daya Larut Tepung Dalam Air (Badan Standardisasi Nasional, 1992)

Pengukuran daya larut tepung tulang dalam air ditujukan untuk mengetahui jumlah tepung tulang yang dapat larut dalam air. Semakin besar persentase daya larut tepung tulang dalam air berarti semakin banyak jumlah tepung tulang yang larut dalam air.

Daya larut tepung dalam air

$$\text{Daya Larut (persen)} = 100 - \left(\frac{W_1 - W_2}{W} \right) \times 100\%$$

Keterangan :

W = Berat Sampel Tulang

W₁ = Berat Botol Timbang + Kertas Saring Berisi Endapan

W₂ = Berat Botol Timbang + Kertas Saring Kosong

Densitas kamba/*bulk density* (Wirakartakusuma *et al.*, 1992; Kaya, 2008)

Densitas kamba (*bulk density*) merupakan sifat fisik bahan pangan yang dipengaruhi oleh ukuran bahan dan kadar air. Densitas kamba dinyatakan dalam satuan g/ml. Nilai densitas kamba, yaitu jumlah rongga yang terdapat di antara partikel partikel bahan. Dalam volume yang sama tepung yang memiliki densitas kamba yang lebih tinggi memiliki berat yang lebih tinggi daripada tepung yang memiliki densitas kamba yang rendah. Suatu bahan pangan bersifat kamba jika nilai densitasnya kecil, berarti untuk berat yang ringan diperlukan ruang (volume) yang besar. Densitas kamba

dipengaruhi oleh ukuran partikel, kekerasan permukaan dan metode pengukuran.

Metode Penilaian dengan Scanning Electron Microscope (SEM)

Ada dua hal penting yang dipertimbangkan mengapa pengolahan suatu bahan pakan perlu dilakukan. Pertama adalah untuk mendapatkan bahan pakan yang aman untuk dikonsumsi sehingga nilai gizi yang dikandung bahan tersebut dapat dimanfaatkan secara maksimum. Yang kedua adalah agar bahan pangan tersebut diterima secara sensoris, yang meliputi penampakan (aroma, *mouthfeel*, *aftertaste*) dan tekstur (kekerasan).

Scanning Electron Microscope (SEM) dikembangkan pertama kali tahun 1938 oleh Manfred von Ardenne (ilmuwan Jerman) dengan munculnya kebutuhan untuk memahami komposisi dan distribusi dari unsur di samping untuk mengamati bentuk material.



Gambar 3.2 Alat Vacuum Evaporator.



Gambar 3.3 Perangkat Peralatan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

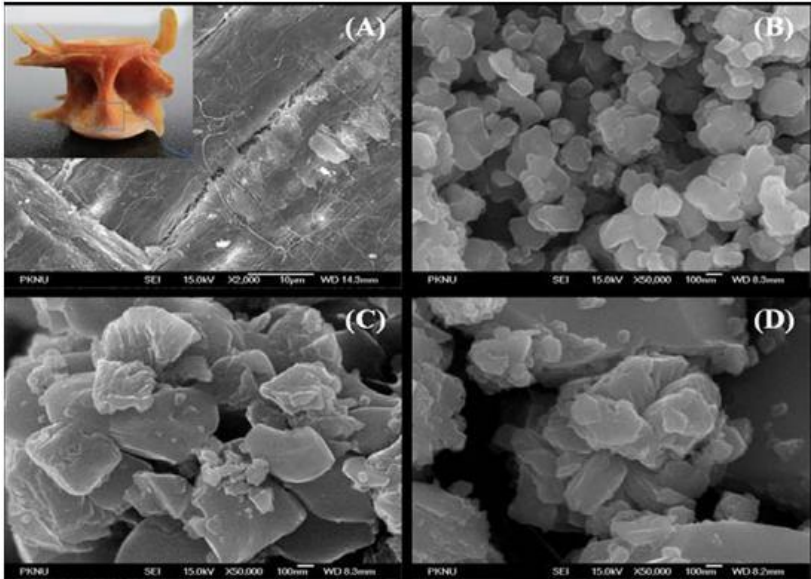


Gambar 3.4 Tempat Pengisian Sampel pada SEM.

Konsep dasar dari SEM ini sebenarnya disampaikan oleh Max Knoll (penemu TEM) pada tahun 1935. SEM bekerja berdasarkan prinsip *scan* sinar elektron pada permukaan sampel, yang selanjutnya informasi yang didapatkan diubah menjadi gambar. Imajinasi mudahnya gambar yang didapat mirip sebagaimana gambar pada televisi. Cara terbentuknya gambar pada SEM berbeda dengan apa yang terjadi pada mikroskop optik dan TEM. Pada SEM, gambar dibuat berdasarkan deteksi elektron baru (elektron sekunder) atau elektron pantul yang muncul dari permukaan sampel ketika permukaan sampel tersebut di-*scan* dengan sinar elektron.

Elektron sekunder atau elektron pantul yang terdeteksi selanjutnya diperkuat sinyalnya, kemudian besar amplitudonya ditampilkan dalam gradasi gelap-terang pada layar monitor CRT (*cathode ray tube*). Di layar CRT inilah gambar struktur objek yang sudah diperbesar bisa dilihat. Pada proses operasinya, SEM tidak memerlukan sampel yang ditipiskan,

Berikut ini contoh hasil SEM dan EDX dari tulang ikan Tuna (*Thunnus obesus*) hasil penelitian Venkatesan dan Kim (2010) yang meneliti tentang pengaruh temperatur dalam mengisolasi hidroksiapatit tulang tuna dengan melihat karakteristik tulang hasil olahan dengan perlakuan pemanasan/pengolahan fisik, yaitu 600⁰C, 900⁰C, dan 1200⁰C. Inset (Gambar 3.5) menunjukkan gambaran potongan tulang tubuh ikan tuna (*Thunnus obesus*) yang merupakan hasil penelitian dari Venkatesan dan Kim, (2010).



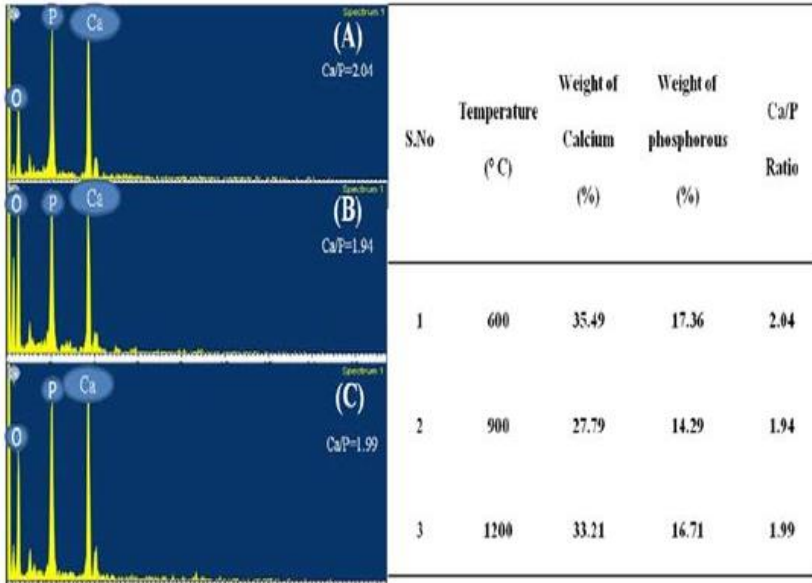
Sumber : Venkatesen dan Kim (2010).

Gambar 3.5 Hasil SEM Sampel Tulang Tuna yang Diolah (A) diolah 600⁰C (B), 900⁰C (C) dan 1200⁰C (D).

Metode Penilaian Karakteristik Kimiawi dengan Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS)

Energi Dispersif Spektroskopi (EDS) adalah sebuah teknik analisis yang digunakan dalam perpaduan dengan SEM. EDS digunakan untuk karakterisasi kimia dari spesimen yang digunakan sejalan dengan analisis SEM untuk mikroanalisis komposisi atau identifikasi dan karakteristik kimia.

Penggunaan EDS berguna untuk karakterisasi material karena dapat melakukan mikroanalisis kualitatif dan semi kuantitatif pada spesimen dari yang relatif rendah ($\sim 25X$) untuk pembesaran tinggi ($\sim 20,000X$).



Sumber : Venkatesen dan Kim (2010).

Gambar 3.6 Hasil EDX Sampel Tulang yang Diolah (A) 600°C , (B) 900°C dan (C) 1200°C .

EDX adalah teknik analisis yang digunakan untuk analisis unsur atau komposisi kimia dari sampel. Berdasarkan hasil EDX rasio Ca/P ditemukan 2,04 ; 1,94 dan 1,99 pada 600°C , 900°C dan 1200°C , Ca/P rasio berat dari HAp diperoleh pada perbedaan temperatur pengolahan tidak menunjukkan perbedaan yang cukup besar, sehingga dapat disimpulkan bahwa Ca/P rasio bobot badan adalah independen terhadap suhu kalsinasi.

Penilaian Kualitas Kimiawi Tepung Tulang *(bone meal)*

Pengukuran Kadar Air

Kadar air insang produk pengolahan ditetapkan dengan metode oven (AOAC, 1995). Cawan dikeringkan dalam oven pada suhu 105⁰C selama satu jam, kemudian didinginkan dalam desikator dan ditimbang beratnya (x). Selanjutnya, ditimbang lima gram contoh (y) dalam cawan yang telah diketahui beratnya. Cawan berisi contoh dikeringkan pada oven dengan suhu 105⁰C sampai diperoleh berat konstan, didinginkan dalam desikator dan ditimbang beratnya (z). Kadar air sama dengan hasil jumlah (x) dan (y) dikurangi (z) kemudian dibagi dengan (y). Hasil tersebut selanjutnya dikalikan 100 persen.

$$Kadar\ Air = \frac{(x + y - z)}{y} \times 100\%$$

Keterangan :

x = berat cawan

y = berat sampel

z = berat cawan+sampel sesudah oven

Pengukuran Kadar Abu

Kadar abu ditetapkan dengan metode AOAC (1995). Cawan porselin dikeringkan dalam oven pada suhu 105⁰C selama satu jam, didinginkan dalam desikator dan ditimbang beratnya (X), timbang 5 gram contoh (Y) dalam cawan porselin yang telah diketahui beratnya. Cawan beserta isinya dipijarkan di atas nyala pembakar bunsen sampai tidak berasap lagi, kemudian dimasukkan dalam tanur listrik pada suhu 400-600⁰C. Setelah abu menjadi putih seluruhnya, angkat dan dinginkan dalam desikator, kemudian timbang beratnya (Z). Kadar abu sama dengan hasil selisih antara (Z) dengan (X) dibagi dengan (Y) dan dikalikan dengan 100 persen.

$$Kadar\ Abu\ (\%) = \frac{Z - X}{Y} \times 100\%$$

Keterangan :

Z = berat cawan + sampel setelah pengabuan (tanur)

X = berat cawan

Y = berat sampel

Penetapan Kalsium dengan Metode Titrasi KMnO_4 (Apriyantono *et al.* 1989)

Prinsip : Kalsium diendapkan sebagai kalsium oksalat. Endapan dilarutkan dalam H_2SO_4 encer panas dan dititrasi dengan KMnO_4 .

Cara Kerja:

1. Sebanyak 20 – 100 ml larutan abu hasil pengabuan kering dimasukkan ke dalam gelas piala 250 ml. Jika perlu ditambahkan 25 – 50 ml akuades.
2. Selanjutnya 10 ml larutan amonium oksalat jenuh dan 2 tetes indikator metal merah ditambahkan ke dalam larutan abu tersebut.
3. Amonia encer ditambahkan untuk membuat larutan menjadi sedikit basa, kemudian larutan ditambahkan beberapa tetes asam asetat sampai warna larutan merah muda (pH 5,0) dan bersifat sedikit asam.
4. Larutan dipanaskan sampai mendidih, kemudian didiamkan selama minimum 4 jam atau semalam pada suhu kamar.
5. Penyaringan dilakukan menggunakan kertas saring Whatman No. 42 dan dilakukan pembilasan dengan akuades sampai filtrat bebas oksalat (jika digunakan HCl dalam pembuatan larutan abu, filtrat hasil saringan terakhir harus bebas Cl dengan mengujinya menggunakan AgNO_3).

6. Ujung kertas saring dilubangi dengan menggunakan batang gelas, kemudian dilakukan pembilasan dan endapan dipindahkan dengan H_2SO_4 encer (1 + 4) panas ke dalam gelas piala bekas tempat mengendapkan kalsium. Kemudian dilakukan pembilasan satu kali lagi dengan air panas.
7. Selagi panas ($70\text{-}80^\circ\text{C}$) dilakukan titrasi dengan larutan KMnO_4 0,01N sampai larutan berwarna merah jambu permanen yang pertama.
8. Kertas saring dimasukkan dan titrasi dilakukan sampai terjadi warna merah jambu permanen yang kedua.
9. Adapun rumus perhitungan kadar Ca dalam sampel sebagai berikut:

$$\text{mgCa}/100\text{g sampel} = \frac{\text{ml titrasi} \times 0,2 \times \text{total volume larutan abu}}{\text{vol larutan abu} \times \text{berat sampel}} \times 100$$

Jika normalitas KMnO_4 tidak sama dengan 0,01 N, maka:

$$\text{mgCa}/100\text{g sampel} = \frac{\text{ml titrasi} \times \text{N.KMnO}_4 \times 20 \times \text{vol. total lar. abu}}{\text{vol larutan abu} \times \text{berat sampel}} \times 100$$

Penetapan Fosfor Metode Molibdat-Vanadat

(Apriyantono *et al.* 1989)

Prinsip : Sampel diperlakukan dengan asam nitrat untuk mengubah semua metafosfat dan pirofosfat menjadi ortofosfat, kemudian sampel diperlakukan dengan asam molibdat dan asam vanadat sehingga ortofosfat yang ada di dalam sampel akan bereaksi dengan pereaksi-pereaksi tersebut dan membentuk kompleks asam vanadimolibdifosfat yang berwarna kuning orange. Intensitas warna dari senyawa kompleks tersebut dapat diukur dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 400 nm dan dibanding dengan dengan standar fosfor yang telah diketahui konsentrasinya.

Persiapan Pereaksi :

1. Persiapan Vanadat-Molibdat

- Sebanyak 20 g amonium molibdat dilarutkan ke dalam 400 ml akuades hangat (50°C), lalu didinginkan.
- Selanjutnya 1 g amonium vanadat (amonium meta vanadat) dilarutkan ke dalam 300 ml akuades mendidih, kemudian didinginkan. Pelahan-lahan 140 ml asam nitrat pekat ditambahkan sambil diaduk.
- Larutan molibdat dimasukkan ke dalam larutan vanadat dan diaduk. Kemudian diencerkan sampai volume 1 liter dengan akuades.

2. Larutan fosfat standar :

- Potasium dihidrogen fosfat kering ditimbang sebanyak 3,834 g
- Kemudian dilarutkan ke dalam akuades dan diencerkan sampai volume 1 liter.
- Selanjutnya larutan diambil sebanyak 25 ml, dimasukkan ke dalam labu takar 250 ml dan diencerkan sampai tanda tera (1 ml = 0,2 mg P_2O_5).

Cara Kerja :

Pembuatan Kurva Standar :

1. Larutan fosfat standar masing-masing sebanyak 0; 2,5; 5; 10; 20; 30; 40 dan 50 ml dimasukkan ke dalam satu seri labu takar 100 ml.
2. Kemudian diencerkan masing-masing alikuot sampai volume 50 – 60 ml dengan akuades.
3. Sebanyak 25 ml pereaksi vanadat-molibdat ditambahkan ke dalam masing-masing labu takar dan diencerkan sampai volume 100 ml dengan akuades.
4. Larutan didiamkan selama 10 menit, kemudian diukur absorbansi masing-masing larutan di dalam kuvet gelas dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 400 nm.
5. Masing-masing larutan tersebut mengandung : 0; 0,5; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0 dan 10 mg $P_2O_5/100$ ml, selanjutnya, dibuat kurva absorbansi vs mg $P_2O_5/100$ ml.

Tahapan Sampel

Tahapan sampel terdiri atas tahapan a atau b. Tahapan b dilakukan apabila tidak tersedia sampel bentuk abu.

Tahapan a:

1. Sebanyak 10 ml HCl 5 M ditambahkan pada sejumlah abu dari hasil pengabuan kering, lalu didinginkan.
2. Larutan disaring dengan kertas saring No. 1 dan filtrat dimasukkan ke dalam labu takar 250 ml.
3. Cawan dibilas dengan akuades, kemudian dicampurkan air pembilas yang telah disaring dengan filtrat di dalam labu takar.
4. Endapan dicuci di dalam kertas saring sebanyak 2 kali masing-masing dengan 20 ml akuades.
5. Selanjutnya, filtrat diencerkan sampai tanda tera.

Tahapan b:

1. Sampel sebanyak 5 g ditimbang dan dimasukkan ke dalam gelas piala 150 ml.
2. Lalu ditambahkan 20 ml asam nitrat pekat, kemudian dididihkan selama 5 menit.
3. Larutan didinginkan dan ditambahkan 5 ml asam sulfat pekat.
4. Selanjutnya, dipanaskan dan disempurnakan 'digestion' dengan penambahan HNO_3 setetes demi setetes sampai larutan tidak berwarna.
5. Larutan dipanaskan sampai timbul asap putih, kemudian didinginkan.

6. Akuades ditambahkan sebanyak 15 ml dan dididihkan lagi selama 10 menit.
7. Larutan didinginkan dan dipindahkan ke dalam labu takar 250 ml.
8. Gelas piala dibilas sampai bersih, bilasan dimasukkan ke dalam labu takar.
9. Larutan diencerkan di dalam labu takar sampai tanda tera dengan akuades.

Penetapan Sampel:

1. Larutan yang dihasilkan dengan cara a atau b diambil sebanyak 10 ml, kemudian dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml.
2. Lalu ditambahkan 40 ml akuades dan 25 ml pereaksi vanadat molibdat.
3. Diencerkan dengan akuades sampai tanda tera.
4. Larutan didiamkan selama 10 menit, kemudian diukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 400 nm.
5. Konsentrasi fosfor dicatat dari kurva standar berdasarkan absorban yang terbaca.

Perhitungan:

$$\text{Persen fosfor dalam sampel (P}_2\text{O}_5) = \frac{C \times 2.5}{W} \times 100 \%$$

Keterangan :

C = Konsentrasi fosfor dalam sampel (mg/100 ml)
yang terbaca.

W = Berat sampel yang digunakan.

POTENSI DAN KARAKTERISTIK TULANG IKAN CAKALANG

Ikan Cakalang

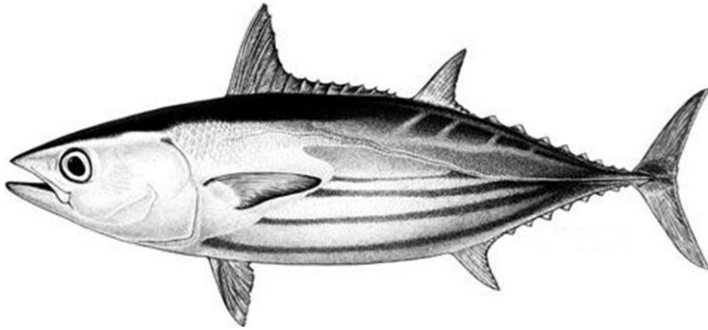
SULAWESI Utara merupakan salah satu pusat pengembangan industri perikanan. Sejak 2001, pemerintah setempat melaksanakan apa yang disebut Gerakan Pengembangan Komoditas Unggulan Berbasis Agribisnis (Gerbang Kuba) meliputi industri ikan tuna, cakalang dan layang hasil penangkapan ikan di laut merupakan produksi tertinggi di sektor perikanan. Perkembangan ekspor komoditas perikanan Sulawesi Utara didukung oleh perkembangan unit pengolahan hasil perikanan. Sampai 2004, terdapat 40 unit perusahaan pengolahan hasil perikanan dengan 22 *cold storage* yang dimiliki, setiap *cold storage* berkapasitas 10.630 ton. Selain mengekspor rumput laut segar, tuna, udang galah dan kepiting bakau yang dibekukan, juga ikan kaleng dan ikan asap.

Sebagai komoditas untuk ikan beku, ikan kaleng dan ikan asap pada umumnya memanfaatkan ikan tuna dan cakalang dan ini telah dilakukan oleh beberapa industri yang berskala ekspor. Dalam pengolahan ikan cakalang dihasilkan limbah berupa kepala, tulang, insang, ekor, sirip berpotensi sebagai bahan pencemar pada lingkungan jika tidak dimanfaatkan.

Oleh sebab itu, mengupayakan penanganan limbah merupakan langkah yang dianjurkan dan akan lebih baik lagi jika melalui penanganan yang dilakukan dapat memberi nilai manfaat dalam arti mengolah limbah menjadi bahan yang berguna.

Ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis* L) mempunyai nama umum “skipjack tuna” adalah termasuk jenis ikan “tropikal tuna”, bentuk badan adalah fusiform memanjang dan bulat, kedua ujung mulutnya meruncing. Warna bagian atas biru kehitaman dan putih perak pada bagian bawahnya, ukuran badan dapat mencapai panjang 100 cm dan berat 5000 gram (Kaseger, 1986). Bagian punggung berwarna biru kehitaman (gelap), di sisi bawah dan perut keperakan, dengan 4-6 buah garis-garis berwarna hitam yang memanjang pada bagian samping badan.

Cakalang termasuk ikan perenang cepat, Ikan jenis ini sering bergerombol yang hampir bersamaan melakukan ruaya di sekitar pulau maupun jarak jauh dan senang melawan arus, biasa bergerombol di perairan pelagis hingga kedalaman 200 m dan mencari makan berdasarkan penglihatan. Cakalang sering disebut *skipjack tuna* dengan nama lokal cakalang (Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Bentuk Tubuh Ikan Cakalang.

Adapun klasifikasi cakalang menurut Matsumoto, *et al.*, (1984), adalah sebagai berikut :

Phylum	:	Vertebrata
Class	:	Telestoi
Ordo	:	Perciformes
Famili	:	Scombridae
Genus	:	<i>Katsuwonus</i>
Species	:	<i>Katsuwonus pelamis</i>

Cakalang termasuk jenis ikan tuna dalam famili Scombridae, species *Katsuwonus pelamis*. Collete (1983) menjelaskan ciri-ciri morfologi cakalang, yaitu tubuh berbentuk fusiform, memanjang dan agak bulat, tapis insang (gill rakes) berjumlah 53-63 pada helai pertama. Mempunyai dua sirip punggung yang terpisah. Pada sirip punggung yang pertama terdapat 14-16 jari-jari keras, jari-jari lemah pada sirip punggung kedua diikuti oleh 7-9 finlet. Sirip dada pendek, terdapat dua flops di antara sirip perut. Sirip anal diikuti dengan 7-8 finlet. Badan tidak bersisik kecuali pada barut badan (corselets) dan lateral line terdapat titik-titik kecil.

Produksi Ikan Cakalang di Indonesia

Ikan cakalang merupakan salah satu sumber daya perikanan laut yang dikategorikan sebagai ikan pelagis besar. Volume ikan cakalang volume produksi terus meningkat, pada tahun 2004 sampai 2007 (ton) berturut-turut 233.319; 252.232; 277.388 dan 697.166 ton. (Departemen Kelautan dan Perikanan, 2008).

Sulawesi Utara juga merupakan pusat pengembangan industri perikanan. Sejak 2001, pemerintah setempat melaksanakan apa yang disebut Gerakan Pengembangan Komoditas Unggulan Berbasis Agribisnis (Gerbang Kuba) meliputi industri ikan tuna, cakalang dan layang. Hasil penangkapan ikan di laut merupakan produksi tertinggi di sektor perikanan.

Produksi perikanan tangkap (tuna, cakalang, tongkol) pada 2006 sebanyak 137.000 ton. Produksi ini ditargetkan meningkat menjadi 141.000 ton pada 2007 dari 1,4 juta ton quota tangkap yang ditoleransi. Potensi ikan tangkap di Sulawesi Utara 1,8 juta ton. Perkembangan ekspor komoditas perikanan Sulawesi Utara didukung oleh perkembangan unit-unit pengolahan hasil perikanan. Sampai 2004, terdapat 40 unit perusahaan pengolahan hasil perikanan dengan 22 cold storage yang dimiliki. Setiap *cold storage* berkapasitas 10.630 ton. Kini terdapat 60 eksportir komoditas hasil perikanan di provinsi itu, dengan negara tujuan ekspor antara lain Jepang, Korea, AS, Cina, Spanyol, Australia, Jerman, Inggris, Hongkong, Denmark, Afrika Selatan, Irlandia, Belanda, Swiss, Slovenia, Belgia, Finlandia, Italia, Polandia, Prancis, Yunani, Malta, Cyprus, Kanada, Thailand, Taiwan,

Singapura, Afrika dan Filipina. Mereka terbiasa mengekspor rumput laut segar, tuna, udang galah dan kepiting bakau yang dibekukan, ikan kaleng, ikan asap.

Sumber daya ikan pelagis dibagi berdasarkan ukuran, yaitu Ikan Pelagis Besar seperti kelompok Tuna (*Thunidae*) dan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*), kelompok Marlin (*Makaira sp*), kelompok Tongkol (*Euthynnus spp*) dan Tenggiri (*Scomberomorus spp*), Selar (*Selaroides leptolepis*) dan Sunglir (*Elagastis bipinnulatus*), kelompok Kluped seperti Teri (*Stolephorus indicus*), Japuh (*Dussumieria spp*), Tembang (*Sadinella fimbriata*), Lemuru (*Sardinella longiceps*) dan Siro (*Amblygaster sirm*), dan kelompok Skrombroid seperti Kembung (*Rastrellinger spp*).

Penyebaran ikan pelagis di Indonesia merata di seluruh perairan, ikan pelagis dapat ditangkap dengan berbagai alat penangkap ikan seperti *purse seine* atau pukat cincin, jaring insang, payang, bagan dan sero. Ikan cakalang merupakan produk hasil laut unggulan di daerah Sulawesi Utara dan ini ditandai dengan berkembangnya Industri pengalengan ikan, pembuatan ikan asap dan ikan kayu dalam skala industri besar maupun kecil.

Ikan cakalang merupakan produk hasil laut unggulan di daerah Sulawesi Utara dan ini ditandai dengan berkembangnya industri pengalengan ikan dan pembuatan ikan asap dan ikan kayu dalam skala industri besar maupun kecil. Data ekspor provinsi Sulawesi Utara periode Januari–April 2008 ikan kayu cakalang 928,8 ribu Kg, ikan cakalang kaleng 1,43 juta Kg. Daerah Sulawesi Utara termasuk salah satu dari sentra

produksi ikan cakalang di Indonesia selain di Benoa (Bali), Kendari (Sulawesi Tenggara), Ambon (Maluku), Pelabuhan Jakarta, dan Sorong (Papua Barat) bahwa produksi ikan cakalang di daerah Sulawesi Utara data tahun 2005, yaitu sebesar 65.137,7 ton (Statistik Perikanan, 2008).

Potensi Limbah Padat Ikan Cakalang

Limbah diartikan sebagai suatu substansi yang didapatkan selama pembuatan sesuatu, dan umumnya dibuang karena bukan merupakan tujuan produksi yang diinginkan. Limbah yang dihasilkan umumnya belum mempunyai nilai ekonomis dan pemanfaatannya masih terbatas sehingga dapat dianggap sebagai sumber daya tambahan yang dapat dioptimalkan termasuk limbah perikanan (*fishery waste*) yang memang memerlukan penanganan karena sangat berpotensi sebagai bahan pencemar (Murni, *dkk.*, 2008).

Definisi limbah atau produk sampingan dalam industri ikan bervariasi tergantung pada spesies ikan dan metode pemanenan atau pengolahan yang digunakan. Dalam industri pengolahan perikanan, limbah yang paling utama pada pembuatan fillet ikan, ikan kayu atau pembuatan ikan kaleng yang biasa dibuang antara lain kepala, bagian isi perut, ekor, sirip, dan tulang (Winarno, 1997).

Ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis* L) atau skipjack tuna merupakan produk hasil laut unggulan di daerah Sulawesi Utara. Keadaan ini ditandai dengan berkembangnya industri pengalengan ikan, pembuatan ikan asap dan ikan kayu dalam skala industri besar

maupun kecil. Ikan cakalang merupakan salah satu jenis tuna yang umumnya memiliki ukuran panjang antara 40–80 cm maksimum 108 cm dan berat 33 kg (FAO, 2010c).

Limbah perikanan dikelompokkan berdasarkan jenisnya ada empat, yaitu :

1. *hasil sampingan* berupa ikan mentah utuh yang merupakan hasil dari usaha penangkapan,
2. *limbah pengolahan* yang terdiri atas kepala, isi perut, kulit, tulang, sirip dan lain-lain,
3. *limbah surplus* berupa ikan utuh,
4. *limbah industri* berupa ikan utuh potongan atau hancuran sisa pengolahan dan pemasaran

Dalam usaha pengolahan ikan cakalang yang ditangani dalam skala industri besar dan kecil dihasilkan limbah baik limbah padat maupun limbah cair yang belum dimanfaatkan secara maksimum dan dapat mengakibatkan pencemaran pada lingkungan. Ikan cakalang mempunyai *edible portion* (bagian yang dapat dimakan) sebesar 61,79 persen, sedangkan sisanya 38,21 persen terdiri atas limbah (Prih *et al.*, 1982).

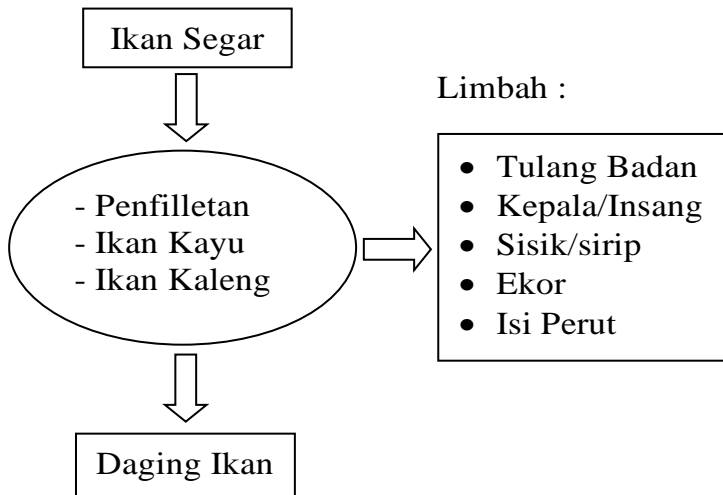
Dalam usaha pengolahan ikan cakalang baik yang berskala industri besar maupun kecil dihasilkan limbah padat dan limbah cair yang belum dimanfaatkan secara maksimal sehingga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan.

Ikan cakalang mempunyai *edible portion* (bagian yang dapat dimakan) sebesar 61,79%, sedangkan sisanya 38,21% terdiri dari limbah (Prih *dkk.* 1982) sehingga seekor ikan cakalang yang beratnya berkisar antara

1500-5000 g menghasilkan limbah padat berupa tulang sejumlah 36,9 - 410 g (Sanger, 1986).

Secara umum produksi limbah ikan cakalang tergantung pada proses pengolahan atau industri dan bagian yang berupa *by product* atau limbah adalah bagian jeroan, insang, daging coklat, kepala, tulang, dan kulit (Kristbergsson and Arason, 2007). Perbandingan bagian tubuh tersebut terdiri dari kepala 11-26%, tulang dan sirip 8,2%, insang 3,3%, isi perut 6,6%, daging dan kulit 60,8-66,0%. Penelitian terbaru telah mengidentifikasi sejumlah senyawa bioaktif bersumber dari ikan, yaitu protein kolagen, gelatin, minyak ikan, tulang, dan organ internal yang diperoleh setelah dilakukan pengolahan (Kim dan Mendis, 2006).

Jika melihat potensi sumber daya ikan di perairan Indonesia yang sangat melimpah serta perkembangan industri pengolahan ikan, baik fillet maupun pengalengan ikan dan produk lainnya yang didalamnya menghasilkan limbah yang cukup besar maka sesungguhnya merupakan prospek bagi bidang industri pengolahan pakan dalam memanfaatkan limbah industri tersebut karena pada dasarnya bahan baku yang digunakan bukan untuk kepentingan pangan.



Gambar 4.2 Alur Pengolahan Ikan Cakalang.

Perbandingan bagian tubuh ikan cakalang terdiri atas bagian kepala 11-26 persen, tulang dan sirip 8,2 persen, insang 3,3 persen, isi perut 6,6 persen, daging dan kulit 60,8-66,0 persen, dengan demikian total limbah padat diluar isi perut kurang lebih 30 persen dari berat tubuh ikan. Untuk itu ikan cakalang yang beratnya berkisar antara 1500-5000 gram menghasilkan limbah padat sejumlah 450–1500 gram (Sanger, 1986).

Jika berdasarkan data tahun 2005, yaitu sebesar 65.137,7 ton/tahun, maka dapat diproyeksikan produksi limbah padatnya mencapai 19.541.31 ton/tahun, sedangkan jika berdasarkan produksi dari perusahaan pengeksport cakalang tahun 2008 (ikan kayu dan ikan kaleng) dalam triwulan I khusus yang berada di daerah Sulawesi Utara sebesar 1.116.151,4 kg per tiga bulan sehingga per tahun diperkirakan 4.464.605,6 kg. Limbah

ikan hasil olahan produk ikan ini berupa air bersihan ikan (limbah cair), tulang ikan, insang dan kepala ikan telah diminati dan terbukti telah diekspor ke negara Jepang untuk diolah menjadi bahan baku makanan, namun sebenarnya dapat saja didayagunakan di dalam negeri (Celebes Mina Pratama, 2009)

Karakteristik Tulang Ikan Cakalang

Tulang ikan merupakan salah satu komponen dari limbah padat industri pengolahan ikan cakalang. Tulang ikan baik yang dari jenis teleostei (ikan bertulang sejati) ataupun dari elasmobranchi (ikan bertulang rawan) secara umum adalah bentuk jaringan penyambung padat yang terspesialisasi, matriksnya lentur dan luwes. Matriks tulang terdiri atas bahan organik (30,54 persen) dan anorganik (69,46 persen), sebagian besar bahan anorganik penyusun tulang adalah kalsium (59,69 persen) dan fosfor 35,81 persen, dan sebagian kecil ditemukan unsur magnesium, kalium, natrium. Bahan organiknya terdiri atas serabut kolagen dan zat amorf yang mengandung glikosaminoglikan yang berhubungan dengan protein (Venugopal, 2009). Kolagen merupakan 86,21 persen dari total protein tulang dan protein non-kolagen hanya 13,79 persen (Shahidi, 2007), sedangkan kolagen tulang ikan cakalang atau “*skipjack tuna*” sebesar 42,3 persen (Nagai and Suzuki, 2000).

Menurut Analisa laboratorium Nutrisi Ternak Ruminansia dan Kimia Makanan Ternak Fapet Unpad (2009), limbah padat ikan cakalang mengandung protein (46,48 persen), serat kasar (2,05 persen), lemak kasar (17,21 persen), abu (25,11 persen), kalsium (7,04

persen), fosfor (3,67 persen) dan energi bruto (4492 Kkal/kg), sedangkan kandungan zat-zat makanan yang terkandung khusus pada tulang ikan yang telah dikering anginkan, direbus dan di-*autoclave* 20 menit terlihat pada Tabel 4.1 berikut ini

Kandungan protein yang ada pada limbah padat dan tulang ikan berada dalam jumlah yang cukup tinggi namun sebagian besar merupakan protein terikat dalam bentuk kolagen tulang, yang kolagen tergolong protein fibrous atau skleroprotein yang menurut Winarno (1997), dalam kondisi alami protein *fibriler* atau skleroprotein ini sulit untuk dicerna oleh enzim pencernaan bahkan golongan protein ini sangat miskin akan asam amino esensial dan tidak mengandung asam amino triptopan (deMan, 1997).

Tabel 4.1 Kandungan Zat-zat Makanan Tulang Ikan Cakalang.

Zat-Zat Makanan (persen)*	Tulang Ikan Hasil Pengolahan		
	Kering angin	Perebusan 30 menit	<i>Autoclave</i> 20 menit
Air	7,25	7,97	6,41
Protein	27,05	29,56	29,27
Lemak	5,96	4,90	5,69
Kalsium	9,26	8,23	11,20
Fosfor	5,65	5,74	5,97

Ket : *) Hasil Analisis Laboratorium (Bagau, 2010).

Tulang ikan segar mengandung sekitar 50 persen bahan kering, dan di dalamnya berisi sekitar 25 persen kolagen, 5-10 persen lipids dan sekitar 20 persen

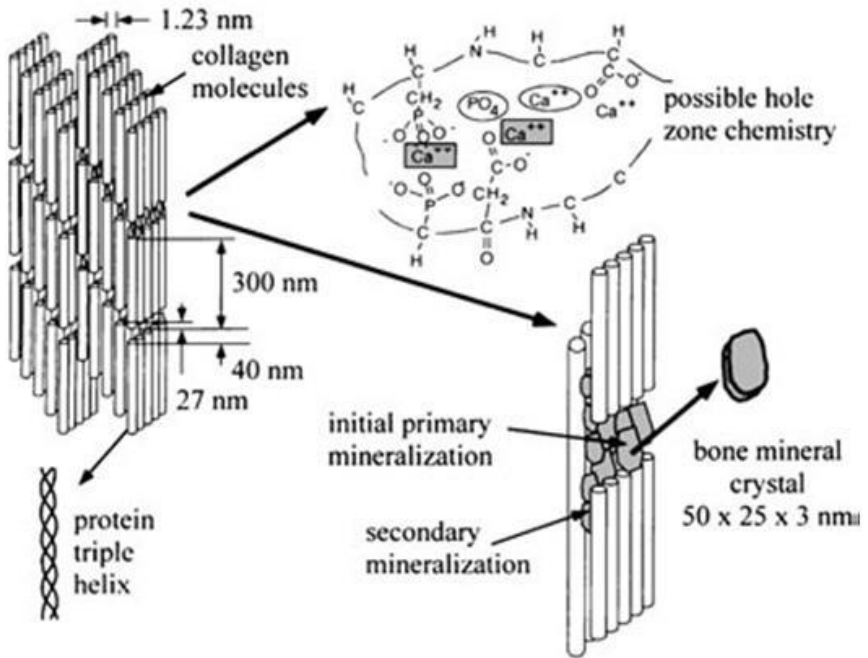
mineral. Lebih dari setengah dari mineral adalah kalsium dan fosfor yang merupakan pembangun struktur tulang.

Mineral Tulang Ikan

Mineral pada tulang ikan ada di tulang sebagai kristal hydroxyapatite ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) dan kalsium karbonat (CaCO_3) dan bentuk ini adalah campuran kimia yang stabil dan sulit untuk dicerna dalam usus ternak dan ikan (Aksnes, 2005; Venugopal, 2009).

Garam kalsium fosfat yang terdapat dalam tulang dideposit dalam jaringan matriks lunak yang terdiri atas bahan organik yang mengandung kolagen dan gel mukopolisakarida. Materi organik non-kolagen terdiri atas *osteocalcin* (osla protein) yang terlibat dalam pengikatan kalsium selama proses mineralisasi, *osteonectin* yang berfungsi menjadi jembatan antara kolagen dan komponen mineral serta sialoprotein (kaya akan asam salisilat) dan beberapa protein lainnya. Kristal-kristal hidroksiapatite tersusun sepanjang serabut kolagen dan sebagai jembatan ialah *osteonectin*.

Ilustrasi pada Gambar 4.3, menggambarkan lingkungan atau zona yang sangat mikro pada tulang, bahwa terdapat lubang letak mana kolagen terikat dengan mineral bebas maupun mineral yang terikat dengan unsur lainnya, keadaan atau struktur ini berulang secara periodik dengan besaran 67 nm.



Sumber : Marthin, J.W. 2001

Gambar 4.3 Kristal Mineral Tulang yang Terikat Dalam Molekul Kolagen.

Beberapa mineral pada ikan merupakan unsur pokok dari jaringan keras seperti tulang, sirip, dan sisik. Unsur utama dari mineral tulang ikan terdiri atas kalsium, fosfor, dan karbonat; sedangkan yang terdapat dalam jumlah kecil adalah magnesium, sodium, fitat, klorida, sulfat, strontium. Tulang ikan mengandung kalsium dan fosfor dengan rasio yang relatif konstan, yaitu 2 : 1 (Venugopal, 2009).

Kandungan mineral yang bersumber dari tepung tulang ikan juga bergantung atas faktor ekologis, seperti musim, tempat pembesaran, jumlah nutrisi yang tersedia, suhu dan salinitas (Matinez *et al.* 1998).

Kolagen Tulang Ikan

Pada mamalia, kolagen terdapat di kulit, tendon, tulang rawan dan jaringan ikat. Demikian juga pada burung dan ikan, sedangkan pada avertebrata kolagen terdapat pada dinding sel (Baily and Light, 1989). Molekul kolagen tersusun dari kira-kira dua puluh asam amino yang memiliki bentuk agak berbeda bergantung pada sumber bahan bakunya. Asam amino glisin, prolin dan hidroksiprolin merupakan asam amino utama kolagen. Asam-asam amino aromatik dan sulfur terdapat dalam jumlah yang sedikit. Hidroksiprolin merupakan salah satu asam amino pembatas dalam berbagai protein (Chaplin, 2005).

