

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Kajian Pustaka

Kajian Pustaka ini digunakan sebagai perbandingan terhadap penelitian yang sudah ada. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan beberapa buku hasil karya pendidikan dan skripsi yang berkaitan dengan penelitian ini sebagai acuan dan rumusan berpikir. Adapun kajian pustaka tersebut di antaranya:

Muhammad Nabil (2005) dalam skripsinya yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Tulang Ikan Tuna (*Thunnus* sp.) sebagai Sumber Kalsium dengan Metode Hidrolisis Protein ” menyebutkan bahwa tulang ikan merupakan salah satu limbah hasil pengolahan perikanan yang dapat dimanfaatkan sebagai tepung untuk bahan pangan. Pemanfaatan tulang tulang ikan dapat dilakukan dalam bentuk pengayaan (*enrichment*) sebagai salah satu upaya fortifikasi zat gizi dalam makanan.

Dinda Apriani Wulandari (2004) dalam skripsinya yang berjudul “Fortifikasi Tepung Tulang Rawan Ayam Pedaging pada Pembuatan Susu Kedelai Bubuk sebagai Sumber Kalsium” menyebutkan bahwa susu kedelai mempunyai kandungan protein yang hampir sama dengan susu sapi. Namun, kesempurnaan dan kelengkapan komponen bahan pangan susu sapi lebih baik. Kelemahan susu kedelai ini adalah kurangnya kandungan mineral khususnya kalsium.

Wini Trilaksani dkk (2006) dalam jurnal yang berjudul “Pemanfaatan Limbah Tulang Ikan Tuna (*Thunnus* sp.) sebagai Sumber Kalsium dengan Metode Hidrolisis Protein” menyebutkan bahwa penelitian tentang pemanfaatan limbah tulang ikan tuna (*Thunnus* sp.) dimaksudkan untuk menghasilkan tepung tulang ikan tuna berkalsium tinggi dan mengetahui karakteristik mutu tepung tulang yang dihasilkan dengan waktu autoklafing dan frekuensi perebusan yang berbeda pada proses hidrolisis protein dalam pembuatan tepung tulang.

Harapan dari peneliti untuk penelitian ini adalah produk deversifikasi makanan olahan kacang kedelai dengan fortifikasi kalsium dari limbah tulang ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) mampu mencukupi kekurangan dari produk olahan kedelai yang berupa susu kedelai ini, sehingga mempunyai kandungan gizi yang seimbang terutama mineral kalsiumnya.

B. Kerangka Teoritik

1. Limbah Industri Perikanan

Limbah industri perikanan dapat didefinisikan sebagai apa saja yang tersisa dan terbuang dari suatu kegiatan dan pengolahan hasil perikanan. Berdasarkan sifat fisiknya limbah industri perikanan dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok utama yaitu limbah cair berupa cairan-cairan yang terbuang dari proses penyiangan dan pencucian ikan terutama mengandung darah, lemak dan substansi-substansi lain, maupun cairan yang terbuang dari proses pencucian daging ikan lumat yang terutama mengandung darah, protein larut air (protein sarkoplasma), lemak dan substansi-substansi lain. Limbah padat dapat berupa jeroan, sirip dan ekor, tulang, sisik, potongan-potongan daging ikan maupun ikan dalam bentuk utuh.

Limbah padat merupakan penyumbang terbesar terhadap keseluruhan limbah industri perikanan. Dalam kasus-kasus dimana kepala, sirip/ekor, jeroan dan potongan-potongan lainnya dibuang selama penyiangan, maka dapat dihasilkan limbah sebanyak 35% atau 350 kg limbah padat dari setiap 1 ton ikan yang disiangi. Sedangkan dalam kasus seperti pada hasil tangkapan samping dari operasi penangkapan udang, jumlah limbah padat jauh lebih besar.⁶

Secara keseluruhan produksi perikanan meningkat rata-rata 9,24% per tahun, yakni dari 6,12 juta ton (2004) menjadi 8,71 juta ton. Produk industri perikanan umumnya diolah dalam bentuk produk setengah jadi (*fillet* daging ikan) dan produk jadi yang sudah dikemas, sisanya menjadi limbah industri