Kolagen mengandung kira-kira 35 persen glisin, 11 persen alanin, prolin dan hidroksiprolin dapat mencapai 21 persen asam amino ini jarang ditemukan pada protein selain pada kolagen dan elastin. Komposisi asam amino kolagen amat kaya dalam empat jenis asam amino tersebut tetapi rendah dalam hampir semua jenis asam amino lainnya dan hal ini merupakan dasar bahwa kualitas gizi gelatin relatif rendah sebagai sumber protein baik untuk pangan maupun pakan.

Molekul dasar pembentuk kolagen disebut tropokolagen yang mempunyai struktur batang dengan BM 300.000, yang di dalamnya terdapat tiga rantai polipeptida yang sama panjang, bersama-sama membentuk struktur heliks. Tiap tiga rantai polipeptida dalam unit tropokolagen membentuk struktur heliks tersendiri, menahan bersama-sama dengan ikatan hidrogen antara group NH dari residu glisin pada rantai yang satu dengan group CO pada rantai lainnya. Cincin

pirolidin, prolin, dan hidroksiprolin membantu pembentukan rantai polipeptida dan memperkuat *triple helix* (Wong, 1989). Molekul tropokolagen memiliki kerangka heliks ganda tiga (Lehninger, 1997).

Tropokolagen akan terdenaturasi oleh pemanasan atau perlakuan dengan zat seperti asam, basa, urea, dan potassium permanganat. Selain itu, serabut kolagen dapat mengalami penyusutan jika dipanaskan di atas suhu penyusutannya (T_s). Suhu penyusutan (T_s) kolagen ikan adalah 45°C . Jika kolagen dipanaskan pada $T > T_s$ (misalnya $65 - 70^{\circ}\text{C}$), serabut *triple helix* yang dipecah menjadi lebih panjang. Pemecahan struktur tersebut menjadi lilitan acak yang larut dalam air inilah yang disebut gelatin. Menurut Fernandez-Diaz, *et al.*, (2001), kolagen kulit ikan lebih mudah hancur daripada kolagen kulit hewan, bahwa kedua jenis kolagen ini akan hancur oleh proses pemanasan dan aktivitas enzim.

Lemak/Minyak pada Ikan

Minyak ikan termasuk senyawa lipida yang bersifat tidak larut dalam air. Minyak ikan ini dibagi dalam dua golongan, yaitu minyak hati ikan (*fish liver oil*) yang terutama dimanfaatkan sebagai sumber vitamin A dan D, dan golongan lainnya adalah minyak tubuh ikan (*body oil*). Minyak yang telah bebas dari kotoran visual ditentukan kandungan asam lemak bebasnya (*free fatty acid/FFA*).

Deguming merupakan proses pemisahan getah dan lendir yang terdiri dari tri fosfatida, protein, residu karbohidrat, air, dan resin tanpa mengurangi jumlah asam lemak bebas dalam minyak. Degumming

dilakukan dengan penambahan NaCl 8 persen ke dalam minyak ikan pada suhu 60⁰C selama 15 menit. Larutan NaCl yang ditambahkan sebanyak 40 persen dari volume minyak yang dimurnikan dan selama degumming dilakukan pengadukan. Proses degumming dapat juga dilakukan dengan menambahkan NaOH 2-3 persen dalam air atau larutan NaCl, atau menambahkan larutan firofosfatida pada minyak, kemudian disentrifugas pada suhu 30-50⁰C. Getah fosfatida akan terpidahkan pada sentrifuse sebanyak 3,5 persen dari minyak asal.

Netralisasi adalah suatu proses untuk memisahkan asam lemak bebas dari minyak atau lemak dengan cara mereaksikan asam lemak bebas dengan basa atau pereaksi lainnya sehingga membentuk sabun (soap stoc). Netralisasi dilakukan dengan menambahkan larutan NaOH 1N ke dalam minyak yang sudah mengalami proses degumming. Larutan NaOH 1N ditambahkan dalam minyak ikan pada suhu 60⁰C selama 15 menit.

Proses netralisasi dilakukan dengan menambahkan larutan alkali atau pereaksi lainnya untuk membebaskan asam lemak bebas dengan membentuk sabun dan membantu mengkoagulasikan bahan-bahan yang tidak diinginkan. Penambahan larutan alkali ke dalam minyak mentah akan menyebabkan reaksi kimia maupun fisik, yaitu:

- Alkali akan bereaksi dengan asam lemak bebas dan membentuk sabun.
- Gum menyerap air dan menggumpal melalui reaksi hidrasi.
- Bahan-bahan warna terdegradasi, terserap oleh gum atau larutan oleh alkali.

- Bahan-bahan yang tidak terlarut yang terdapat dalam minyak akan menggumpal.

Faktor-faktor yang memengaruhi proses netralisasi adalah konsentrasi alkali, suhu, pengadukan dan pencucian. Selanjutnya, minyak yang telah dinetralkan dibiarkan beberapa saat supaya terjadi pemisahan sabun yang terbentuk. Lapisan sabun berada pada lapisan bawah dan lapisan minyak pada bagian bawah. Kemudian sabun tersebut diambil.

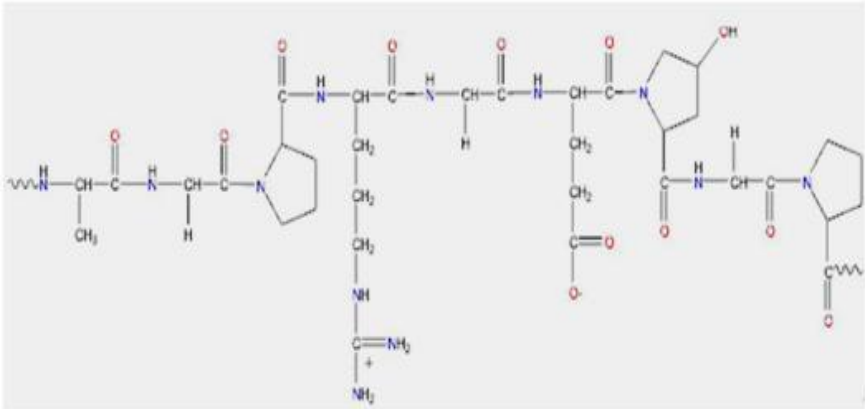
Guna menghilangkan sabun-sabun yang masih tersisa, pada minyak ikan ditambahkan air panas sambil diaduk dan kemudian dibiarkan supaya terjadi pemisahan minyak dan air. Setelah itu, air yang terpisah dibuang.

NILAI TAMBAH TULANG IKAN CAKALANG

Tulang Ikan Cakalang Sebagai Sumber Gelatin

TULANG ikan cakalang merupakan sumber kolagen yang jika dididihkan di dalam air yang dikombinasikan dengan perlakuan asam atau basa akan menghasilkan gelatin. Kandungan kolagen pada tulang ikan keras (*teleostei*) berkisar 15 – 17 persen, sedangkan pada tulang ikan rawan (*elasmobranch*) berkisar 22 – 24 persen (Wahyuni dan Peranginangin, 2009).

Gelatin secara kimia merupakan sumber protein berharga yang merupakan produk sampingan hewan dari bagian tak terpakai (*by-products*) setelah melalui proses hidrolisis parsial (*partial hydrolysis*) kolagen dari bagian tertentu tubuh hewan seperti kartilago, tulang, tendon dan kulit. Susunan asam aminonya hampir mirip dengan kolagen, bahwa glisin sebagai asam amino utama dan merupakan $\frac{2}{3}$ dari seluruh asam amino yang menyusunnya, $\frac{1}{3}$ asam amino yang tersisa diisi oleh prolin dan hidroksiprolin (Chaplin, 2005).



Gambar 5.1 Struktur Kimia Gelatin.

Gelatin digolongkan pada 2 tipe berdasarkan cara pengolahannya, yaitu tipe A dan B. Dalam pembuatan gelatin tipe A, bahan baku diberi perlakuan perendaman dalam larutan asam sehingga proses ini dikenal dengan sebutan proses asam. Sedangkan dalam pembuatan gelatin tipe B, perlakuan yang diaplikasikan adalah perlakuan basa. Proses ini disebut proses alkali (Utama, 1997).



Gambar 5.2 Gelatin Tulang Ikan.

Bahan baku yang biasanya digunakan pada proses asam adalah tulang dan kulit babi, sedangkan bahan baku yang biasa digunakan pada proses basa adalah tulang dan kulit jangat sapi. Gelatin ikan dikategorikan sebagai gelatin tipe A. Secara ekonomis, proses asam lebih disukai dibanding dengan proses basa. Hal ini karena perendaman yang dilakukan dalam proses asam relatif lebih singkat dibanding dengan proses basa (Cole, 2000).

Tulang (bagian kepala, tulang rawan insang, ekor, tulang badan, sirip) dan kulit ikan yang merupakan limbah industri pengolahan ikan telah diupayakan sebagai suatu alternatif sumber gelatin berdasarkan pertimbangan aman dan halal. Sebab, pada kenyataannya bahan baku yang banyak digunakan untuk industri gelatin konvensional adalah tulang dan kulit sapi dan babi. Penggunaan tulang dan kulit sapi dan babi akan

menjadi masalah bagi para pemeluk agama tertentu (Wahyuni dan Peranginangin, 2009).

Berbagai penelitian telah dikembangkan dengan menggunakan dan memanfaatkan limbah berupa tulang dan kulit dari berbagai jenis ikan untuk menghasilkan gelatin. Mutu gelatin yang diproduksi dari tulang ikan patin (*Pangasius hypothalmus*) dengan ekstraksi asam menghasilkan rendemen 15,38 persen, kadar air 9,26 persen, kadar abu 2,26 persen kadar protein 85,91 persen. (Peranginangin *et al.*, 2005). Total gelatin yang dapat diekstraksi menggunakan HCl dari jaringan lunak dan tulang kepala ikan Cod sebesar 12 persen (Arnesen dan Gildberg, 2005). Ekstraksi gelatin dari tulang ikan kakap merah (*Lunjanus sp*) secara asam menghasilkan rendemen gelatin sejumlah 7,4 persen, kekuatan gel 226,6 g/bloom dan uji organoleptik terhadap warna gelatin yang dihasilkan tidak menunjukkan perbedaan yang berarti, yaitu antara coklat kekuningan sampai kuning keputihan dan sedikit berbau ikan dibanding dengan gelatin komersial (Suryanti, *et al.*, 2006).

Junianto, *et al.*, (2006), membandingkan produksi dan karakteristik proksimat dan fisikokimia gelatin dari tulang ikan nila, ikan tuna, campuran ikan nila dan tuna serta tulang kaki ayam. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa rendemen gelatin tertinggi diperoleh dari ekstraksi tulang ikan nila, kemudian diikuti tulang campuran ikan nila-tuna, tulang ikan tuna dan tulang kaki ayam masing-masing 11,19; 10,21; 9,43 dan 6,38 persen.

Menurut Hinterwaldner, (1997), proses produksi utama gelatin dibagi dalam tiga tahap : 1) tahap persiapan bahan baku antara lain penghilangan komponen non-kolagen dari bahan baku, 2) tahap konversi kolagen menjadi gelatin, dan 3) tahap pemurnian gelatin dengan penyaringan dan pengeringan. Hasil penelitian Surono *et al.*, 1994 dalam pembuatan gelatin dari kulit ikan cucut menunjukkan bahwa pada tahap pengembunan kulit lama perendaman terbaik adalah 24 jam dengan konsentrasi asam asetat 4 persen.

Ekstraksi kolagen tulang dilakukan dalam suasana asam pada pH 4 – 5 karena umumnya pH tersebut merupakan titik isoelektrik dari komponen-komponen protein non-kolagen, sehingga mudah terkoagulasi (Cole, 2000).

Tulang Ikan Cakalang Sebagai Bahan Baku *Special Bone Meal*

Secara umum sumber mineral Ca dan P bagi ternak diperoleh dari tulang sapi yang diolah menjadi tepung tulang komersial (*Calcinated bone-meal* atau *bone-ash*) yang dilakukan dengan pengabuan bertekanan tinggi untuk menghilangkan komponen organik yang ada pada tulang sapi. Selain itu, juga digunakan pula dikalsium-fosfat (DCP) sebagai suplemen kalsium fosfor.

Tulang ikan segar mengandung sekitar 50 persen bahan kering, dan di dalamnya berisi sekitar 25 persen kolagen, 5-10 persen lipids dan sekitar 20 persen mineral. Lebih dari setengah dari mineral adalah kalsium dan fosfor yang merupakan pembangun struktur tulang.

Mineral ini ada di tulang sebagai kristal hydroxyapatite ($\text{Ca}_{10}(\text{P}_0_4)_6(\text{OH})_2$) dan kalsium karbonat (CaCO_3).

Pemanfaatan tulang ikan cakalang sebagai sumber mineral, terutama kalsium dan fosfor merupakan suatu alternatif dalam rangka menyediakan suplemen mineral bagi ternak, sekaligus mengurangi dampak buruk pencemaran lingkungan akibat dari pembuangan limbah industri pengolahan ikan cakalang.

Pada Gambar 5.3, terlihat gambar tulang ikan yang telah dibersihkan dari komponen daging dan lemak, dan bagian tulang ini mengandung paling tinggi kalsium dan fosfor, dibanding dengan bagian lain dari limbah padat ikan cakalang.



Gambar 5.3 Tulang Ikan Cakalang yang Telah Dibersihkan dari Komponen Daging dan Lemak.

Data kandungan kalsium dan fosfor dari masing-masing komponen limbah tertera pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Analisis Kandungan Mineral Kalsium dan Fosfor Limbah Padat Ikan Cakalang.

Limbah Ikan Cakalang	Kalsium	Fosfor
Kepala	3,94	1,18
Sisik	2,17	0,49
Tulang Tubuh	11,80	3,76
Sirip	9,51	3,94
Ekor	7,64	2,79
Campuran	6,13	2,07

Keterangan : Hasil Analisis Laboratorium Nutrisi Ternak Ruminansia dan Kimia Makanan Ternak Fapet Unpad (Bagau, 2010).

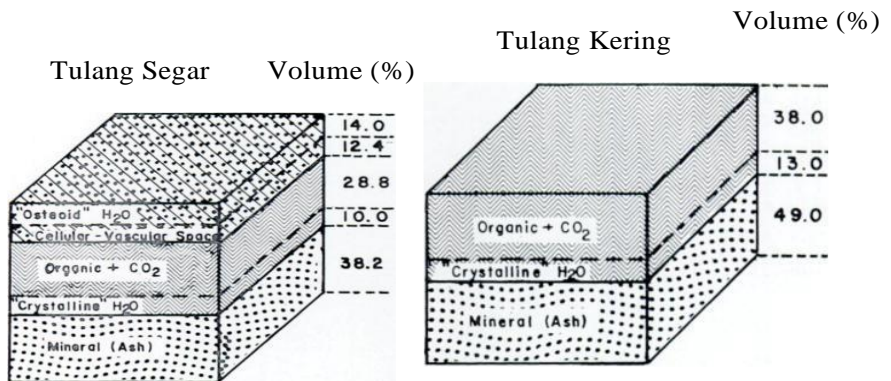
METODE PENGOLAHAN *Special Bone Meal* TULANG IKAN CAKALANG SECARA HIDROLISIS ALKALI

METODE pengolahan yang diterapkan pada suatu bahan dalam menghasilkan produk tertentu, sangat bergantung atas karakteristik bahan itu sendiri dan tujuan atau produk apa yang hendak dicapai. Limbah hasil industri perikanan mempunyai karakteristik sebagai bahan yang kaya zat gizi dan mudah mengalami pembusukan, karena umumnya bercampur dengan darah dan lemak atau minyak ikan. Mendayagunakan limbah yang memiliki karakteristik demikian memerlukan suatu kemampuan untuk dapat menentukan pilihan produk terbaik apa yang dapat dihasilkan dari jenis bahan limbah demikian.

Pemilihan cara pengolahan sering didasarkan pada segi praktisnya tetapi dari segi kualitas cara pengolahan menghasilkan *Special Bone Meal* merupakan pilihan karena memiliki kemungkinan lebih berkualitas dan mengingat karakteristik bahan limbah berupa tulang ikan yang akan diolah banyak mengandung kolagen.

Prinsip pengolahan tulang ikan dalam menghasilkan *Special Bone Meal*, sebagai sumber mineral didasarkan pada prinsip umum pengolahan tulang menjadi tepung tulang, yaitu dengan cara menghilangkan semaksimal mungkin bagian bukan mineral atau bahan organik yang terkandung dalam limbah tersebut dan memutuskan ikatan antara protein, kolagen dan mineral.

Langkah awal mengurangi komponen lemak dan protein adalah dengan cara pemanasan atau pemasakan dengan air, yang pada waktu proses pemanasan tersebut sedang berlangsung, kebanyakan bahan akan mengalami pengurangan air bersamaan dengan keluarnya air ikut pula terbawa komponen zat gizi yang lainnya.



Sumber : Biltz dan Pellegrino (2010).

Gambar Distribusi Komponen Air, Bahan Organik dan Mineral Tulang

Gambar diatas menunjukkan nilai rata-rata hasil analisis kimiawi yang terdapat pada tulang hewan termasuk tulang ikan yang membandingkan

antara tulang segar *fully hydrated bone* dengan tulang yang telah dikeringkan *dry bone*. (Biltz dan Pellegrino, 2010). Hasil tersebut menunjukkan bahwa setelah dikeringkan dalam kadar air yang masih sejumlah 13,0%, terjadi peningkatan komponen bahan organik dari 28,8% menjadi 38%, dan komponen mineral dari 38,2% menjadi 49,0%.

Protein pada produk ikan bersifat tidak stabil dan mempunyai sifat dapat berubah (denaturasi) dengan berubahnya lingkungan. Pemanasan juga berakibat lemak akan mengalami “drip” (cairan yang merembes akibat pemanasan), hidrolisis dan autooksidasi (Suwandi, 1990). Dinyatakan oleh Buckle *et al.*, (1985) bahwa pemasakan basah dengan menggunakan air atau uap akan menyebabkan lemak keluar dari jaringan, sehingga adanya pengurangan lemak pada bahan yang diolah dengan perebusan diakibatkan oleh pencucian air.

Pada proses pengolahan berbagai jenis tulang ikan sebagai sumber kalsium dan fosfor, perlakuan pemanasan menggunakan air dikategorikan sebagai *pre-treatment* atau perlakuan pendahuluan. Selanjutnya setelah hidrolisis menggunakan air dan panas, komponen bukan mineral terutama protein non-kolagen dan kolagen memerlukan hidrolisis menggunakan alkali karena hal ini berkaitan dengan sifat kolagen yang terdapat pada komponen tulang yang tergolong protein fibrous yang tidak dapat diekstrak dengan air, larutan asam, basa atau garam pada konsentrasi 0,01 – 0,1. Kolagen dapat mengembang karena daya ikat pada struktur molekulnya melemah saat diberikan perlakuan pH asam atau pH basa.

Hidrolisis menggunakan alkali akan memutuskan ikatan peptida yang membangun rantai polipeptida dalam protein, reaksi hidrolisis peptida akan menghasilkan produk reaksi yang berupa satu molekul dengan gugus karboksil dan molekul lainnya memiliki gugus amina (Kritinsson and Raseo, 2000). Jenis alkali yang digunakan secara umum bersumber dari alkali sintetik NaOH.

Ketika memproses tulang ikan, ekstraksi kolagen berhubungan dengan pemutusan mineral tulang dan dengan begitu membuat mineral dapat larut dan daya cernanya ditingkatkan (Aksnes, 2005). NaOH mampu memperbesar volume partikel bahan (substrat), sehingga ikatan antar-komponen menjadi renggang. Penggunaan basa dalam proses ini menyebabkan terjadinya proses deproteinisasi yang merupakan suatu proses yang bertujuan untuk menghilangkan atau melarutkan protein dari substrat.

Beberapa hasil penelitian tentang pengolahan tulang yang merupakan limbah industri perikanan dalam menghasilkan sumber kalsium dan fosfor di antaranya penelitian yang dilakukan Trilaksani *et al.*, (2006) menggunakan teknik pengolahan tepung tulang ikan tuna dengan memodifikasi teknik yang dilakukan oleh Elfauziah (2003) dan Mulia (2004), yaitu dengan perebusan 80⁰C selama 30 menit selanjutnya di-*autoclaving* dan direbus lagi pada 100⁰C selama 30 menit kemudian diekstraksi dengan basa NaOH 6 persen pada 60⁰C selama 2 jam menghasilkan tepung tulang dengan kadar kalsium 39,24 persen.

Prosedur pembuatan tepung tulang menurut Darmansyah (1983) adalah dengan dipanaskan dengan cara direbus 4-5 jam kemudian direndam dalam larutan kapur 10 persen selanjutnya direbus untuk mengeluarkan kolagen/gelatin, sisa tulang dikeringkan kemudian digiling. Penelitian pendahuluan telah dilakukan dengan tahapan pemasakan pada suhu 80⁰C selama 30 menit, dilanjutkan dengan perendaman dengan larutan NaOH konsentrasi 4 persen selama 24 jam pada temperatur ruang, dikeringkan dan digiling, ternyata tepung olahan masih memiliki kandungan protein sebesar 10,29 persen dengan kadar kalsium 15,38 persen dan fosfor 8,42 persen (Bagau, 2010).

Penelitian deproteinisasi pada kulit limbah udang menunjukkan bahwa penggunaan NaOH 2-3 persen pada suhu 63-65 ⁰C selama 2 jam dapat secara efektif mengurangi kadar protein kulit limbah udang (Jakson 1982; Knoor, 1984). Hasil penelitian Abun (2006), konsentrasi NaOH untuk deproteinisasi pada limbah kulit udang terbaik adalah 4 persen pada suhu 55⁰C dilanjutkan dengan demineralisasi dengan HCl 2 persen selama 2 jam menghasilkan protein dan mineral terlarut yang paling tinggi. Penelitian dari Murthapsari, *et al.*, (2008), menggunakan teknik hidrolisis untuk ekstraksi khitosan dengan NaOH 3 persen selama 15 jam, dipanaskan pada suhu 80 – 85⁰C kemudian dikeringkan pada suhu 80⁰C kurang lebih 24 jam.

Hidrolisis oleh Larutan Alkali

Hidrolisis adalah suatu proses yang merusak ikatan kimia karena penyisipan air antara atom di dalam obligasi. Hidrolisis dapat dikatalisis oleh enzim, garam-garam logam, asam, atau basa. Basa merupakan sifat larutan dari hidroksida logam alkali seperti natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH). Pemanasan reaktan secara dramatis mempercepat reaksi hidrolisis. Proses hidrolisis basa menghancurkan semua senyawa protein, lemak, asam nukleat mengurangi jumlah dan, dalam beberapa kasus, memperkecil ukuran molekul. Proses yang dikembangkan oleh Biosafe Engineering W.R., yaitu suatu proses hidrolisis basa untuk penghancuran cepat dari komponen jaringan tanpa efek merusak pada baik lingkungan atau bahan konstruksi digestor yang terbuat dari *stainless steel* dan teflon. Adapun protein yang terikat secara kovalen dapat didegradasi dengan perlakuan kimia, yaitu pelarutan dalam larutan basa kuat atau dengan perlakuan biologis. (Austin, 1988 dan Lee and Tan, 2002).

Biosafe Engineering W.R., mempatenkan proses menggunakan hidrolisis basa pada suhu tinggi dan tekanan untuk mengubah protein, asam nukleat, dan lipid dari semua sel dan jaringan, serta mikroorganisme menular. Alkali sendiri dimanfaatkan dalam proses dengan menghasilkan garam dari produk hidrolisis. Konstituen mineral (abu) dari tulang yang dihasilkan cukup lunak setelah bahan organik telah terdegradasi untuk dapat dengan mudah dihancurkan

(bahkan oleh tangan kosong) dan seperti bubuk kalsium fosfat (tepung tulang steril).



Sumber : AIN ® Majalah-Artikel: Perspektif Hidrolisis Alkali
<http://www.alnmag.com>

Gambar 6.1 Tulang Hewan Hasil olahan Alkali dengan Tekanan Tinggi Dapat Hancur oleh Tangan.

Pengaruh Hidrolisis Alkali terhadap Komponen

Protein

Dua molekul asam amino dapat saling berikatan membentuk ikatan kovalen melalui suatu ikatan amida yang disebut dengan ikatan peptida. Ikatan kovalen ini terjadi antara gugus karboksilat dari satu asam amino dengan gugus α -amino dari molekul asam amino lainnya dengan melepas molekul air.

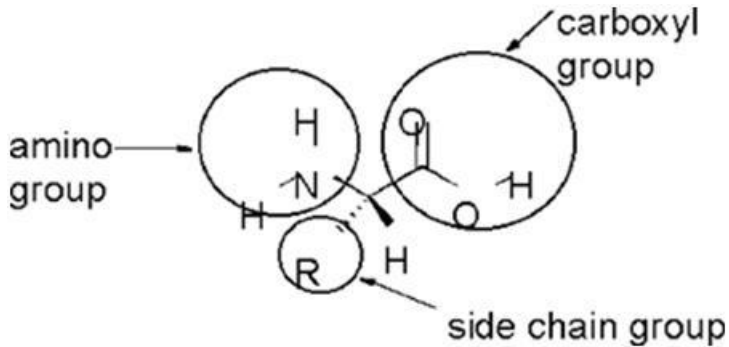
Tiga molekul asam amino dapat bergabung membentuk dua ikatan peptida, begitu seterusnya sehingga dapat membentuk rantai polipeptida. Peptida memberikan reaksi kimia yang khas, dua tipe reaksi yang terpenting, yaitu hidrolisis ikatan peptida dengan pemanasan polipeptida dalam suasana asam atau basa

kuat (konsentrasi tinggi) sehingga dihasilkan asam amino dalam bentuk bebas (Lehninger, 1997).

Hidrolisis alkali pada akhirnya mengarah pada pemecahan ikatan peptida protein, yaitu konstituen utama yang solid pada semua sel dan jaringan hewan. Garam natrium atau kalium dari asam amino bebas dihasilkan dari hidrolisis; oligopeptida (rantai kecil dari asam amino).

Beberapa asam amino, seperti arginin, asparagin, glutamin, dan serin, mengalami kerusakan oleh hidrolisis alkali sementara asam amino yang lain hanya mengalami polarisasi. Selain itu, karbohidrat (gula) rantai samping dilepaskan dari glikoprotein. Pengaruh hidrolisis alkali juga terjadi pada selubung protein virus yang dapat dihancurkan dan juga merusak ikatan peptida prion pada kondisi suhu dan konsentrasi alkali ekstrem. Penambahan basa misalnya KOH atau NaOH dapat menyebabkan protein terdenaturasi.

Denaturasi protein merupakan suatu keadaan bahwa protein mengalami perubahan atau kerusakan struktur sekunder, tersier dan kuartenernya. Hal ini karena terjadi pemecahan ikatan peptida baik sebagian atau keseluruhan. Ion OH akan bereaksi dengan gugus amino.



Gambar 6.2 Bagian dari Suatu Struktur Protein.

Dalam proses BIOSAFE/WR alkali, dalam bentuk baik natrium atau kalium hidroksida, yang digunakan pada suhu tinggi untuk disolusi cepat dan kemudian hidrolisis protein menjadi peptida kecil dan asam amino (dalam bentuk sodium atau garam kalium).

Kalium hidroksida atau campuran kalium hidroksida dan natrium hidroksida alkali adalah solusi disukai, karena ketidakstabilan terkonsentrasi (50 persen) solusi NaOH pada suhu di bawah 20⁰C. Semua protein, terlepas dari struktur awal, hancur selama hidrolisis basa.

Lipid

Lemak yang sederhana terdiri atas tiga rantai asam lemak yang terikat melalui ikatan ester pada molekul gliserol. Selama proses hidrolisis alkali, semua ikatan ester, serta ester sterol dan fosfolipid dari sekresi sel dan membran sel dapat dihidrolisis oleh alkali, menghasilkan natrium dan garam kalium dari asam lemak, yaitu, sabun.

KOH merupakan alkali yang baik sebagai sabun cair penghidrolisat pada suhu kamar. Kelompok amida dari glikolipid, yaitu konstituen lain membran sel juga dapat dihidrolisis dengan alkali. Asam lemak tak jenuh rantai ganda dan karotenoid (pigmen) mengalami ketidakstabilan molekul dan akhirnya mudah rusak.

Karbohidrat

Sebagai kelompok polimer, karbohidrat adalah konstituen sel dan jaringan yang paling lambat dipengaruhi oleh hidrolisis alkali. Glikogen, dalam hal ini glukosa (polimer terbesar pada hewan) dan pati (polimer terbesar dalam tanaman) lebih cepat larut oleh hidrolisis alkali. Namun, menghancurkan polimer memerlukan perlakuan hidrolisis alkali lebih lama dari yang diperlukan untuk polimer intraseluler dan ekstraseluler.

Beberapa molekul karbohidrat yang besar (ikatan 1-4-glycans), seperti selulosa, cukup resisten terhadap perlakuan alkali. Di sisi lain, bahan-bahan selulosa biasanya terjadi hanya pada saluran pencernaan hewan pemakan rumput, yang biasanya telah dimaserasi dan sebagian dicerna. Akibatnya, degradasi lebih lanjut, bahkan jika lambat, biasanya tidak menimbulkan masalah. Proses ini juga menghilangkan kelompok molekul glikoprotein, glycosaminoglycans, dan glikolipid, yaitu suatu karbohidrat utama pada jaringan ikat, serta dari eksoskeletons khitinous pada serangga dan invertebrata lainnya (misalnya, karapas kepiting atau lobster). Pada ikatan 1-3 glycans, seperti kondroitin sulfat, secara perlahan dapat terdegradasi. Semua

monosakarida, (gula sederhana) seperti glukosa, galaktosa, dan mannose, dengan cepat dapat dihancurkan oleh larutan panas alkali.

Asam Nukleat

Asam nukleat yang besar, polimer linier bercabang, yang terikat secara bersama oleh ikatan fosfodiester; yang mirip dengan ikatan ester sederhana dari lemak tetapi mencakup gugus fosfat sebagai bagian dari struktur ikatan. Ikatan ester dapat terhidrolisis dengan alkali, sehingga dengan cepat menghancurkan asam ribonukleat (RNA), namun lebih lambat menghidrolisis asam deoksiribonukleat (DNA).

Sumber Larutan Alkali

Definisi umum dari larutan alkali atau basa adalah senyawa kimia yang menyerap ion hidronium ketika dilarutkan dalam air. Basa adalah lawan dari asam larutan dengan pH kurang dari tujuh disebut bersifat asam, dan larutan dengan pH lebih dari tujuh dikatakan bersifat basa atau alkali. pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan, pH dinyatakan sebagai kologaritma aktivitas ion hidrogen (H^+) yang terlarut.

Skala pH bukanlah skala absolut tapi bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan standar yang pH-nya ditentukan berdasarkan persetujuan internasional. Konsep pH pertama kali diperkenalkan oleh kimiawan Denmark Soren Peder Lauritz Sorensen pada tahun

1909, tidak diketahui secara pasti makna singkatan “p” pada pH, beberapa rujukan menyatakan p berasal dari singkatan untuk *powerp* (pangkat), yang lain merujuk dari kata bahasa Jerman *Potenz* (yang juga berarti pangkat), dan ada pula yang merujuk pada kata *potensial*. Jens Norby mempublikasikan pada tahun 2000 bahwa p adalah sebuah tetapan yang berarti “logaritma negatif”.

Kostik merupakan istilah yang digunakan untuk basa kuat, nama kostik soda untuk natrium hidroksida (NaOH) dan kostik postas untuk kalium hidroksida (KOH). Basa dapat dibagi menjadi *basa kuat* dan *basa lemah*. Kekuatan basa sangat bergantung atas kemampuan basa tersebut melepaskan ion OH dalam larutan dan menentukan konsentrasi larutan basa tersebut. Basa kuat adalah basa yang dapat terionisasi 100 persen dalam air. Umumnya basa ini merupakan senyawa yang tersusun dari ion golongan IA dan IIA dengan ion hidroksida (OH⁻). Contoh basa kuat adalah: NaOH, Ca(OH)₂, Mg(OH)₂, KOH, dan sebagainya.

Alkali Kemis

Natrium Hidroksida (NaOH)

Larutan NaOH tergolong dalam larutan baku sekunder yang bersifat basa. Natrium hidroksida (NaOH), juga dikenal sebagai soda kaustik, adalah sejenis basa logam kaustik. Natrium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. Natrium hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran

ataupun larutan jenuh 50 persen. NaOH bersifat lembab cair dan secara spontan menyerap karbondioksida dari udara bebas. Ia sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan. NaOH juga larut dalam etanol dan metanol, walaupun kelarutan NaOH dalam kedua cairan ini lebih kecil daripada kelarutan KOH. NaOH tidak larut dalam dietil eter dan pelarut non-polar lainnya.



Gambar 6.3 Bentuk Kristal NaOH.

Larutan natrium hidroksida akan meninggalkan noda kuning pada kain dan kertas. Penggunaan NaOH di bidang pengolahan limbah perikanan, merupakan salah satu pilihan sumber basa atau alkali yang bermanfaat untuk proses deproteinisasi atau menghidrolisis protein dalam limbah padat. Deproteinisasi merupakan suatu proses yang bertujuan untuk menghilangkan atau melarutkan protein semaksimal mungkin dari substrat, biasa dilakukan dengan menggunakan larutan kimia yang bersifat basa (Suryani *et al.*, 2005; Kurnia, 2006).

Pada hidrolisis dalam suasana basa, asam–asam amino akan mengalami rasemasi atau kehilangan kegiatan optik (Schumm, 1992 *dalam* Kurtini, 2008). Hidrolisis dapat menyebabkan perubahan sifat suatu senyawa kimia akibat dari perenggangan ikatan senyawa kimia. Hasil dari hidrolisat tergantung dari jenis substrat atau senyawa yang akan dihidrolisis, bahan pelarut hidrolisis, dan kondisi sekeliling (Mulyono, 2001 *dalam* Kurtini *et al.*, 2008). Semua protein bersifat koloidal dan daya larutnya dalam air berbeda, asam-asam amino dalam ikatan peptida tidak tanggap terhadap reaksi asam-basa dan semua protein dapat mengalami denaturasi dengan berbagai cara dan banyak zat penyebab denaturasi selain panas, yaitu asam kuat, basa kuat, alkohol, aseton, urea, garam-garam logam berat (Tillman *et al.*, 1984).

Kalsium hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Kalsium hidroksida adalah senyawa kimia dengan rumus kimia $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Kalsium hidroksida dapat berupa kristal tak berwarna atau bubuk putih. Kalsium hidroksida dihasilkan melalui reaksi kalsium oksida (CaO) dengan air. Senyawa ini juga dapat dihasilkan dalam bentuk endapan melalui pencampuran larutan kalsium klorida (CaCl_2) dengan larutan natrium hidroksida (NaOH).

Dalam bahasa Inggris, kalsium hidroksida juga disebut *slaked lime*, atau *hydrated lime* (kapur yang diairkan). Nama mineral $\text{Ca}(\text{OH})_2$ adalah *portlandite*, karena senyawa ini dihasilkan melalui pencampuran air

dengan semen Portland. Suspensi partikel halus kalsium hidroksida dalam air disebut juga *milk of lime* (Bahasa Inggris: *milk* = susu, *lime* = kapur). Larutan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ disebut air kapur dan merupakan basa dengan kekuatan sedang.

Larutan tersebut bereaksi hebat dengan berbagai asam, dan bereaksi dengan banyak logam dengan adanya air. Larutan tersebut menjadi keruh bila dilewatkan karbon dioksida, karena mengendapnya kalsium karbonat.

Karena kekuatan sifat basanya, kalsium hidroksida banyak digunakan sebagai

- Flocculant pada air, pengolahan limbah, serta pengelolaan tanah asam.
- Bahan alkali untuk menggantikan natrium hidroksida.
- Pereaksi kimia.

Alkali Alami : Filtrat Abu Sekam Padi (FASP)

Filtrat abu sekam padi dihasilkan dari proses melarutkan abu sekam padi dalam air dan merupakan salah satu sumber alkali alami, bahwa FASP ini termasuk basa kuat, karena anion bergabung dengan ion hidrogen membentuk asam lemah yang sangat sedikit berdisosiasi, sehingga ion hidroksil tertinggal dalam larutan (Damidato, 2009).

Sekam padi merupakan produk samping yang melimpah dari hasil penggilingan padi, dan penggunaannya selama ini hanya sebagai bahan bakar untuk pembakaran batu merah, pembakaran untuk memasak atau dibuang begitu saja. Penanganan sekam

padi yang kurang tepat akan menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan. Sekam padi mengandung 78-80 persen bahan organik (lignin, selulosa, gula) jika sekam dibakar dapat dihasilkan sisa pembakaran 20-22 persen abu sekam padi (Yalçın dan Sevinç, 2001).



Gambar 6.4 Sekam Padi-Abu Sekam Padi.

Abu sekam padi mengandung oksida alkali, yakni kalium 0,58-2,5 persen; natrium 0,1-1,75 persen; kalsium 0,2-1,5 persen; dan magnesium 0,12-1,96 persen dari bahan kering abu sekam (Houston, 1972). Tingkat kebasahan dari larutan abu sekam padi juga cukup tinggi (pH 8,2) pada konsentrasi larutan 10 persen, (Sutardi *et al.*, 1983; Sutrisno, 1983), sedangkan Dami Dato (1998) melaporkan pH FASP 8,65 pada konsentrasi filtrat 15 persen b/v. Abu sekam padi merupakan sumber KOH yang bersifat alkalis yang murah, mudah didapat dan tidak polusif terhadap lingkungan (Rahayu *et al.*, 2003). Penggunaan bahan kimia sebenarnya dapat dihindari

dengan menggunakan larutan filtrat abu sekam (alkali) yang tidak bersifat polutan (Mirzah, 2007).

Prosedur Pengolahan *Special Bone Meal*

Bahan/Objek Penelitian

Bahan/objek yang digunakan adalah limbah padat pengolahan ikan cakalang berupa komponen tulang ikan, yang diambil dari industri pengolahan ikan kayu di Amurang, Sulawesi Utara. Bahan kimia yang digunakan adalah larutan NaOH yang diperoleh dari PT Brataco dan Filtrat Abu Sekam Padi (FASP) yang diolah dari sekam padi yang berasal dari Penggilingan Padi di Tondano, Sulawesi Utara. Alat yang digunakan adalah : timbangan, pisau, wadah penampung limbah.

Hidrolisis dilakukan dengan larutan alkali Natrium Hidroksida (NaOH) dan Filtrat Abu Sekam Padi (FASP) variasi konsentrasi dan lama waktu pengolahan, yaitu :

Percobaan 1a.

Penggunaan Sumber Alkali Kimiawi (NaOH)

Konsentrasi NaOH :

- $K_1 = 2$ persen
- $K_2 = 3$ persen
- $K_3 = 4$ persen

Lama Waktu Pengolahan :

- $W_1 = 12$ jam
- $W_2 = 24$ jam
- $W_3 = 36$ jam
- $W_4 = 48$ jam

Percobaan 1b.

Penggunaan Sumber Alkali Alami (FASP)

Konsentrasi Abu Sekam :

- K₁ = 10 persen
- K₂ = 20 persen
- K₃ = 30 persen

Lama Waktu Pengolahan :

- W₁ = 12 jam
- W₂ = 24 jam
- W₃ = 36 jam
- W₄ = 48 jam

Perbedaan konsentrasi antara NaOH dan FASP disebabkan karena perbedaan alkalinitas larutan yang ditunjukkan dengan nilai pH yang diukur setelah pembuatan larutan alkali sintetik (NaOH) dan alkali alami (FASP). Pada konsentrasi abu sekam yang dilarutkan dalam air dan direndam selama 12 tingkat alkalinitasnya hanya berada pada kisaran 8,02 sampai dengan 9,76

Prosedur Pembuatan *Special Bone Meal* (Menurut Bagau, 2011)

a. *Degresing* :

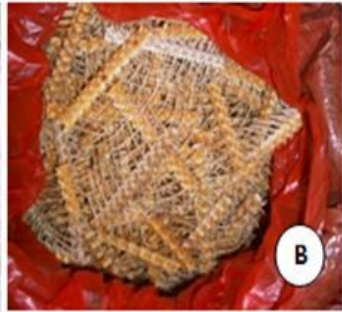
Degresing bertujuan agar bahan baku berupa tulang ikan cakalang dibersihkan dari sisa-sisa daging dan lemak yang masih menempel prosesnya, yaitu dengan perendaman dalam air mendidih selama 30 menit sambil diaduk-aduk.

b. Pencucian/Pengecilan ukuran : Tulang yang telah dibersihkan dari sisa-sisa daging dan lemak

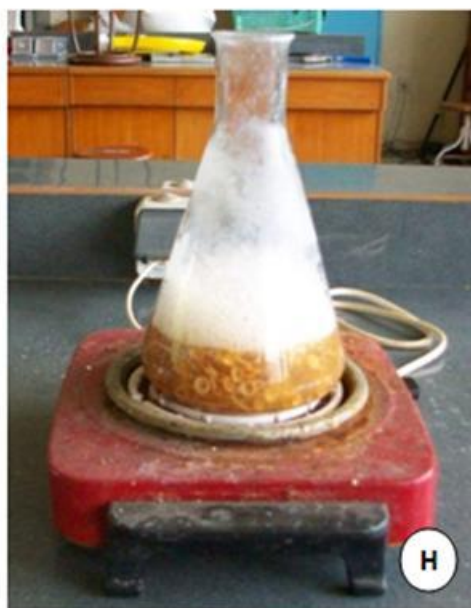
kemudian dicuci kembali dan ditiriskan, kemudian dipotong kecil-kecil (2-5 cm), pemotongan ini berfungsi untuk memperluas permukaan bahan dan mempermudah penetrasi larutan alkali.