⁶ F. Riewpassa dan J. Salampessy, "Pemanfaatann Limbah Industri Perikanan" , *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, (Vol 2, Universitas Pattimura 1997) .

perikanan yang jika tidak ditangani dengan baik, dapat mencemari lingkungan. Bagian tubuh ikan yang lazim untuk dikonsumsi adalah daging (49-60%), sedangkan bagian lain seperti kepala (13-19%), kulit (3,5-5%), tulang (7,5-12.5%), sirip (2-4,5), sisik (2,5-4%), insang dan isi perut ikan (7-13%) termasuk kedalam limbah industri perikanan.⁷

Limbah industri perikanan yang memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai bahan baku berbagai macam produk olahan yang bermanfaat bagi kebutuhan manusia. Limbah yang dimaksudkan adalah tulang ikan, yang kemudian akan dimanfaatkan sebagai bahan fortifikasi kalsium pada bahan makanan.

a. Ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*)

Ikan kuniran (*Upeneus moluccensis*) merupakan jenis ikan yang memiliki bentuk badan memanjang sedang, pipih samping dengan penampang melintang bagian depan punggung, serta ukuran maksimum tubuhnya yang dapat mencapai 20-25 cm. Ikan ini banyak ditemukan di perairan pantai. Jenis ini hidup di pantai berpasir sampai kedalaman 100 meter. Kebiasaan makanan ikan kuniran adalah 59,49% jenis udang, 14,51% ikan-ikan kecil, dan 13,51% moluska.⁸

Ikan kuniran (*Upeneus moluccensis*) termasuk ke dalam jenis ikan demersal. Sebagai ikan konsumsi, ikan ini bernilai kurang ekonomis dibandingkan beberapa jenis ikan demersal lainnya. Ikan ini banyak digunakan sebagai bahan baku pakan dalam budidaya udang dan ikan. Harga dari ikan kuniran relatif murah sehingga banyak masyarakat yang lebih memilih untuk membeli ikan ini. Ikan kuniran hampir tersebar diseluruh perairan Indonesia, salah satunya adalah sepanjang Laut Utara Jawa.

Laut Utara Jawa merupakan salah satu kawasan pesisir yang saat ini menjadi perhatian dalam perencanaan pengelolaan. Umumnya kegiatan pengelolaan perikanan, mulai dilakukan ketika isu-isu perikanan mulai

⁷ Anugrah, Putri, "Strategi Pengembangan Industri Kreatif Berbasis Limbah Industri Perikanan Sebagai Solusi Mengatasi Permasalahan Ekonomi dan Lingkungan Indonesia", Karya Ilmiah, (Bogor: IPB, 2010), hlm 2.

⁸ Eko Budi K dan F.E Ardi Wiharto, *Ensiklopedia Populer Ikan Air Laut*, (Yogyakarta: Lily Publisher, 2009), hlm 40.

berkembang. Dahulu sangat jarang ditemui adanya upaya pengelolaan perikanan atau pengembangan suatu kegiatan perikanan, akan tetapi perlahan mulai tumbuh industri-industri pengelolaan hasil perikanan. Disekitar Laut Utara Jawa terdapat berbagai kegiatan yang berkaitan dengan perikanan seperti industri –industri hasil laut, pelabuhan perikanan, pelabuhan kayu, serta tempat penangkapan ikan seperti di daerah Juana dan Banyutowo.

Harga ikan kuniran di tempat pelelangan ikan Banyutowo relatif murah, sehingga masyarakat sekitar pelelangan mengolah ikan kuniran sebagai ikan asin, otak-otak, terasi, ikan *fillet* dan juga pakan dalam budidaya udang maupun ternak. Hal ini disebabkan karena ikan kuniran hasil olahan memiliki nilai jual yang lebih tinggi dibandingkan ikan dalam bentuk segar sehingga, para nelayan meningkatkan hasil tangkapan dari ikan kuniran untuk kemudian dijual sebagai bahan baku produk olahan.

Alat tangkap yang digunakan untuk menangkap ikan kuniran adalah dogol, cantrang, bagan, dan berbagai alat tangkap ikan demersal lainnya. Jika upaya penangkapan ditingkatkan maka mortalitas pun akan meningkat. Apabila hal ini terjadi terus menerus maka yang terjadi adalah terancamnya kelestarian sumber daya ikan demersal, salah satunya adalah ikan kuniran.⁹

Ikan kuniran tersebar hampir di seluruh wilayah perairan Indonesia. Seperti yang diketahui, kelompok ikan demersal mempunyai ciri-ciri bergerombol tidak terlalu besar, aktifitas relatif rendah dan gerakanya juga tidak terlalu jauh. Sehingga dari ciri-ciri yang dimiliki tersebut, kelompok ikan demersal cenderung relatif rendah daya tahannya terhadap tekanan penangkapan.

Selain tersebar di seluruh wilayah Indonesia, Ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) juga menyebar diseluruh Lautan yang bersuhu sedang sampai hangat. Ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) yang berada di sekitar Laut Mediterania, awalnya bermigrasi dari Laut Merah setelah pada tahun 1869

⁹ Nani Triana, “Pola Pertumbuhan dan Reproduksi Ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis* Bleeker, 1855) di Perairan Teluk Jakarta, Jakarta Utara”, (Skripsi), (Bogor: Departemen Manajemen Sumber daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB, 2011), hlm 4.

Terusan Suez dibuka. Ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) yang berada disekitar negara bagian Turki ini mempunyai kurang lebih 11 kandungan mineral yang ditemukan di daging dan siripnya.¹⁰ Kandungan mineralnya dapat dilihat dalam Tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. *Mineral compositions (mg/kg wet weight base) of gold band goatfish and striped red mullet^A*

Species/Elements	Gold band goatfish	Striped red mullet	RDAa or SAIB mg per adult
Cd	0.18±0.23 a	0.25±0.22 a	0.07 mg/day***
Cr	0.10±0.06 a	0.09±0.10 a	---
Cu	0.43±0.24 a	0.20±0.16 a	1.5-3**
Mn	0.18±0.09 a	0.15±0.07 a	2-3**
Zn	4.82±0.95 a	4.55±1.10 a	12-15*
Fe	7.30±1.7 a	6.40±1.3 a	10-15*
Ca	617.4±90.5 a	398.6±105.9 b	800-1200*
K	1276.4±70.2 a	2064.8±91.1 b	2000 **
Mg	346.7±46.2 a	390.7±21.4 a	280-350**
Na	101.2±28.2 a	136.5±17.0 b	500**
P	1754.9±423 a	2065.8±89.3 a	800-1200*

A (a-b) means in a row with the identical letters are not significantly different ($P < 0.05$). Values were presented as mean SD ($n=3$).

* RDA values; ** SAI safe and adequate daily intake (Nabrzyski, 2002)

*** Tolerable daily intake figures based on recommended by FAO and WHO for a 70 kg person Values are shown as mean standard deviations of triplicates.

Within each row, values (mean±SD) not sharing common superscripts letters are significantly different ($\alpha=0.05$)

Sumber : *Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* (2011)

b. Klasifikasi Ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*)

Terdapat sekitar 30 jenis ikan jenggot (kuniran) dari suku Mullidae dari setidaknya 3 nama genera yaitu *Mulloidies*, *Upeneus* dan, *Parupeneus*. Klasifikasi

¹⁰ Abdullah Öksüz Ayşe Özyılmaz and Şenol Küver “Fatty Acid Composition and Mineral Content of *Upeneus moluccensis* and *Mullus surmuletus*” dalam *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 11: 69-75 (2011), Mustafa Kemal University, Faculty of Fisheries and Aquaculture, 31200 İskenderun, Hatay, Turkey, hlm 5.

ikan kuniran (*Upeneus moluccensis*) seperti yang terlihat pada Gambar 1, adalah:¹¹

Kingdom : Animalia
Filum : Chordata
Subfilum : Vertebrata
Kelas : Actinopterygii
Subkelas : Actinopterygii
Ordo : Perciformes
Subordo : Percoidei
Famili : Mullidae
Genus : *Upeneus*
Spesies : *Upeneus moluccensis*
Nama FAO : *Goldband goatfish*
Nama Indonesia : Kuniran, Biji nangka, Kunir, Kakunir, Kuning



Gambar 1. Ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*)