- c. Hidrolisis Alkali : Larutan alkali yang digunakan akan menghidrolisis komponen *non-ash* yang masih tersisa pada tulang.
- d. Pencucian : Tulang yang telah direndam dengan larutan alkali selanjutnya dicuci yang bertujuan untuk menetralkan pH tulang.
- e. Perebusan : Tulang yang telah dicuci kemudian direbus pada air mendidih selama 30 menit, perebusan ini merupakan langkah untuk menghilangkan komponen *non-ash* yang ada pada tulang.
- f. Pemisahan serpihan tulang/ pengeringan/ penepungan : tulang hasil perebusan ditiriskan kemudian dikeringkan menggunakan oven dengan suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam untuk selanjutnya digiling untuk dijadikan tepung *Special Bone Meal*.

Langkah-langkah penyediaan bahan baku dan tahap pengolahan tulang ikan menjadi *Special Bone Meal* tersaji pada Gambar 6.5, yaitu :









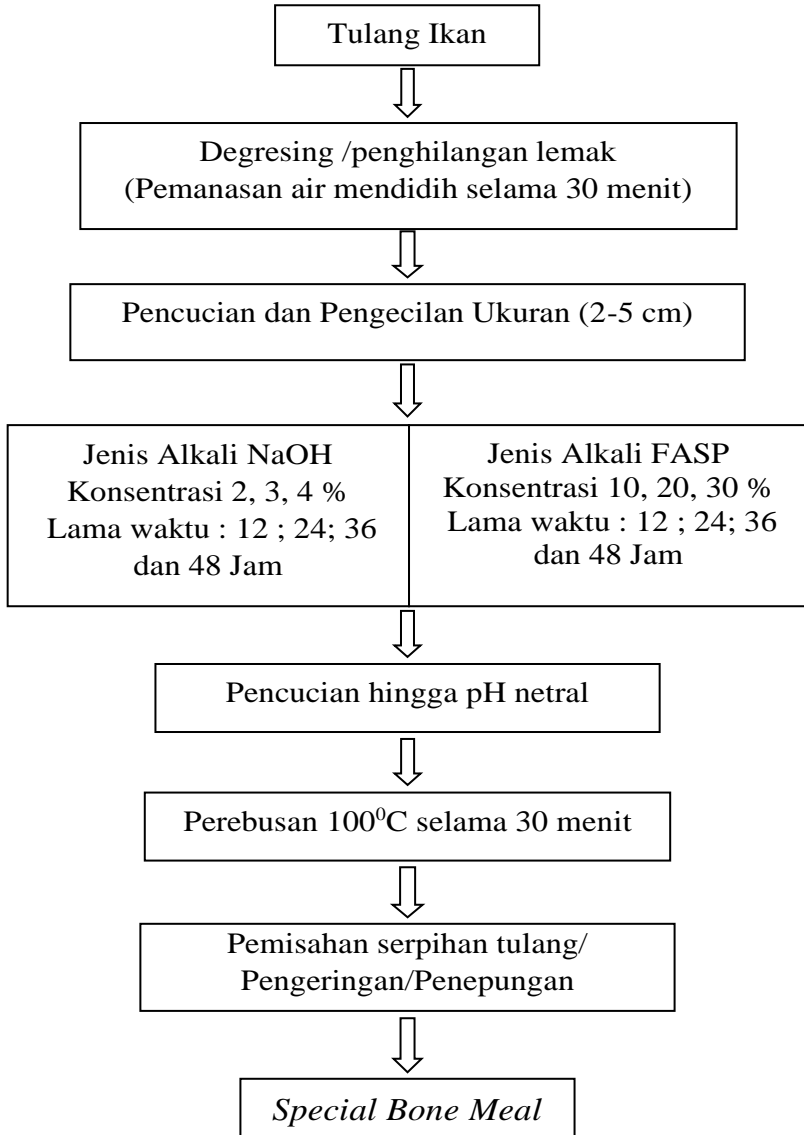


Gambar 6.5 Langkah-langkah Penyediaan bahan Baku dan Tahap Pengolahan Tulang Ikan Menjadi *Special Bone Meal*.

Keterangan Gambar 6.5 :

- A : Bahan baku tulang ikan yang masih berbentuk campuran limbah padat yang diambil dari industri pengolahan ikan kayu.
- B : Tulang ikan yang telah mengalami proses *degresing*.
- C – D : Tulang ikan yang telah diperkecil ukurannya
- E : Pelaksanaan di laboratorium, menempatkan sampel tulang ikan yang telah ditimbang ke dalam wadah yang akan digunakan untuk perendaman.
- F : Perendaman dengan NaOH (2 persen; 3 persen dan 4 persen).
- G : Perendaman dengan FASP (10 persen; 20 persen dan 30 persen).
- H : Pemanasan/perebusan sampel tulang.
- I-J : Tulang ikan produk hidrolisis yang telah dikeringkan.
- K : Tulang ikan produk olahan dengan NaOH 4 persen (hasil pilihan tahap pengolahan untuk aplikasi ke ternak sebagai sumber mineral).
- L : Tulang ikan produk olahan yang siap digiling.
- M : Tepung tulang ikan (*Special Bone Meal*).

Prosedur Pembuatan *Special Bone Meal*



Gambar 6.6 Ilustrasi Prosedur Pembuatan *Special Bone Meal*.

Produk Pilihan Hasil Hidrolisis Alkali Sintetik (NaOH) dan Alkali Alami (FASP)

Pengolahan tulang ikan dengan NaOH dan FASP dengan pengukuran kandungan kalsium, fosfor, persen penurunan protein dan jumlah bagian tulang yang terhidrolisis, diperoleh hasil bahwa Konsentrasi NaOH 4 persen dengan lama waktu Hidrolisis 48 jam memberikan pengaruh yang lebih tinggi dibanding dengan perlakuan lain. Sedangkan untuk penggunaan FASP, konsentrasi 10 persen, 20 persen maupun 30 persen berpengaruh sama dalam menentukan peubah yang diukur, namun waktu pengolahan terbaik adalah waktu 48 jam.

Beberapa Hasil Penelitian Tentang Proses Pengolahan Tulang Ikan Sebagai Sumber Kalsium dan Fosfor

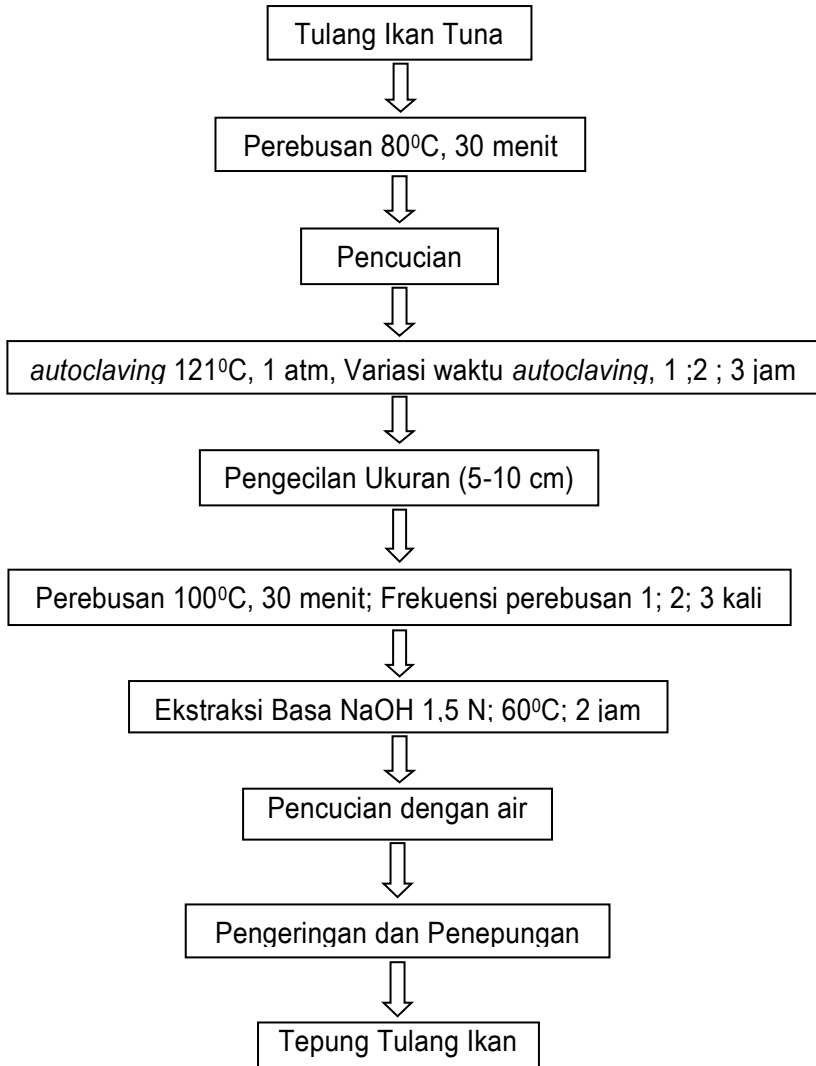
Metode pengolahan yang diterapkan pada suatu bahan dalam menghasilkan produk tertentu sangat bergantung atas karakteristik bahan itu sendiri dan tujuan atau produk apa yang hendak dicapai.

Berikut ini terdapat beberapa hasil penelitian tentang metode pengolahan terhadap limbah hasil perikanan berupa tulang ikan sebagai sumber kalsium baik untuk pakan maupun untuk pangan.

- Penelitian dari Trilaksani, *et al.*, (2006), yang membuat variasi waktu autoclaving dengan perlakuan (1, 2 dan 3 jam) dan frekuensi perebusan (1, 2 dan 3 kali) dalam pemrosesan tulang ikan tuna (*Thunnus* sp), Hasil penelitiannya

menyimpulkan bahwa pengaruh lama waktu *autoclaving* dan frekuensi perebusan cenderung menurunkan rendemen, kadar air, lemak, protein dan pH tepung tulang ikan, sebaliknya kadar abu, derajat putih, kalsium dan fosfor pada tepung tulang cenderung meningkat akibat perlakuan tersebut. Alur pemrosesan terlihat pada Gambar 6.7.

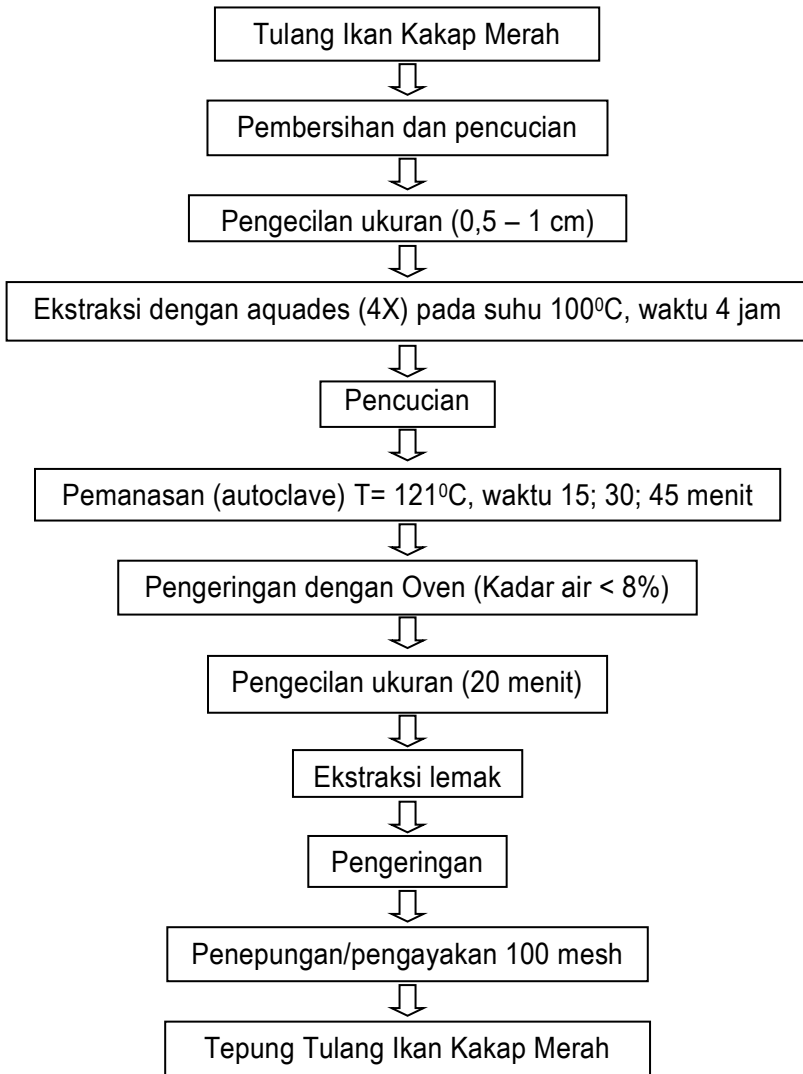
- Penelitian dari Kaya (2008) telah dilakukan untuk mempelajari pengaruh metode pembuatan tepung tulang ikan patin, yaitu metode kering dan basah dalam kaitannya dengan karakteristik fisikokimianya termasuk kelarutan Ca dan P. Menyimpulkan bahwa karakteristik fisiko-kimia tepung tulang ikan patin tidak dipengaruhi secara nyata oleh metode pembuatannya, tetapi metode kering menghasilkan persen kelarutan Ca dan P lebih tinggi dibanding dengan metode basah. Prosedur pengolahannya terlihat pada Gambar 6.9.
- Penelitian dari Dongoran, *et al.*, (2007), melakukan ekstraksi protein tulang dengan aquades sebagai pengganti NaOH, sebanyak 4 kali pada suhu pemanasan 100⁰C dan menekstraksi lemak dengan pelarut lemak, yaitu heksan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstraksi protein sebanyak 4 kali dapat menurunkan kadar protein dari 26,20 persen (bk) menjadi 18,16 persen sedangkan lemak menurun sampai 1.10 persen. Prosedur pengolahannya terlihat pada Gambar 6.8.



Modifikasi Elfauziah (2003) dan Mulia (2004).

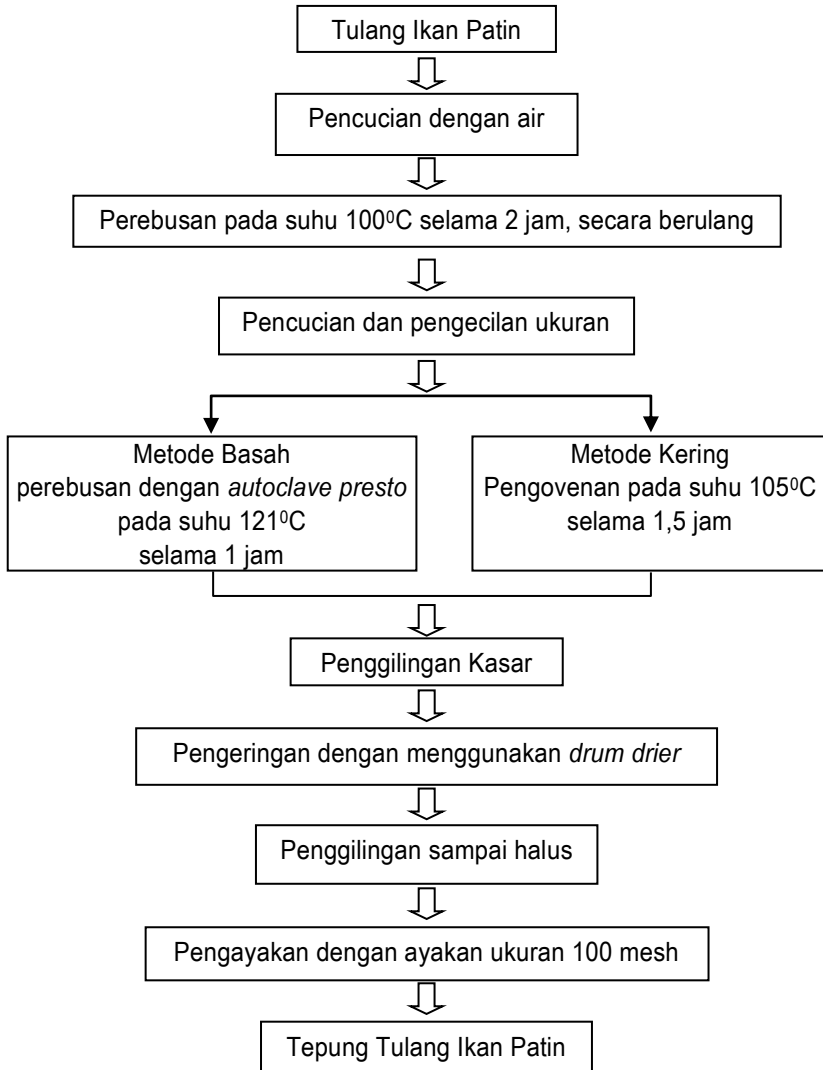
Sumber : Trilaksani, *et al.*, (2006).

Gambar 6.7 Alur Proses Pembuatan Tepung Tulang Ikan Tuna.



Modifikasi Murtiningrum (1977); Sumber : Dongoran, *et al.*, (2007).

Gambar 6.8 Prosedur Pembuatan Tepung Tulang Ikan Kakap Merah.



Modifikasi Tanuwidjaya (2002)

Sumber : Kaya (2008).

Gambar 6.9. Pembuatan Tepung Tulang Patin.

Pengolahan Tepung Tulang Sapi (Tawiyah, Kemal, 2001)

BAHAN

- 1) Tulang
- 2) Larutan kapur 10 persen. Cara membuat 1 m³ larutan kapur 10 persen adalah sebagai berikut: 100 kg kapur dimasukkan ke dalam bak, kemudian ditambahkan air sampai volumenya menjadi 1 m³. Campuran ini diaduk-aduk sampai kapurnya larut.

PERALATAN

- 1) Keranjang semprotan. Alat ini digunakan untuk meletakkan tulang yang dicuci dengan semprotan air. Dasar wadah berlubang-lubang untuk meniriskan air.
- 2) Wadah perendaman. Wadah ini digunakan sebagai tempat merendam serpihan limbah . Untuk itu dapat digunakan bak semen, baskom plastik, atau ember plastik.
- 3) Mesin penggiling tulang. Alat ini digunakan untuk menggiling limbah padat hingga menjadi serpihan dengan ukuran 1-3 cm.
- 4) Wadah perebusan. Alat ini digunakan untuk merebus tulang. Drum bekas yang dipotong dua dapat digunakan untuk keperluan ini.
- 5) Wadah ekstraksi gelatin. Alat ini digunakan untuk merendam tulang pada suhu panas setelah direndam

dengan larutan kapur. Wadah ini terbuat dari logam tahan karat, seperti aluminium dan stainless steel.

- 6) Wadah penguapan larutan gelatin. Wadah ini digunakan untuk penguapan larutan gelatin. Wadah ini terbuat dari logam tahan karat, seperti aluminium dan *stainless steel*. Bentuknya berupa bak dangkal dengan permukaan luas.
- 7) Tungku atau kompor
- 8) Cetakan. Cetakan terbuat dari plat aluminium atau stainless steel yang bersekat-sekat.

CARA PEMBUATAN

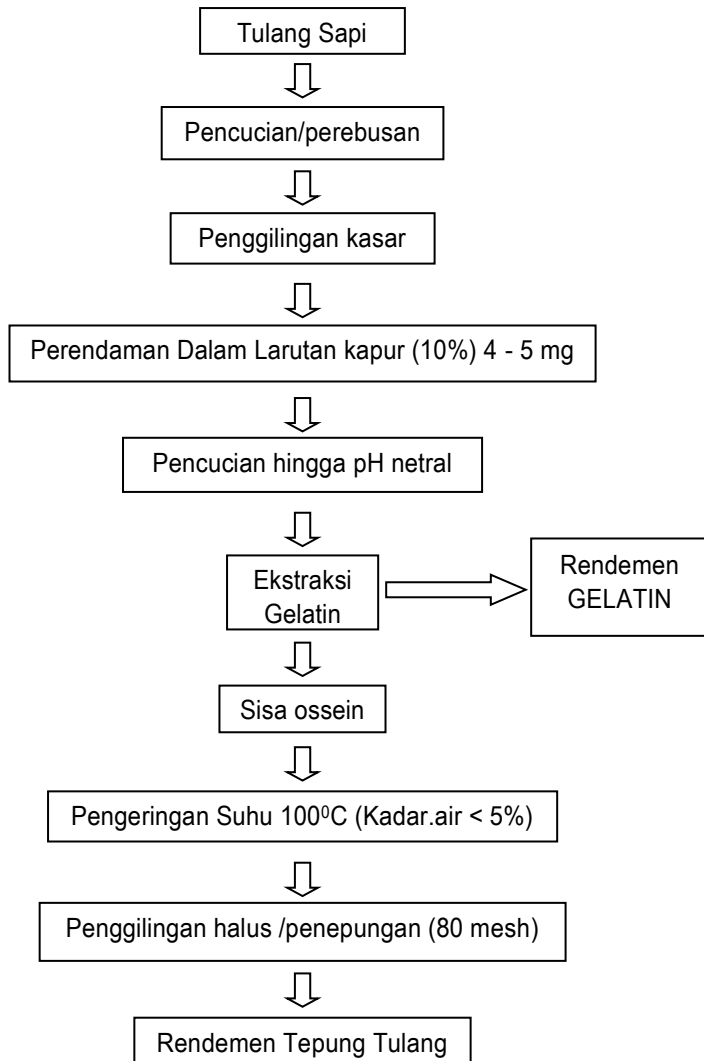
- 1) Pencucian. Tulang dimasukkan ke dalam ember atau bak dan diaduk-aduk, kemudian airnya dibuang. Hal ini dilakukan beberapa kali. Pencucian tulang dapat juga dilakukan penyemprotan air tekanan tinggi agar kotoran yang menempel kuat pada tulang terlepas. Potongan tulang ini kembali dicuci dengan semprotan air sampai bersih.
- 2) Pemotongan. Tulang dipotong-potong dengan kampak sehingga ukurannya menjadi 5-10 cm. Potongan tulang ini kembali dicuci dengan semprotan air sampai bersih.
- 3) Perebusan I. Potongan yang telah bersih direbus di dalam air mendidih selama 4-5 jam. Kotoran yang mengambang dan buih dibuang. Setelah itu tulang ditiriskan, kemudian dijemur atau dikeringkan dengan alat pengering.