Sumber : Dokumentasi pribadi

c. Tulang Ikan

Tulang ikan merupakan salah satu limbah hasil pengolahan perikanan yang dapat dimanfaatkan sebagai tepung untuk bahan pangan. Pemanfaatan tepung tulang ikan dapat dilakukan dalam bentuk pengayaan (*enrichment*) sebagai salah satu upaya fortifikasi zat gizi dalam makanan. Di Jepang pemanfaatan tulang ikan dilakukan untuk memproduksi kalsium dalam bentuk tepung tulang yang dapat

¹¹ Eko Budi K dan F.E Ardi Wiharto, *Ensiklopedia Populer Ikan Air Laut*, hlm 40.

dikonsumsi manusia. Tulang ikan banyak mengandung kalsium dalam bentuk kalsium fosfat sebanyak 14 % dari total susunan tulang.

Tulang dibentuk dalam dua proses yang terpisah, yaitu pembentukan matriks dan penempatan mineral kedalam matriks tersebut. Tiga jenis komponen seluler terlibat didalamnya dengan fungsi yang berbeda yaitu osteoblas dalam pembentukan tulang, osteosit dalam pemeliharaan tulang dan osteoklas dalam penyerapan kembali tulang. Osteoblas membentuk kolagen tempat mineral mineral melekat. Mineral utama di dalam tulang adalah kalsium dan fosfor, sedangkan mineral lain dalam jumlah kecil adalah natrium, magnesium dan fluor.¹²

Suatu perusahaan di Amerika, *Internasional Seafood of Alaska* (ISA) memproduksi tepung tulang ikan dengan harapan mengandung mineral seperti kalsium dan fosfor tinggi dan dapat digunakan sebagai bahan alami untuk mengatasi penyakit osteoporosis pada wanita. Kandungan gizi tepung tulang ikan disajikan pada Tabel 2 dibawah ini¹³:

Tabel 2. Kandungan Gizi Tepung Tulang Ikan

Zat Gizi	Jumlah zat gizi pada tepung tulang ikan dari ISA's (%)
Kadar Air	3.6
Abu	33.1
Protein	34.2
Lemak	5.6
Kalsium	11.9
Fosfor	11.6

Sumber: ISA (*Internasional Seafood of Alaska*), 2002

¹² Muhammad Nabil , “Pemanfaatan Limbah Tulang Ikan Tuna (*Thunnus sp.*) sebagai Sumber Kalsium dengan Metode Hidrolisis Protein”, (Skripsi), (Bogor : Institut Pertanian Bogor, 2005) hlm. 6-7.

¹³ Mulia, “Kajian Potensi Limbah Tulang Ikan Patin (*Pangaius sp.*) sebagai Alternatif Sumber Kalsium Dalam Produk Mie Kering”, (Skripsi), (Bogor : Institut Pertanian Bogor, 2004) hlm. 20.

2. Deproteinasi

Deproteinasi adalah proses pelepasan protein dari ikatannya. Protein yang terikat secara kovalen dapat didegradasi dengan perlakuan kimia yaitu pelarutan dalam larutan basa kuat atau dengan perlakuan biologis.

Pada prinsipnya, deproteinasi dilakukan dengan pemberian kondisi basa yang diikuti pemanasan selama rentang waktu tertentu. Sebagai basa, banyak dipilih NaOH, sebab, selain lebih efektif, bahan ini juga relatif murah dan mudah didapatkan. Pemberian basa dimaksudkan untuk mendenaturasi protein menjadi bentuk primernya yang akan mengendap. Selanjutnya dilakukan penyaringan untuk memisahkan endapan dengan supernatannya. Filtrat kemudian diproses lebih lanjut.¹⁴

Tujuan lain dari perebusan dengan NaOH atau zat alkalis (proses deproteinasi) pada percobaan pembuatan tepung tulang ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) adalah untuk membersihkan dari zat-zat organik yang terkandung dalam limbah tulang ikan seperti protein, lemak, maupun zat lain yang bisa terdegradasi melalui perlakuan ini. Metode deproteinasi bukan hanya terbatas pada perebusan dengan NaOH saja akan tetapi ada metode deproteinasi yang lain. Misalnya pada penelitian yang dilakukan R Murugan dan kawan-kawan, R. Murugan menggunakan proses perlakuan panas dan menggunakan NaCl . Sampel tulang direbus dengan NaCl dan selanjutnya dipanaskan suhu tinggi antara 300 °C -900°C.¹⁵