- 4) Penggilingan kasar. Tulang digiling kasar sehingga ukuran menjadi 1-3 cm. Pengecilan ukuran ini dapat juga dilakukan dengan cara memukul tulang dengan palu.
- 5) Perendaman di dalam larutan kapur. Serpihan tulang direndam di dalam larutan kapur 10 persen. Setiap 1 kg tulang membutuhkan 1 liter larutan kapur. Lama perendaman adalah 4-5 minggu. Selama perendaman, dilakukan pengadukan sekali dua hari. Proses ini akan menyebabkan ossein yang terdapat pada tulang akan membengkak. Proses ini disebut juga proses membengkakkan *ossein*. Setelah itu, tulang dicuci dan disemprot dengan air sehingga kotoran dan kapur yang menempel pada tulang terbuang.
- 6) Ekstra gelatin. Gelatin di dalam tulang diekstrak dengan air panas yang bersuhu 60-100⁰C. Ekstraksi yang baik dapat menghasilkan rendemen 14-15 persen (dihitung dari berat tulang). Ekstraksi gelatin dilakukan dengan merendam tulang di dalam air panas 3 tahap, yaitu:
 - a) Tahap 1. tulang direndam di dalam air bersuhu 60⁰C selama 4 jam. Setiap 1 kg bahan membutuhkan 1 liter air perendam. Selama perendaman, dilakukan pengadukan. Gelatin akan larut ke dalam air perendam. Setelah perendaman, limbah padat dikeluarkan, dan cairan perendaman dipindahkan ke wadah penguapan larutan gelatin. Di wadah ini larutan gelatin dipanaskan pada suhu

50⁰C sampai kental. Larutan kental ini mengandung gelatin, dan disebut larutan gelatin tahap 1.

- b) Tahap 2. Sementara melakukan ekstraksi tahap 1, telah disiapkan air panas bersuhu 70⁰C. tulang yang diangkat dari air panas tahap 1, langsung dimasukkan ke dalam air panas yang bersuhu 70⁰C tersebut. Selama perendaman dilakukan pengadukan. Lama perendaman adalah 4-5 jam. Suhu tersebut dipertahankan tetap selama perendaman. Setelah perendaman selesai, tulang segera diangkat, dan cairan perendam dipindahkan ke wadah penguapan larutan gelatin yang telah berisi larutan gelatin dari tahap 1. Di wadah ini larutan gelatin dipanaskan pada suhu 50⁰C sampai kental. Larutan kental ini mengandung gelatin.
- c) Tahap 3. Sementara melakukan ekstraksi tahap 2, telah disiapkan air panas bersuhu 100⁰C. tulang yang diangkat dari air panas tahap 2, langsung dimasukkan ke dalam air panas yang bersuhu 100⁰C tersebut. Selama perendaman dilakukan pengadukan. Lama perendaman adalah selama 4-5 jam. Suhu tersebut, dipertahankan tetap selama perendaman. Setelah perendaman selesai, tulang segera diangkat, dan cairan perendaman dipindahkan ke wadah penguapan larutan gelatin yang telah berisi larutan gelatin dari tahap 1 dan 2.

- 7) Pengentalan Larutan Gelatin. Larutan gelatin pada wadah pengentalan terus dipanaskan pada suhu 50°C agar lebih kental dan kadar airnya di bawah 40 persen.
- 8) Pencetakan Gelatin. Larutan yang telah kental dan masih panas dituangkan ke dalam cetakan. Gelatin dibiarkan dingin dan mengeras.
- 9) Pengeringan Gelatin. Pengeringan dapat dilakukan dengan 2 cara:
 - a. Gelatin yang telah mengeras di dalam cetakan dikeringkan di dalam suhu ruangan. Proses ini dilakukan sampai kadar air di bawah 20 persen.
 - b. Gelatin yang telah mengeras dikeluarkan dari cetakan, kemudian dikeringkan dengan alat pengering pada suhu $50\text{-}60^{\circ}\text{C}$ sampai kadar airnya di bawah 20 persen.
- 10) Pengemasan Gelatin. Gelatin yang telah kering dapat dikemas di dalam kantong plastik, atau kotak kaleng yang tertutup rapat.
- 11) Setelah gelatin diekstraksi sisa tulang dikeluarkan dari wadah perendaman, kemudian dikeringkan. Pengeringan dilakukan agar kadar air mencapai di bawah 5 persen. Pengeringan dapat dilakukan sampai suhu 100°C . Tulang yang telah kering selanjutnya digiling sampai kehalusan 80 *mesh*. Biasanya rendemen tepung tulang yang dihasilkan adalah 70 persen (dihitung dari berat tulang).



Sumber : Tawiyah, Kemal (2001).

Gambar 6.10 Proses Pembuatan Gelatin dan Tepung Tulang Ikan Secara Basa.

KARAKTERISTIK *Special Bone Meal* PRODUK HIDROLISIS ALKALI

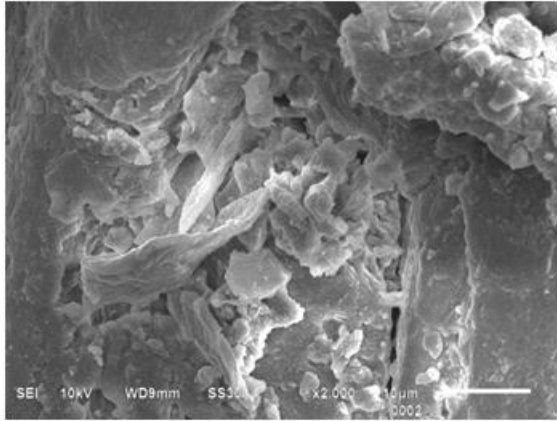
Karakteristik Fisik Tulang Ikan Cakalang Hasil Hidrolisis Alkali Hasil *Scanning Elektron Microscope* (SEM)

PERLAKUAN alkali tidak saja berpengaruh terhadap komposisi kimiawi dalam hal ini kandungan kalsium dan fosfor tetapi berpengaruh juga pada kondisi fisik, bahwa tulang yang tidak diolah memiliki struktur yang keras dibanding dengan dengan tulang yang mendapat perlakuan alkali.

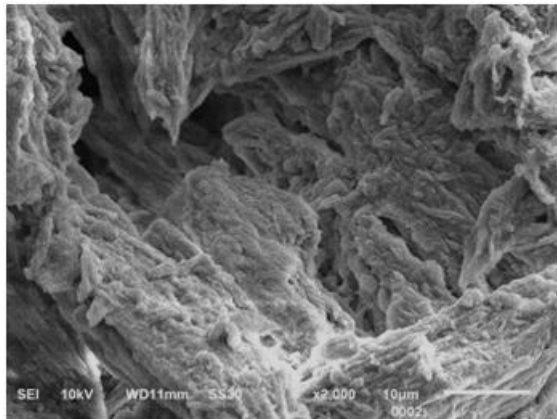
Hasil *Scanning Elektron Microscope* (SEM) dapat membedakan porositas struktur tulang yang telah mengalami hidrolisis komponen protein, jaringan dan lemak dalam tulang.



(a)



(b)



(c)

Gambar 7.1 Scanning Electron Microscope (2000x)
Tulang Ikan Cakalang.

Keterangan Gambar 7.1 :

- (a) Tulang tanpa pengolahan alkali.
- (b) Perendaman 48 jam dengan Filtrat Abu Sekam Padi (FASP) 30 persen.
- (c) Perendaman 48 jam dengan NaOH 4 persen.

Berdasarkan gambar hasil *Scanning Electron Microscope* (SEM) terhadap tulang ikan cakalang yang tidak mengalami perlakuan alkali (perebusan 30 menit), (Gambar 7.1a) ; tulang ikan cakalang yang dihidrolisis dengan FASP (konsentrasi 30 persen, lama waktu hidrolisis 48 jam) dan tulang ikan cakalang yang dihidrolisis dengan NaOH (konsentrasi 4 persen, lama waktu hidrolisis 48 jam) dengan pembesaran 2000x, secara fisik dapat diamati bahwa struktur tulang pada bagian tulang yang di-*scan* pada sudut dan ketebalan yang sama (10 kv) akan menghasilkan tulang yang memiliki porositas yang berbeda dan keadaan fisik tulang yang diolah dengan NaOH telah mengalami pelarutan komponen padat. Hasil ini didukung dengan keadaan fisik tulang ikan yang diolah dengan NaOH mudah rapuh dan dapat dihancurkan oleh genggaman tangan.

Ratriyanto *et al.*, (2001) menyatakan bahwa selain faktor sumber bahan baku berperan sangat penting dalam menentukan ketersediaan kalsium dan fosfor secara biologis pada ternak, faktor lainnya adalah ukuran partikel, karakteristik fisik, dan kimia di antaranya adalah komposisi mineral, kekerasan, kelarutan, porositas, dan berat jenis bahan.



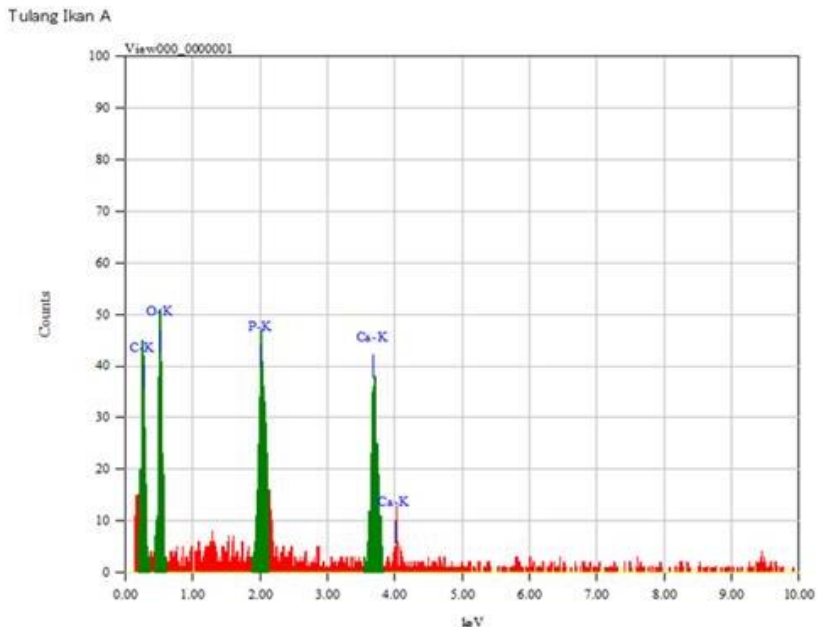
Gambar 7.2 Tulang Ikan Produk Hidrolisis NaOH (4 persen; 48 jam).



Gambar 7.3 Tulang Ikan Produk Hidrolisis NaOH (4 persen; 48 jam), Secara Fisik Mudah Dihancurkan.

Karakteristik Kimia (Kadar Unsur) Tulang Ikan Cakalang Hasil Hidrolisis Alkali dengan Energy Dispersive X-Ray Spektroskopi (EDS)

Kadar Unsur Kalsium dan Fosfor Tulang Ikan Cakalang Tanpa Hidrolisis Alkali



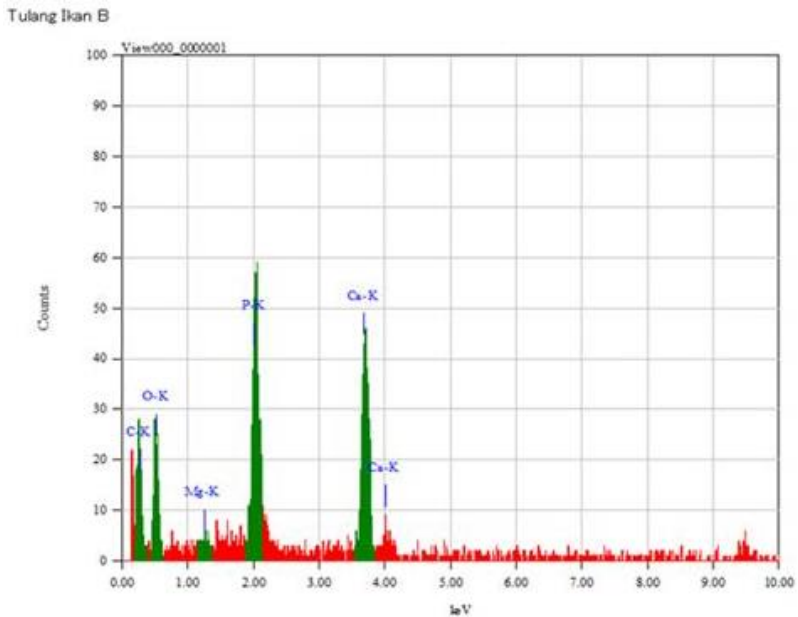
Keterangan :

Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Cation
C K	0.277	32.92	0.13	43.38	20.0055
O K	0.525	49.38	0.51	48.86	43.0852
P K	2.013	6.62	0.15	3.38	13.6894
Ca K	3.690	11.08	0.22	4.38	23.2199
Total		100.00		100.00	

Gambar 7.4 Kadar Elemen Kalsium dan Fosfor pada Sampel Tulang Ikan Tanpa Pengolahan Alkali.

Berdasarkan hasil EDX (Gambar 7.4), untuk tulang ikan hasil perebusan 30 menit, tanpa pengolahan alkali persen massa dari Ca sebesar 11,08 persen dan P sebesar 6,62 persen dengan rasio Ca:P (1,67:1).

Kadar Unsur Kalsium dan Fosfor Tulang Ikan Cakalang Produk Hidrolisis Filtrat Abu Sekam Padi (FASP)



Keterangan :

Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Cation
C K	0.277	24.99	0.29	36.53	9.6808
O K	0.525	43.60	0.94	47.85	30.5591
Mg K	1.253	0.61	0.30	0.44	0.6026
P K	2.013	13.00	0.23	7.37	25.0355
Ca K	3.690	17.81	0.36	7.80	34.1220
Total		100.00		100.00	

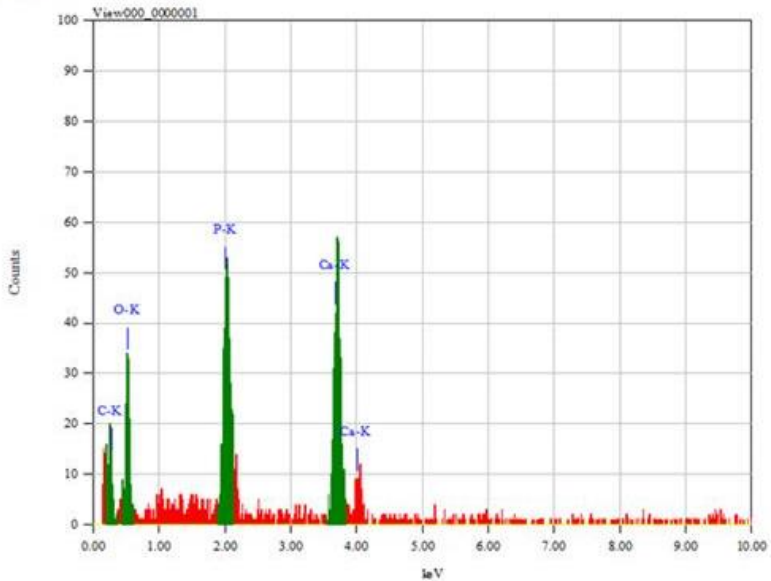
Gambar 7.5 Kadar Elemen Ca dan Fosfor pada Sampel Tulang Ikan Produk Pengolahan FASP.

Berdasarkan hasil EDX (Gambar 7.5), untuk tulang ikan dengan pengolahan alkali alami atau Filtrat Abu Sekam Padi (FASP) 10 persen dengan lama hidrolisis 48 jam, kadar Ca sebesar 17,81 persen dan P sebesar 13,00 persen dengan rasio Ca:P (1,37:1), dari hasil ini ternyata terjadi peningkatan kadar Ca dari 11,08 persen (tulang ikan tanpa pengolahan alkali) menjadi 17,81 persen atau terjadi kenaikan sebesar 60,74 persen. Sedangkan untuk kadar P dari 6,62 persen (tulang ikan tanpa pengolahan alkali) menjadi 13,00 persen atau terjadi kenaikan sebesar 96,37 persen.

Kadar Unsur Kalsium dan Fosfor Tulang Ikan Cakalang Produk Hidrolisis NaOH

Berdasarkan hasil EDX (Gambar 7.6), untuk tulang ikan dengan pengolahan alkali kemas (NaOH 4 persen; lama waktu hidrolisis 48 jam), kadar Ca sebesar 21,44 persen dan P sebesar 12,35 persen dengan rasio Ca:P (1,74:1), dari hasil ini ternyata terjadi peningkatan kadar Ca dari 11,08 persen (Tulang Ikan Tanpa Pengolahan alkali) menjadi 21,44 persen atau terjadi kenaikan sebesar 93,50 persen. Sedangkan untuk kadar P dari 6,62 persen (tulang ikan tanpa pengolahan alkali) menjadi 12,35 persen atau terjadi kenaikan sebesar 86,55 persen.

Tepung Ikan C



Keterangan :

Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Cation
C K	0.277	12.69	0.27	19.80	4.4274
O K	0.525	53.52	0.79	62.70	37.7679
P K	2.013	12.35	0.23	7.47	20.9362
Ca K	3.690	21.44	0.34	10.03	36.8685
Total		100.00		100.00	

Gambar 7.6 Kadar elemen Ca dan Fosfor pada sampel Tulang Ikan Produk Pengolahan NaOH.

Jika dibanding dengan antara penggunaan alkali alami (FASP) dengan alkali kemis (NaOH) dapat dilihat bahwa peningkatan Ca pada penggunaan FASP hanya sebesar 60,74 persen dan persentase peningkatan ini lebih rendah dibanding dengan dengan peningkatan Ca tulang ikan yang diolah dengan NaOH, yaitu sebesar 93,50 persen. Kebalikannya untuk kadar P peningkatan pada penggunaan FASP sebesar 96,37 persen dan persentase peningkatan ini lebih tinggi dibanding dengan

dengan tulang ikan yang diolah dengan NaOH, yaitu sebesar 86,55 persen. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penggunaan alkali alami FASP lebih tinggi dalam meningkatkan kadar P dibanding dengan dengan penggunaan alkali kemis NaOH, tetapi sebaliknya penggunaan alkali kemis NaOH lebih tinggi pengaruhnya dalam meningkatkan kandungan Ca dibanding dengan dengan penggunaan alkali alami FASP.

Aplikasi Pemanfaatan *Special Bone Meal* sebagai Sumber Kalsium dan Fosfor dalam Ransum Terhadap Karakteristik Tulang Ayam Pedaging

Hasil penelitian lanjutan setelah tahap pengolahan tulang ikan cakalang, yaitu memanfaatkan *Special Bone Meal* sebagai sumber kalsium dan fosfor dalam ransum ternak ayam pedaging. Sumber kalsium dan fosfor ransum berasal dari tiga sumber, yaitu :

T₁ = Dicalcium fosfat;

T₂ = Tepung Tulang Sapi (komersial)

T₃ = *Special Bone Meal* (hasil olahan dengan NaOH 4 persen yang dihidrolisis selama 48 jam).

Kandungan zat-zat makanan tiga macam ransum yang dapat terlihat pada Tabel 7.1.

Tabel 7.1 Kandungan Zat-zat Makanan Tiga Macam Ransum pada Penelitian Pemanfaat *Special Bone Meal* sebagai Sumber Kalsium dan Fosfat.

Zat Makanan	Perlakuan		
	T ₁	T ₂	T ₃
Protein (persen)	21,61	21,08	21,55
Energi metabolis (kkal/kg)	3.038,41	3.023,72	3.010,98
Kalsium	1,05	1,10	1,08
Fosfor tersedia	0,50	0,50	0,50

Keterangan : Kandungan zat-zat makanan ransum disusun berdasarkan hasil analisis laboratorium (2011).