Metode lain dalam proses deproteinasi adalah dengan menggunakan *microorganism* yaitu melalui proses fermentasi dengan *Bacillus licheniformis* dan *Aspergillus niger*. *Bacillus licheniformis* dan *Aspergillus niger* ini akan

¹⁴ Yunita Ermawati dkk. “ *Pemanfaatan Kitosan dari Limbah Rajungan (Portunus pelagicus) Sebagai Antimikroba Pada Obat Kumur*”, (Karya Ilmiah), (Yogyakarta:, Fakultas Farmasi, UGM, 2009), hlm 9.

¹⁵ R. Murugan, K Panduranga Rao and T S Sampath Kumar, “*Heat-deproteinated xenogeneic bone from slaughterhouse waste:Physico-chemical properties*” *Jurnal Bull. Mater. Sci., Indian Academy of Sciences*, (Vol. 26, No. 5, August 2003), hlm 524.

mendegradasi protein melalui reaksi enzimatis.¹⁶ Penelitian ini dilakukan oleh R Roostita L. Balia. Hasilnya pada Udang Windu yang dideproteinasi menghasilkan kalsium sebanyak 6,94% dan fosfor 9.62%.

3. Fortifikasi

Fortifikasi adalah proses pengayaan suatu bahan makanan dengan kandungan zat tertentu. Fortifikasi pangan (pangan yang lazim dikonsumsi) dengan zat gizi makro maupun mikro adalah salah satu strategi utama yang dapat digunakan untuk meningkatkan status makro dan mikronutrien pangan. Fortifikasi harus dipandang sebagai upaya (bagian dari upaya) untuk memperbaiki kualitas pangan selain dari perbaikan praktek-praktek pertanian yang baik (*good agricultural practices*), perbaikan pengolahan dan penyimpanan pangan (*good manufacturing practices*), dan memperbaiki pendidikan konsumen untuk mengadopsi praktek-praktek penyediaan pangan yang baik.¹⁷

Istilah fortifikasi terbatas pada penambahan satu atau lebih zat gizi yang tidak ada atau jumlah sedikit dalam bahan pangan asal menjelang pengolahan. Penambahan vitamin maupun mineral sudah lama ditelaah, terutama dalam kaitannya dengan kesehatan masyarakat. Dalam penambahan zat gizi kedalam zat pangan ada asas yang harus diperhatikan menurut Dewan Makanan dan Gizi dari Asosiasi Kedokteran Amerika (*Council on Food and Nutrition of the American Medical Association*). Asasnya adalah:¹⁸

¹⁶ R. Roostita L. Balia, “*Bioprocessed Of Tiger Prawn (Penaeus monodon) Waste Product By Deproteinization And Demineralization On Nutrient Product*”, (Lucrări Științifice - vol. 54, Seria Zootehnie), hlm 60.

¹⁷ Siagian Albiner, “*Pendekatan Fortifikasi Pangan untuk Mengatasi Masalah Kekurangan Zat Gizimikro*”, Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara, 2003.

¹⁸ Robert S. Haris and E. Karmas, “*Nutritional evaluation of food processing*”, terj. Suminar dalam *Evaluasi gizi pada pengolahan bahan pangan*, (Cambridge: The AVI Publishing, 1975), hlm. 684.

- a. Pengambilan gizi dipandang perlu untuk ditambahkan kepada bahan pangan, dinilai berada di bawah tingkat yang diinginkan dalam makanan sejumlah banyak orang.
- b. Bahan pangan pembawa zat gizi tersebut harus dikonsumsi oleh sebagian masyarakat yang memerlukan, dan zat gizi tambahan harus memberikan sumbangan berarti pada makanan.
- c. Penambahan zat gizi tidak boleh menimbulkan ketidakseimbangan pada makanan.
- d. Zat gizi tambahan harus mantap dalam kondisi penyimpanan dan penggunaan yang lazim.
- e. Zat gizi harus tersedia dalam pangan secara faali.
- f. Harus ada jaminan yang masuk akal bahwa konsumsi yang berlebihan sampai tingkat keracunan tidak akan terjadi.
- g. Biaya tambahan terjangkau oleh konsumen.

Pada awal perkembangannya fortifikasi digunakan untuk mengatasi penyakit yang disebabkan oleh kekurangan zat gizi tertentu. Kekurangan zat gizi tidak hanya terjadi di negara berkembang, yang antara lain disebabkan oleh kekurangan pangan, rendahnya daya beli masyarakat dan keterbatasan pengetahuan tentang gizi.

Kekurangan gizi (defisiensi) juga terjadi di negara maju, yang disebabkan oleh kecenderungan konsumsi produk olahan komersial dengan komposisi gizi terbatas. Oleh karena itu istilah fortifikasi hanya diberikan untuk proses penambahan vitamin, mineral dan asam amino pada produk pangan.

Kecukupan konsumsi vitamin dan mineral di Indonesia ditetapkan oleh Departemen Kesehatan melalui tabel angka kecukupan gizi (AKG) atau secara internasional dikenal sebagai RDA (*recommended dietary daily allowances*). Tabel 3 dibawah menunjukkan banyaknya mineral yang sebaiknya dikonsumsi oleh seseorang dalam sehari.

Mineral yang dibutuhkan tubuh dibagi menjadi dua golongan, yaitu mineral makro dan mineral mikro. Umumnya mineral makro yang digunakan sebagai

fortifikan adalah Na, K, Ca, P, dan Mg. Mineral mikro disebut juga *trace element*, yang meliputi Fe, Zn, Se, Mn, Cu, I, Mo, Co, Cr, Si, Va, Ni, dan As.

Tabel 3. Keamanan mineral makro dan mikro

Mineral	RDA orang dewasa	Dugaan MTD secara oral pada orang dewasa	MSI
Kalsium/Ca (mg)	1200	12000	10
Fosfor/P (mg)	1200	12000	10
Magnesium/Mg (mg)	400	6000	15
Besi/Fe (mg)	18	100	5.5
Seng/Zn (mg)	15	500	33
Tembaga/Cu (mg)	3	100	33
Fluor/F (mg)	4	20	5
Iodium/I (mg)	0.15	2	13
Selenium/ Se (mg)	0.2	1	5

Keterangan : MTD = minimum toxic dose, MSI = mineral safety index

Sumber: Majalah *FOODREVIEW INDONESIA* (2006)

Fortifikasi mineral pada produk pangan harus mempertimbangkan efek toksik dari mineral tersebut. Untuk mineral makro dengan rekomendasi pemakaian yang besar (RDA besar), seperti Ca, P, dan Mg, keracunan akibat kelebihan konsumsi tidak terlalu mengkhawatirkan. Karena penggunaan mineral makro yang berlebihan akan menimbulkan masalah mutu produk, yaitu seperti berpasir (*sandiness*) atau berkapur (*chalkiness*). Karena adanya perubahan mutu tersebut konsumen dapat dengan mudah mendeteksi dan menghindari kemungkinan keracunan. Oleh sebab itu dalam fortifikasi mineral pada produk pangan, pengetahuan tentang mineral *safety index* harus benar-benar dikuasai.

Pengukuran *safety intake* (konsumsi aman) untuk berbagai senyawa termasuk mineral sangat sulit dilakukan. Hathcock (1985) telah mengembangkan teknik pengukuran indeks keamanan mineral (MSI, *mineral safety index*). Teknik tersebut menggunakan angka konsumsi yang dianjurkan (RI, *recommended intake*)

yang merupakan nilai RDA tertinggi untuk orang dewasa, kecuali wanita hamil dan menyusui. Dosis toksik minimal (MTD, *minimum toxic dose*) diestimasi dari berbagai pustaka (hasil-hasil penelitian).