Parameter yang diukur adalah

1. Bobot Tulang Karkas.
2. Bobot Tulang Tibia.
3. Panjang Tulang Tibia.
4. Kandungan Kalsium.
5. Kandungan Fosfor Tulang Tibia.

Pengaruh Pemanfaatan *Special Bone Meal* dalam Ransum Terhadap Bobot Tulang Karkas Ayam Pedaging

Data hasil penelitian dan pengukuran terhadap bobot tulang karkas setelah pemisahan bagian daging dan tulang, tertera pada Tabel 7.2.

Tabel 7.2 Pengaruh Perlakuan Terhadap Bobot Tulang Karkas Ayam Pedaging (gram).

Ulangan	Perlakuan		
	T ₁	T ₂	T ₃
1	212,00	178,90	245,00
2	239,10	248,20	208,40
3	262,80	176,40	216,60
4	193,10	272,60	186,20
5	182,60	220,30	239,40
6	251,60	215,30	235,70
Jumlah	1.341,20	1.311,70	1.331,30
Rataan	223,53	218,62	221,88

Berdasarkan data Tabel 7.2 dapat dilihat bahwa rata-rata bobot tulang karkas ayam pedaging berturut-turut T₁ 223,53 gram; T₂ 218,62 gram; T₃ 221,88 gram, dengan demikian yang menghasilkan bobot tulang tertinggi adalah perlakuan T₁ atau ransum yang menggunakan dikalsium fosfat sebagai sumber kalsium dan fosfor ransum dan yang paling rendah adalah T₂ atau ransum yang menggunakan tepung tulang sapi sebagai sumber kalsium dan fosfor ransum.

Hasil analisis (uji F), ternyata perlakuan tidak berpengaruh nyata ($p>0,05$) terhadap bobot tulang ayam yang dihasilkan, hal ini berarti bahwa perbedaan sumber kalsium dan fosfor ransum tidak menyebabkan perbedaan bobot tulang ayam pedaging. Bobot tulang ayam hasil penelitian ini hampir mendekati bobot tulang hasil penelitian Budiayatmo (2010), yaitu 231,25 gram, perbedaan ini kemungkinan karena perbedaan strain ayam dan umur ayam yang digunakan, yang pada penelitian ini menggunakan strain Cobb, sedangkan Budiayatmo menggunakan ayam strain Lohman umur 6 minggu sedangkan penelitian ini ayam umur 5 minggu. Menurut Ojedapo *et al.*, (2008), komposisi karkas selain dipengaruhi oleh umur, jenis kelamin, management juga karena perbedaan strain ayam broiler. Menurut hasil penelitian Missouhou *et al.*, (1996) untuk strain yang sama, yaitu Cobb umur 8 minggu berat tulang adalah 255,6 gram.

Pengaruh Pemanfaatan *Special Bone Meal* dalam Ransum Terhadap Bobot Tulang Tibia Ayam Pedaging.

Tulang tibia ayam hasil perlakuan diambil setelah tulang dibersihkan/pencucian dengan air untuk mengeluarkan komponen lemak dan daging yang menempel pada tulang kemudian di timbang berat, dan diukur panjangnya sebelum dioven untuk kepentingan tahap selanjutnya, yaitu menganalisis kandungan kalsium dan fosfor tulang tibia.

Berikut ini gambar tulang tibia ayam pedaging yang mendapatkan sumber kalsium dan fosfor berbeda, yaitu T_1 = dikalsium fosfat; T_2 = tepung tulang sapi (komersial), T_3 = *Special Bone Meal* (hasil olahan dengan NaOH 4 persen yang dihidrolisis selama 48 jam). Tulang tersebut telah dikeringkan di oven.



Gambar 7.7 Tulang Tibia Ayam Pedaging Hasil Penelitian.

Data hasil penelitian dan pengukuran terhadap bobot tulang tibia ayam pedaging tertera pada Tabel 7.3 berikut ini.

Tabel 7.3 Pengaruh Perlakuan Terhadap Bobot Tulang Tibia Ayam Pedaging (gram).

Ulangan	Perlakuan		
	T ₁	T ₂	T ₃
1	39,1	35,8	37,1
2	35,8	40,6	37,6
3	39,6	36,8	40,5
4	39,3	38,5	36,5
5	36,5	38,0	40,7
6	38,8	38,7	36,2
Jumlah	229,1	228,4	228,6
Rataan	38,18	38,07	38,1

Berdasarkan data Tabel 7.3 dapat dilihat bahwa rata-rata bobot tulang tibia ayam pedaging pada penelitian ini berkisar antara 38,07 gram-38,18 gram.

Hasil analisis (uji F), ternyata perlakuan tidak berpengaruh ($p > 0,05$) terhadap bobot tulang ayam yang dihasilkan, hal ini berarti bahwa perbedaan sumber kalsium dan fosfor ransum tidak menyebabkan perbedaan bobot tulang tibia ayam pedaging.

Pengaruh Pemanfaatan *Special Bone Meal* dalam Ransum Terhadap Panjang Tulang Tibia Ayam Pedaging

Pengaruh perlakuan terhadap panjang tulang tibia ayam pedaging dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 7.4 Pengaruh Perlakuan Terhadap Panjang Tulang Tibia Ayam Pedaging (cm).

Ulangan	Perlakuan		
	T ₁	T ₂	T ₃
1	9,10	8,90	9,20
2	9,20	9,70	9,00
3	10,10	9,70	9,70
4	9,70	9,00	9,00
5	9,30	9,60	10,10
6	9,30	9,70	9,40
Jumlah	56,70	56,60	56,40
Rataan	9,45	9,43	9,40

Berdasarkan data Tabel 7.4 dapat dilihat bahwa rata-rata panjang tulang tibia ayam pedaging pada penelitian ini berkisar antara 9,40-9,45 cm. Hasil analisis statistik (uji F), ternyata perlakuan tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap panjang tulang ayam yang dihasilkan, hal ini berarti bahwa perbedaan sumber kalsium dan fosfor ransum tidak menyebabkan perbedaan pada ukuran panjang tulang tibia ayam pedaging.

Panjang tulang tibia ini sangat mendekati ukuran hasil penelitian Mutu, *et al.*, 2006, yaitu 9,83 cm untuk ayam broiler umur 6 minggu, sedangkan Araujo *et al.*, (2003), meneliti untuk strain yang sama, yaitu Cobbs kurang lebih 6,98 cm namun pada umur ayam 21 hari atau 3 minggu, sedangkan penelitian ini umur ayam adalah 5 minggu.

Pengaruh Pemanfaatan *Special Bone Meal* dalam Ransum Terhadap Kandungan Kalsium Tulang Tibia Ayam Pedaging.

Data hasil analisis laboratorium terhadap kandungan kalsium yang terdapat pada tulang tibia ayam pedaging hasil penelitian tertera pada Tabel 7.5.

Tabel 7.5. Pengaruh Perlakuan Terhadap Kandungan Kalsium Tulang Tibia Ayam Pedaging (persen).

Ulangan	Perlakuan		
	T ₁	T ₂	T ₃
1	15,37	16,14	15,50
2	15,24	15,34	15,32
3	15,66	14,53	15,48
4	15,40	15,30	15,47
5	15,46	15,39	15,35
6	15,38	15,33	15,44
Jumlah	92,51	92,03	92,36
Rataan	15,42	15,34	15,43

Berdasarkan data Tabel 7.5 dapat dilihat bahwa rata-rata kandungan kalsium tulang tibia ayam pedaging pada penelitian ini berkisar antara 15,34-15,43 persen. Hasil analisis statistik (uji F), menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap kandungan kalsium tulang ayam yang dihasilkan, hal ini berarti bahwa perbedaan sumber kalsium ransum tidak menyebabkan perbedaan pada kandungan kalsium tulang tibia ayam pedaging. Jika dibanding dengan dengan hasil penelitian Supriyati (2008) kandungan kalsium dengan umur ternak yang sama, yaitu 35 hari kandungan kalsium tulang tibianya berkisar antara 13,06-15,37 persen, dengan demikian kandungan kalsium hasil penelitian ini sedikit lebih tinggi.

Namun hasil penelitian ini lebih rendah dari hasil penelitian yang direkomendasikan oleh Akhavan *et al.*, (2011) bahwa untuk ayam umur 35 hari kandungan kalsium tulang tibia adalah 19,8 persen, perbedaan ini disebabkan karena pada penelitian ini tulang tibia yang dianalisis kandungannya tidak mengalami proses ekstraksi lemak tapi hanya dikeringkan dengan oven 60°C selama 24 jam, sedangkan pada penelitian Akhavan *et al.*, (2011), tulang tibia yang dianalisis kandungannya adalah tulang yang telah dikeringkan pada suhu 105°C selama 12 jam, diekstraksi dengan ether, dikeringkan lagi kemudian dianalisis. Perbedaan perlakuan inilah yang menyebabkan perbedaan kandungan kalsium yang terdapat pada tulang tibia ayam.

Pengaruh Pemanfaatan *Special Bone Meal* dalam Ransum Terhadap Kandungan Fosfor Tulang Tibia Ayam Pedaging

Data hasil analisis laboratorium terhadap kandungan fosfor yang terdapat pada tulang tibia ayam pedaging hasil penelitian tertera pada Tabel 7.6.

Tabel 7.6 Pengaruh Perlakuan Terhadap Kandungan Fosfor Tulang Tibia Ayam Pedaging (persen).

Ulangan	Perlakuan		
	T ₁	T ₂	T ₃
1	7,34	8,38	6,88
2	7,07	7,21	7,00
3	7,14	6,42	7,30
4	7,02	7,31	6,99
5	7,16	7,22	7,10
6	6,98	7,19	7,09
Jumlah	42,71	43,73	42,36
Rataan	7,12	7,29	7,06

Berdasarkan data Tabel 7.6 dapat dilihat bahwa rata-rata kandungan fosfor tulang tibia ayam pedaging pada penelitian ini berkisar antara 7,06-7,29 persen.

Hasil analisis statistik (uji F), menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh ($p > 0,05$) terhadap kandungan fosfor tulang ayam yang dihasilkan, berarti bahwa perbedaan sumber fosfor ransum tidak menyebabkan perbedaan pada kandungan fosfor tulang tibia ayam pedaging.

Kandungan fosfor tulang tibia pada penelitian ini sedikit lebih rendah dari penelitian Supriyati, (2008), yaitu berada pada kisaran 7,95-8,37 persen, perbedaan ini disebabkan karena perbedaan perlakuan pada ransum yang digunakan dimana penelitian Supriyati, (2008) menambahkan asam humat pada ransum yang berfungsi untuk menkelat mineral sehingga serap dan tranfernya melalui dinding sel lebih baik, sedangkan pada penelitian ini tanpa perlakuan lainnya.

Hasil penelitian ini juga lebih rendah dibandingkan hasil penelitian yang direkomendasikan oleh Akhavan *et al.*, (2011) bahwa untuk ayam umur 35 hari kandungan fosfor tulang tibia adalah 8,52 persen, perbedaan ini disebabkan karena sama halnya hal yang menyebabkan perbedaan kandungan kalsium tulang tibia, yaitu pada penelitian ini tulang tibia yang dianalisis kandungannya tidak mengalami proses ekstraksi lemak tapi hanya dikeringkan dengan oven 60⁰C selama 24 jam, sedangkan pada penelitian Akhavan *et al.*, (2011), tulang tibia yang dianalisis kandungannya adalah tulang yang telah dikeringkan pada suhu 105⁰C selama 12 jam, diekstraksi dengan ether (pengekstraksi lemak), dikeringkan lagi kemudian dianalisis. Perbedaan perlakuan inilah yang menyebabkan perbedaan kandungan fosfor yang terdapat pada tulang tibia ayam.

PENUTUP

Tulang ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis* L) dapat diproses dengan cara hidrolisis menggunakan larutan alkali alami (Filtrat abu sekam padi) maupun sintetis (NaOH) menjadi *special bone meal*.

Standar Nasional Indonesia (SNI) menggolongkan tepung tulang pada mutu I dan Mutu II, untuk mutu I kandungan kalsium diatas 20 persen dan fosfor diatas 8 persen (Badan Standarisasi Nasional, 1992). Berdasarkan Kandungan Kalsium, produk hidrolisis tulang ikan cakalang oleh FASP menghasilkan *special bone meal* dengan kandungan kalsium sebesar 17,81% tergolong mutu II dan hidrolisis oleh NaOH kandungan kalsiumnya 21,44% tergolong mutu I. Jika didasarkan pada kandungan fosfor *special bone meal* baik produk hidrolisis FASP maupun NaOH tergolong pada mutu I karena masing masing mengandung fosfor 13.0% dan 12,35%.

Disimpulkan bahwa *special bone meal* tulang ikan cakalang yang dihidrolisis dengan FASP dan NaOH dapat dimanfaatkan sebagai pakan suplemen kalsium dan fosfor untuk ternak.

DAFTAR PUSTAKA

- Abun, 2006. Bioproses Limbah Udang Windu Melalui Tahapan Deproteinisasi dan Demineralisasi Terhadap Protein dan Mineral Terlarut, Makalah Ilmiah. Universitas Padjadjaran Bandung.
- Akhavan S.H. Ghasemi, H.A, Khaltabadi F.A.H dan Kazemi B.M. (2011). The Effects of *Saccharomyces cerevisiae* on Performance and Nutrien Digestibility in Broiler Fed With Diet Containing Different Levels of Phosphorous. African Journal of Biotechnology Vol.10 (38).
- Aksnes, A., 2005. Processes for Improving Binding Capability And Biological Digestibility. Norwegian Institute of Fisheries and Aquaculture Research As. Kjerneidviken Fylingsdalen.
- Analisis Laboratorium Nutrisi Ternak Ruminansia dan Kimia Makanan Ternak Fapet UNPAD 2009.
- Anggorodi, R., 1985. Kemajuan Mutakhir dalam Ilmu Makanan Ternak Unggas. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Applegate, T. J., dan Angel R. 2008. Phosphorus Requirements for Poultry. Animal Sciences. Expert Reviewed. Purdue University.
- Apriantono, A., D. Fardiaz, N.L., Puspitasari, Sedarnawati dan S. Budyanto. 1989. Analisis Pangan. Institut Pertanian Bogor Press, Bogor.

- Association of Official Analytic Chemist. 1995. Official Method of Analysis. 16th Ed. The Association of Official Analytic Chemist Inc, Washington, DC.
- Badan Standardisasi Nasional Indonesia, 1992. Tepung Tulang Untuk Bahan Makanan Ternak SNI 01-3158. Dewan Standardisasi Nasional Indonesia Jakarta.
- Bagau, B., 1998. Evaluasi Nilai Gizi Tepung Insang Cakalang (*Katsuwonus pelamis* L) Produk Cara dan Lama Pengolahan Berbeda. Tesis. Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Bagau, B., 2010. Analisa Laboratorium Nutrisi Ternak Ruminansia dan Kimia Makanan Ternak Fapet UNPAD.
- Bagau, B., 2010. Pengolahan Limbah Padat Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis* L) dengan HCl dan NaOH. Percobaan Pendahuluan. UNPAD. Bandung.
- Bagau, B., 2012. Bioavailabilitas Kalsium Fosfor *special bone meal* Produk Hidrolisis Alkali Tulang Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis* L) Pada Ayam Broiler. Disertasi, Unjiversitas Padjadjaran Bandung.
- Banerjee, G. C. 1982. Animal Husbandry. Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi, Bombay, Calcuta. p. 366-424.
- Bisri, U., 2003. Sintesis Pembuatan Kalsium Hidrofosfat (CaHPO_4) dari Batu Kapur untuk Bahan Baku

Nutrisi Pakan Ternak. Puslitbang Teknologi Mineral dan Batubara. Bandung.

Buckle, K.A., R.A. Edwards, G.H. Fleet dan Wootton, 1985. Ilmu Pangan. Diterjemahkan oleh A. Purnomo. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.

Budiyatmo, 2010. Pengaruh Pembatasan Waktu Pemberian Pakan Pada Siang Hari Terhadap Perbandingan Daging dan Tulang Karkas Ayam Broiler. Tesis. Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro Semarang.

Celebes Bina Pertama, 2009. Pembeli Jepang Minati Ikan Sulawesi. Bisnis Indonesia. <http://www.kapanlagi.com/h/pembeli-jepang-minati-limbah-ikan> sulawesi, html.

Chaplin, M., 2005. Gelatin. [www//Isbuc.ac.uk](http://www.isbuc.ac.uk).

Chesters, J.K. and Arthur, J.R. 1988. Early biochemical defects caused by dietary trace element deficiencies. *Nutrition Research Reviews* 1, 39–56.

Cole, C.G.B., 2000. Gelatin. Editor Frederick J. Francis, *Encyclopedia of Food Science and Technology*, 2nd Edition. 4 Vols. New York John Wiley & Sons.

Coon, C., K. Leske and S. Seo, 2002. The Availability of Calcium and Phosphorus in Feed Stuffs. *Poultry Feedstuffs : Supply, Composition and Nutritive Value*. Editor JM. McNab and K.N. Boorman. Poultry Science Symposium Series Volume 26. CABI Publishing. London.

- Dami Dato, T.O. 1998. Pengolahan Rumput Sorghum plumosum var. Timorensis Kering Dengan Filtrat Abu Sekam Padi (FASP) Terhadap Perubahan Komponen Serat dan Kecernaannya Secara in vitro. Tesis. Program Pascasarjana, Unpad, Bandung.
- Dami Dato, T.O. 2009. Eksploitasi Peningkatan Nilai Gizi Rumput *Kume* (*sorghum plumosum* var. Timorensis) Kering Dengan Hidrolisis Alkali Alamiah dan Imbuhan Probiotik Sebagai Pakan Sapi Bali Di Nusa Tenggara Timur. Disertasi. Universitas Padjadjaran Bandung.
- deMan, J.M., 1997. Kimia Makanan. Penerjemah Kosasih Padmawinata. Penerbit ITB Bandung.
- Departemen Kelautan dan Perikanan, 2008. Indonesia Lebih Aktif Turut Mengelola Perikanan Tuna di Samudera Hindia. Siaran Pers No. 8.35/PDSI/HM.310/III/2009.
<http://www.dkp.go.id/index.php/ind/1127>.
- Dongoran, N.,L. Kustiyah, S.A. Marliyati. (2007), Pembuatan Susu Kedelai Berkalsium Tinggi Dengan Penambahan Tepung Tulang Ikan Kakap Merah (*Lutjanus sanguineus*). Media Gizi dan Keluarga 31(1). Jurnal PDII LIPI.
- Elfauziah (2003). Pemisahan Kalsium dari Tulang Kepala Ikan Patin (*Pengesius sp*) Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB-Bogor.

- Firman, J.D., 2006. Rendered Products In Poultry Nutrition. Essential Rendering. All About The Animal By-Products Industry. Edited by David L. Meeker. Kirby Lithographic Company, Inc. Arlington, Virginia.
- Guinotte, F. 1991. Effects of Particle Size and Origin of Calcium Sources on eggshell Quality and Bone Mineralization in Egg Laying Hens, Poultry Science 70.
- Hinterwaldner R., 1997. Raw Material. In : Ward. AG; and A. Courts, Editors. The Science and Technology of Gelatin. Academic Press, New York.
- Houston, J. 1972. *Rice Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemistry, Inc.<http://www.fao.org>.
- Irwansyah, A.C., Herminiati A, Setiyoningrum. 2008. Pengaruh Penambahan Tulang Ikan Sebagai Sumber Kalsium Terhadap Mutu Kimia Kerupuk Ikan. Prosiding. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Universitas Lampung. ISSN. 978-979-1165-74-7. Hal. VII-208215.
- Jaswir I., 2007. Memahami Gelatin. *Artikel Iptek*www.beritaiptek.com.
- Junianto, Kiki H, Ine M, 2006. Produksi Gelatin dari Tulang Ikan dan Pemanfaatannya Sebagai Bahan Pembuatan Cangkang Kapsul. Laboran Penelitian Hibah Bersaing. Depatemen Pendidikan Tinggi.

- Kaseger, B.E., 1986. Silase Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis* L). Tesis Fakultas Pascasarjana. IPB Bogor.
- Kaya, A.O.W, 2008. Pemanfaatan Tepung Tulang Ikan Patin (*pangasius* sp) Sebagai Sumber Kalsium dan Fosfor Dalam Pembuatan Biscuit. Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Kellems, R.O and D.C. Church, 2002. Livestock Feeds and Feeding. Fifth Edition. Prentice Hall. New Jersey. ISBN 0-13-010582-1.
- Knor, D. 1984. Use of Chitinous Polymers in Food. Food technology, Januari : 85.
- Kritinsson, H.G. and Raseo, B.A. 2000. Fish protein hydrolysates: production, biochemical, and functional properties. Institute for Food Science and Technology, The School of Fisheries, University of Washington.
- Leeson, S., and J.D. Summers, 2005. Commercial Poultry Nutrition. Third Edition. Published by University Books, Guelph, Ontario, Canada. ISBN 0-9695600-5-2.
- Lehninger, 1997. Dasar-dasar Biokimia. Jilid 1. Terjemahan : M. Thenawidjaya. Penerbit Erlangga.
- Marthin, J.W. 2001, Concise Encydlopedia of Structure of Material.