Perhitungan MSI dilakukan dengan cara membagi nilai MTD dengan nilai RDA tersebut. Nilai MSI yang tinggi menunjukkan bahwa mineral tersebut toksisitasnya relatif rendah, dan sebaliknya nilai MSI yang kecil menunjukkan bahwa mineral tersebut toksisitasnya relatif tinggi. Asupan vitamin dan mineral dapat diperoleh dari berbagai macam makanan dan minuman yang dikonsumsi, karena itu pada umumnya jumlah vitamin dan mineral yang difortifikasi harus rendah tidak melewati batas 20 % RDA per sajian.¹⁹

4. Kalsium

Kalsium merupakan mineral yang paling banyak terdapat di dalam tubuh, yaitu 1.5-2 % dari berat badan orang dewasa atau kurang lebih sebanyak 1 kg. dari jumlah ini, 99 % berada di dalam jaringan keras, yaitu tulang dan gigi. Kalsium tulang berada dalam keadaan seimbang dengan kalsium plasma pada konsentrasi kurang lebih 2.25 – 2.60 mmol/L. Densitas tulang berbeda menurut umur, meningkat pada bagian pertama kehidupan, dan menurun secara berangsur setelah dewasa. Selebihnya kalsium tersebar luas di dalam tubuh. Kalsium mengatur pekerjaan hormon-hormon dan faktor pertumbuhan.

Dalam Arizona Cooperative Extension Linda Houtkooper dan Vanessa A. Farrell menyatakan bahwa:²⁰

“Calcium is an essential mineral found in great abundance in the body. Ninety-nine percent of all the calcium in the body is found in the bones and teeth. The remaining one percent is in the blood. Calcium plays important roles in nerve conduction, muscle contraction, and blood clotting. If calcium levels in the blood drop below normal, calcium will be taken from bone and put into the blood in order to maintain blood calcium levels. Therefore, it is important to consume enough calcium to maintain adequate blood and bone calcium levels”

Kalsium 99 % berada pada tulang dalam bentuk *hydroxylapatit* [$3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$]. Kepadatan tulang dan deposisi Ca bervariasi menurut

¹⁹ Prof. Dr. Ir Deddy Muchtadi, MS., “Konsep Keamanan Fortifikasi Pangan”, dalam *FOODREVIEW INDONESIA*, Vol. 1 No. 7 Agustus 2006, hlm 48-50.

²⁰ Linda Houtkooper dan Vanessa A. Farrell, “*Calcium Supplement Guidelines*” dalam Arizona Cooperative Extension Az 1042, Januari 2011, hlm 1.

umur, meningkat selama setengah masa hidup pertama dan menurun secara perlahan pada umur selanjutnya.²¹

Hidroksiapatit merupakan suatu struktur kristal yang terdiri atas kalsium fosfat dan disusun di sekeliling matriks organik berupa protein kolagen untuk memberikan kekuatan dan kekakuan tulang. Disamping itu juga terdapat ion-ion lain seperti fluor, magnesium, seng, dan natrium. Melalui matriks dan diantara struktur kristal terdapat pembuluh darah limfe, syaraf, dan sumsum tulang. Melalui pembuluh darah ini ion-ion mineral berdifusi ke dalam cairan ekstraseluler, mengelilingi kristal dan memungkinkan pengendapan mineral baru atau penyerapan kembali mineral dari tulang.²²

a. Fungsi Kalsium

Kalsium mempunyai berbagai fungsi dalam tubuh, antara lain:

1) Pembentukan tulang dan gigi

Kalsium dan mineral lain memberi kekuatan dan bentuk pada tulang dan gigi. Kalsium di dalam tulang mempunyai dua fungsi yaitu sebagai bagian integral dari struktur tulang dan sebagai tempat menyimpan kalsium. Mineral yang membentuk dentil dan email yang merupakan bagian tengah dan luar dari gigi adalah mineral yang sama dengan yang membentuk tulang yaitu kristal mineral yang terdiri dari kalsium fosfat atau kombinasi kalsium fosfat dan kalium hidroksida yang dinamakan hidroksiapatit. Akan tetapi, kristal dalam gigi lebih padat dan kadar airnya lebih rendah.

2) Mengatur pembekuan darah

Bila terjadi luka, ion kalsium di dalam darah merangsang pembebasan fosfolipida tromboplastin dari platelet darah yang terluka. Tromboplastin ini mengkatalisis perubahan protrombin, bagian darah normal, menjadi thrombin. Thrombin kemudian membantu perubahan fibrinogen, bagian lain dari darah, menjadi fibrin yang merupakan gumpalan darah.

²¹ MC. Linder, *Biokimia Nutrisi dan Metabolisme dengan Pemakaian secara Klinis*, hlm 248.

²² Sunita Almatsier, *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*, hlm. 240.

3) Katalisator reaksi-reaksi biologik

Kalsium berfungsi sebagai katalisator berbagai reaksi biologik, seperti absorpsi vitamin B₁₂, tindakan enzim pemecah lemak, lipase pankreas, dan ekskresi insulin oleh pankreas, pembentukan dan pemecahan asetilkolin, yaitu bahan yang diperlukan dalam memindahkan (transmisi) suatu rangsangan dari suatu serabut saraf ke serabut saraf lain. Kalsium yang diperlukan untuk mengkatalisis reaksi-reaksi ini diambil dari persediaan kalsium dalam tubuh.

4) Kontraksi otot

Pada waktu otot berkontraksi kalsium berperan dalam interaksi protein di dalam otot yaitu aktin dan miosin. Bila darah kalsium kurang dari normal, otot tidak bisa mengendur sesudah kontraksi. Tubuh akan kaku dan dapat menimbulkan kejang.

5) Meningkatkan fungsi transport membran sel, kemungkinan dengan bertindak sebagai stabilisator membran dan transmisi ion melalui membran organel sel.²³

b. Sumber Kalsium

Sumber kalsium utama adalah susu dan hasil susu, seperti keju,. Ikan yang dimakan dengan tulang termasuk ikan kering merupakan sumber kalsium yang baik. Serelia, kacang-kacangan dan hasil kacang-kacangan, tahu dan tempe, dan sayuran hijau merupakan sumber kalsium yang baik juga, tetapi bahan makanan ini mengandung banyak zat yang menghambat penyerapan kalsium seperti serat, fitat, dan oksalat. Sumber kalsium yang biasa digunakan dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu:

- 1) Tepung tulang mono-kalsium dan di-kalsium fosfat yang ketersediaanya paling tinggi diantara sumber-sumber kalsium lainnya.
- 2) *Ground limestone* (batuan kapur yang biasanya mengandung magnesium dan bersifat agak asam), *defluorinated phosphate* (garam kalium fosfat yang masih mengandung fluor yang bersifat racun bila kadarnya

²³ Sunita Almatsier, *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*, hlm. 235-238.

berlebihan) dan kalsium karbonat. Kelompok ini merupakan sumber kalsium yang ketersediaannya sedang.

- 3) *Hay* yaitu kalsium yang berikatan dengan mineral lain yang sukar larut. Kebanyakan kalsium dari bahan nabati tidak dapat digunakan dengan baik karena berikatan dengan oksalat yang dapat membentuk garam yang tidak larut dalam air. Kalsium yang dapat diserap oleh tubuh adalah kalsium dalam bentuk senyawa kalsium klorida, kalsium glukorat, kalsium karbonat dan kalsium fosfat. Kalsium fosfat merupakan sumber mineral yang memiliki nilai biologis yang sangat baik sebagai sumber kalsium dan fosfor.²⁴

Sumber kalsium terbaik salah satunya adalah susu *nonfat*, karena ketersediaan biologiknya yang tinggi. Kebutuhan kalsium akan terpenuhi bila kita makan makanan yang seimbang tiap hari. Kandungan kalsium beberapa bahan makanan dapat dilihat pada Tabel 4.²⁵

Tabel 4. Nilai Kalsium Berbagai Bahan Makanan (mg/100g)

Bahan Makanan	Mg	Bahan Makanan	Mg
Tepung susu	904	Tahu	124
Keju	777	Kacang merah	80
Susu sapi segar	143	Kacang tanah	58
Udang kering	1209	Tepung kacang kedelai	195
Teri kering	1200	Bayam	265
Sardines (kaleng)	354	Sawi	220
Telur bebek	56	Daun melinjo	219
Telur ayam	54	Katuk	204
Ayam	144	Selada air	182
Daging sapi	11	Daun singkong	165
Susu kental manis	275	Ketela pohon	33

²⁴ Muhammad Nabil, "Pemanfaatan Limbah Tulang Ikan Tuna (*Thunnus sp.*) sebagai Sumber Kalsium dengan