- Maynard, L.A., and J.K. Loosli, 1979. Animal Nutrition. Tata McGraw Hill Publishing Co. Ltd., New Delhi.
- McDowell, L.R., Conrad, J.H. and Hembry, F.G. (1993) *Minerals for Grazing Ruminants in Tropical Regions*, 2nd edn. Centre for Tropical Agriculture, University of Florida, Gainesville, pp. 53–55.
- McDowell, L.R., 1982. Mineral In Animal and Human Nutrition. Academic Press. San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto.
- Mirzah, 2007. Penggunaan Tepung Limbah Udang Yang Diolah Dengan Filtrat Air Abu Sekam Dalam Ransum Ayam Broiler. Media Peternakan Vol. 30 No. 3. ISSN 0126-0472. Universitas Andalas Padang.
- Missouhou, A. S. Ndlaye dan M. Assane (1996). Growth Performance and Carcass Traits in Broiler : Comparison Among Commercial Strain in Sinegal. Actes Inst. Agron. Vet (Maroc).
- Morrison, F.B. 1959. Feeds and Feeding. 22nd Ed. The Morrison Publishing Company, Clinton, Iowa. pp. 169- 459.
- Motzok (1968)
- Moughan, P.J., M.W.A. Verstegen, M.I. Visser-Reyneveld, 2000. Feed Evaluation Principles and Practice. First Published, Weneginen Pers. Netherlands.

- Mulia, 2004. *Kajian Potensi Limbah Tulang Ikan Patin (Pangasius sp.) Sebagai Alternative Sumber Kalsium Dalam Produk Mi Kering*. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB. Bogor.
- Kurtini, T., Muhtarudin, D. Septinova, 2008. Pemanfaatan Limbah Udang Terolah Dalam Ransum Terhadap Performans Broiler. Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008 Universitas Lampung, 17-18 November 2008.
- Murni, R., Suparjo, Akmal, B.L. Ginting. 2008. Buku Ajar. Teknologi Pemanfaatan Limbah untuk Pakan. Laboratorium Makanan Ternak Fakultas Peternakan Universitas Jambi.
- Murthapsari, A.S. Parubak, Murtinigrum, 2008. Ekstraksi Khithosan Dari Limbah Udang Putih (*penaeus merquiensis*) Asal Sorong Papua Dengan Teknik Deproteinisasi dan Dimineralisasi. Teknologi Pertanian Universitas Negeri Papua-Monokwari.
- Nagai, T and N, Suzuki, 2000. Isolation of Collagen From Fish Waste Meterial- Skin, Bone and Fins. *Abstrak*. Food Chemistry. Volume 68. <http://www.sciencedirect.com>. Tanggal akses 20 Maret 2010.
- National Research Council 2005. Mineral Tolerance of Animals. Second Revised Edition. The National Academies Press. Washington, DC.

- National Research Council. 1994. Nutrient Requirements of Poultry. 9th. Ed. National Academy Press. Washington D.C, New York.
- Nelson, T.S., L.W. Ferrate and N.L. Storer, 1968. Phytate Phosphor Content on feed Ingredient Deroved From Plant. Poultry Science,47 : 1372.
- Ojedapo, L.O., O. Akinokun, T.A. Adedeji, T.B. Olayeni, S.A. Ameen and S.R. Amao, 2008. Effect of Strain and Sex Carcass Characteristics of Three Commercial Broilers Reared in Deep Litter System in the Derived Savannah Area of Nigeria. World Journal of Agricultural Sciences 4 (4):487-491. IDOSI pUblications.
- OSHA Hazard Communication Standart. 2009. Material Safety Data Sheet. Sodium Hydroxide 50 persen Solution. msds.fmc.com/msds/100000035.
- Peranginangin, R.;Mulyasari; Sari, A.;Tazwir, 2005. Karakterisasi mutu gelatin yang diproduksi dari tulang ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*) secara ekstraksi asam. Pusat Riset Pengolahan Produk dan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan, Jakarta. Jurnal Penelitian Perikanan (Indonesia). Edisi Pasca Panen.
- Piliang. W.G. 2000. Nutrisi Mineral, Edisi ke 3. ISBN 979-493-047-4. Institut Pertanian Bogor.
- Prih, S., A. Poernomo, D. Suryaningrum dan S, Ilyas, 1982. Evaluasi Kandungan Protein Ikan Indonesia. Laporan Penelitian Teknologi Perikanan DEPTAN. Jakarta.

- Rahayu, A.M., Hanina dan I., Mustofa. 2003. Pemanfaatan Isi Rumen melalui Hidrolisis Abu Sekam sebagai Bahan Pakan Ayam Petelur. Fakultas Peternakan. Universitas Brawijaya. Malang.
- Sanger, G. 1986. Pengaruh Perendaman Dalam Kalium Sorbat, Cara Pengasapan dan Lama Penyimpanan Dalam Suhu Kamar Terhadap Mutu Ikan Cakalang. Laporan Penelitian Fakultas Perikanan Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Scott, M.L., M.C. Nesheir, dan R.J. Young, 1982. Nutrition of the Chicken 3rd Ed. Publishing by M.L. Scott and Associate Ithaca, New York.
- Shahidi, F., 2007. Maximasing the Value of Marine By-Products. CRC Press. Boca Raton Boston New York Washington, DC.
- Supriyati, 2008. Pengaruh Asam Humat Terhadap Kandungan Kalsium dan Fosfor Tulang Ayam Pedaging. Balai Penelitian Ternak Bogor.
- Surono, N., Djazuli, D. Budiyanto, Widarto, Ratnawati, dan Sugiran, 1994. Penerapan Paket Teknologi Pengolahan Gelatin dari Ikan Cucut. Laporan. BBPMHP, Jakarta.
- Suryanti, S. Hadi, R. Paranginangin, 2006. Ekstraksi Gelatin dari Tulang Ikan Kakap Merah (*Lutjanus sp*) Secara Asam. Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan Vol. 1 No. 1.

- Sutardi, N. A. Sigit, dan T. Toharmat. 1983. *Standarisasi Mutu Protein Bahan Makanan Ternak Ruminansia Berdasarkan Parameter Metabolismenya oleh Mikroba Rumen*. DP4M Dikti, Jakarta.
- Sutrisno, C. I. 1983. *Pengaruh Minyak Nabati Dalam Mengatasi Defisiensi Zn Pada Sapi yang Memperoleh Ransum Berbahan Dasar Jerami Padi*. Disertasi. Program Pascasarjana, IPB, Bogor.
- Suttle, N.F. (1991) Mineral supplementation of low quality roughages. In: *Proceedings of Symposium on Isotope and Related Techniques in Animal Production and Health*. International Atomic Energy Commission, Vienna.
- Suwandi, R., 1990. Pengaruh Proses Penggorengan dan Pengukusan Terhadap Sifat Fisika-Kimia Protein Ikan Masing-masing (*Cyprinus carpio* L). Tesis. Fakultas Pascasarjana IPB. Bogor.
- Tarwiyah dan Kemal, 2001. Tepung Tulang. Teknologi Tepat Guna Agroindustri Kecil Sumatera Barat, Hasbullah. Dewan Ilmu Pengetahuan, Teknologi dan Industri Sumatera Barat.
- Thompson, J.K and V.R. Fowler, 1990. The Evaluation of Minerals in the Diets of Farm Animals. In : *Feedstuff Evaluation*. Edited J. Wiseman and D.J.A. Cole. Butterworths. London.

- Tillman, A.D., H. Hartadi, S. Reksohadiprodjo, S. Prawirokusumo dan S. Lebdoesoekojo, 1984. Ilmu Makanan Ternak Dasar. Cetakan Kedua. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Traylor, S.I., G.I. Cromwell and M.D. Lindemann, 2005. Bioavailability of Phosphorus in Meat and Bone Meal For Swine. Journal Animal Science. No. 83. <http://jas.fass.org/cgi/content/full/83/5/1054>.
- Trilaksani, W., E. Salamah dan M. Nabil, 2006. Pemanfaatan Limbah Tulang Ikan Tuna (*Thunnus* sp.) Sebagai Sumber Kalsium Dengan Metode Hidrolisis Protein. Buletin Teknologi Hasil Perikanan Volume IX Nomor 2 .
- Underwood, E.J. (1981) *The Mineral Nutrition of Livestock*, 2nd edn. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, UK.
- Underwood, E.J., and N.F. Suttle, 1999. 3rd Edition. Mineral Nutrition of Livestock. CAB International.
- Wahyu, J., 1992. Ilmu Nutrisi Unggas, Cetakan ke-3 Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Wahyuni dan Peranginangin, 2009. Perbaikan Daya Saing Industri Pengolahan Perikanan Melalui Pemanfaatan Limbah Non Ekonomis Ikan Menjadi Gelatin.
- Venkatesan, J and S.K. Kim, 2010. Effect of Temperature on Isolation and Characterization of Hidroxyapatite from Tuna (*Thunnus obesus*) Bone. *Materials* 2010, 3, 4761-4772. Korea.

- Venugopal, V., 2009. Marine Products for Healthcare. Functional and Bioactive Nutraceutical Compounds From the Ocean. CRC Press. Taylor and Francis Group Boca Roten-London-New York.
- Widodo, W., 2000. Bahan Pakan Unggas Non Konvensional. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Williams dan Wilkins, South Med Journal 2005 Lippincott
- Winarno,1997. Pangan, Gizi, Teknologi dan Konsumen. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

GLOSARI

alkali	= larutan yang memiliki $\text{pH} > 7$
antagonis	= berlawanan
ashing	= pengabuan
bioavailabilitas	= ketersediaan biologis
buffering	= larutan peyangga
by-products	= produk sampingan
cold storage	= gudang pendingin
degresing	= proses pengurangan lemak dengan pemanasan
degumming	= proses pemisahan getah dan lendir yang terdiri dari tri fosfatida, protein, residu karbohidrat, air, dan resin tanpa mengurangi jumlah asam lemak bebas dalam minyak
demineralisasi	= proses pengurangan/ penghilangan mineral pada substrat
deproteinisasi	= proses pengurangan/ penghilangan protein pada substrat
derivatives	= turunan
edible portion	= bagian yang dapat dimakan/dikonsumsi

- EDX = Energi Dispersif Spektroskopi (EDS) adalah sebuah teknik analisis yang digunakan dalam perpaduan dengan SEM. EDS digunakan untuk karakterisasi kimia dari spesimen yang digunakan sejalan dengan analisis SEM untuk mikroanalisis komposisi atau identifikasi dan karakteristik kimia bahan.
- esensial = sangat diperlukan dan harus tersedia
- FASP = filtrat yang diperoleh dengan cara melarutkan sekam padi dalam air dan didapkan 1 kali 24 jam
- fibrous = jenis protein stroma yang tidak larut dalam air tapi dalam larutan asam dan basa kuat.

-
- asam fitat = asam fitat dan senyawa fitat dapat mengikat mineral seperti kalsium, magnesium, seng dan tembaga sehingga berpotensi mengganggu penyerapan mineral. Selain mengikat mineral, fitat juga bisa berikatan dengan protein sehingga menurunkan nilai cerna protein bahan.
- gelatin = Hasil ekstraksi kolagen yang diperoleh dari jaringan/tulang hewan dengan cara perebusan, perlakuan asam dan basa.
- hemoglobin = metaloprotein (protein yang mengandung zat besi) di dalam sel darah merah yang berfungsi sebagai pengangkut oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh. Hemoglobin juga pengusung karbon dioksida kembali menuju paru-paru untuk

- hidrolisis = dihembuskan keluar tubuh.
= proses kimia yang menggunakan H_2O sebagai zat pereaksi dalam pengertian luas termasuk larutan asam dan basa.
- homeostatic = Kemampuan dan kecenderungan sistem tertentu mempertahankan kondisi internal yang relatif konstan meskipun terjadi perubahan kondisi eksternal, kemampuan ini dicapai dengan kehadiran mekanisme umpan balik yang dapat menyesuaikan keadaan sistem untuk mengkompensasi perubahan keadaan yang disebabkan oleh lingkungan eksternal.
- hydrated lime = kapur yang diairkan/larutan kapur
- hidroksiapatite = bentuk persenyawaan kalsium dan fosfat yang

	terdapat pada tulang [Ca ₁₀ (PO ₄) ₆ (OH) ₂]
intake	= jumlah yang dikonsumsi.
koagulasi	= penggumpalan protein
kolagen	= salah satu protein yang penyusun tubuh, merupakan struktur organik pembangun tulang, gigi, sendi, otot, dan kulit
kostik	= soda
leg problem	= gejala kelumpuhan diakibatkan ketakcukupan nutrient termasuk kalsium dan fosfor untuk pembentukan otot dan tulang
limestone	= batukapur
makronutrien	= nutrien yang dibutuhkan dalam jumlah yang besar
mesh	= ukuran kehalusan tepung tulang
mikronutrien	= nutrien yang dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit
non-ash	= komponen bukan mineral

uji organoleptik

= uji indera atau uji sensori merupakan cara pengujian dengan menggunakan indera manusia sebagai alat utama untuk pengukuran daya penerimaan terhadap produk. Pengujian organoleptik mempunyai peranan penting dalam penerapan mutu. Pengujian organoleptik dapat memberikan indikasi kebusukan, kemunduran mutu dan kerusakan lainnya dari produk.

pelagis

= ikan yang hidup di permukaan air pantai, laut dan perairan danau, tetapi tidak pada atau dekat bagian bawah laut atau danau.

regulatory	= fungsi pengaturan
rendemen	= bagian/produk hasil olahan
rock fosfate	= sumber fosfat alam
scanning elektron microscope	= Mikroskop elektron yang bekerja berdasarkan prinsip <i>scan</i> sinar elektron pada permukaan sampel, yang selanjutnya informasi yang didapatkan diubah menjadi gambar/struktur fisik
skipjack tuna	= ikan cakalang
skleroprotein	= protein fibrous
slaked lime	= kalsium hidroksida
slope rasio assays	= aplikasi penentuan respons penambahan kalsium dalam pakan dibanding dengan pakan pembanding diasumsikan memiliki bioavailabilitas 100 persen
special bone meal	= tepung tulang hasil ekstraksi kolagen tulang

- strain = sekelompok individu yang memiliki komposisi genetik yang serupa
- teleostei = ikan tulang sejati
- tibia = tulang kering merupakan kerangka yang utama dari tungkai bawah atau tulang pipa dengan sebuah batang dan dua ujung.
- tiroid = salah satu dari kelenjar endokrin terbesar, berfungsi untuk mengatur kecepatan tubuh membakar energi, membuat protein, dan mengatur sensitivitas tubuh terhadap hormon lainnya.
- tohor = jenis kapur yang pembuatannya melalui proses pembakaran atau dikenal sebagai kapur sirih

toksisitas	= terjadinya keracunan dalam tubuh yang diakibatkan oleh bahan berbahaya
underfeeding	= kondisi kurang atau tidak cukup makan
unthriftiness	= kondisi pertumbuhan, produksi dan kesuburan yang tak memuaskan

INDEX**A**

alkali, 40, 76, 77, 80, 89, 90, 92, 94, 95, 96, 97, 99, 101,
102, 103, 105, 125, 126, 127, 130, 131, 132
antagonis, 9
asam fosfat, 34
ashing, 2

B

bioavailibilitas, 19, 26, 31
buffering, 14
by-products, 79

C

cakalang, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 69, 70, 79, 84, 103,
104, 127, 133
catalytic, 5
cold storage, 61, 64

D

degresing, 104
degumming, 76, 161
demineralisasi, 91
deproteinisasi, 90, 91, 99
derivatives, 15

E

edible portion, 67

EDX, 48, 50, 130, 131

elasmobranchi, 70

esensial, 2, 6, 71

F

FASP, 101, 102, 103, 104, 111, 113, 126, 127, 130, 131,
132

fibriler, 71

fitat, 21, 22, 23, 25, 26, 28, 29, 30, 73

fosfat, 7, 8, 9, 15, 17, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 29, 33,
34, 35, 56, 72, 83, 93, 97, 133, 135, 137

fosfor, 1, 4, 5, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23,
25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 37, 55, 58, 59,
70, 71, 72, 73, 83, 84, 85, 89, 90, 91, 113, 114, 125,
127, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 142, 143

G

gelatin, 40, 74, 75, 79, 80, 81, 82, 83, 91, 118, 119, 120,
121, 122

H

hemoglobin, 8

hidrolisis, 79, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 100, 111,
125, 127, 131

homeostatic, 13

hydrated lime, 100

hidroksiapatite, 72

I

intake, 4

K

kalsium, 1, 4, 5, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23,
25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 53, 54,
70, 72, 73, 83, 84, 85, 89, 90, 91, 93, 100, 101, 102,
113, 114, 125, 127, 133, 135, 136, 137, 138, 139, 140,
141, 143, 165, 167

Katsuwonus pelamis, 62, 63, 65, 148

koagulasi, 7

kolagen, 38, 40, 70, 71, 72, 74, 75, 79, 83, 87, 88, 89,
90, 91, 167

kostik, 98

L

leg problem, 14

lesions, 3

limbah, 61, 62, 67, 69, 70, 71, 81, 82, 84, 85, 87, 88, 90, 91, 99, 101, 103, 111, 113, 118, 120, 149

limestone, 31, 34

M

makronutrien, 1

mesh, 20, 37, 43, 122

metalloenzymes, 5, 6

mikronutrien, 1

milk of lime, 101

mineral, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 14, 15, 16, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 37, 72, 73, 83, 84, 88, 89, 90, 91, 92, 100, 111, 127, 143

N

NaOH, 76, 90, 91, 92, 94, 95, 98, 99, 100, 103, 111, 113, 114, 126, 127, 128, 131, 132, 133, 137, 148

non-ash, 37, 105

O

organoleptik, 82

P

pelagis, 62, 64, 65

R

ransum, 10, 15, 19, 24, 25, 26, 30, 35, 133, 134, 135,
136, 138, 139, 141, 142, 143

regulatory, 5

rendemen, 41, 42, 82, 114, 120, 122

rock fosfate, 34

S

scanning elektron microscope, 125

semistarvation, 4

skipjack tuna, 62

skleroprotein, 71

slaked lime, 100

slope rasio assays, 19

special bone meal, 40, 41, 83, 87, 88, 103, 104, 105,
110, 111, 112, 125, 133, 134, 135, 136, 137, 139, 140,
142

strain, 14, 136, 140

T

teleostei, 70, 79

tibia, 19, 20, 31, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143

tibia, 134, 136, 137, 138, 139, 140, 142

tiroid, 7

tohor, 32

toksisitas, 3, 10

tulang, 5, 7, 8, 13, 14, 16, 17, 18, 19, 20, 23, 26, 31, 33,
34, 35, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 48, 61, 67, 69,
70, 71, 72, 73, 74, 79, 81, 82, 83, 84, 87, 88, 89, 90,
91, 92, 103, 104, 105, 111, 113, 114, 118, 119, 120,
121, 122, 125, 127, 130, 131, 132, 133, 135, 136, 137,
138, 139, 140, 141, 142, 143, 165, 167

U

underfeeding, 4

unthriftiness, 4

Tentang Penulis



Penulis dilahirkan di Ternate, Maluku Utara pada tanggal 1 April 1962. Penulis adalah putri kedua dari pasangan Paul Bagau (almarhum) dan Fietje Areros (almarhumah). Pada tahun 1995 menikah dengan Jardie A. Andaki dan dikaruniai dua orang putra, yaitu Jordan Brilian Andaki dan Joshua Andromeda Millenio Andaki.

Lulus Sekolah Menengah Atas Negeri 3 di Manado tahun 1980. Selanjutnya pendidikan di Fakultas Peternakan Universitas Sam Ratulangi Manado dimulai tahun 1980, dan Ijasah Sarjana Peternakan diperoleh pada tahun 1985. Sejak tahun 1987, penulis diangkat menjadi Staf Pengajar Tetap di Fakultas Peternakan Universitas Sam Ratulangi Manado.

Pada tahun 1995, mengikuti pendidikan Program Pascasarjana Universitas Padjadjaran Bandung pada Program Studi Ilmu Ternak (S₂) dengan Bidang Kajian Utama Ilmu Nutrisi Ternak.

Pada tahun 2008, mengikuti pendidikan Program Pascasarjana Universitas Padjadjaran Bandung pada Program Studi Ilmu Peternakan (S₃).

Berbagai penelitian telah digeluti mulai dari Penelitian Dosen Muda, Penerapan Hasil Penelitian pada Masyarakat, Hibah Bersaing dan Hibah Penelitian Mahasiswa Doktor. Penulis juga menulis pada beberapa jurnal nasional dan internasional.

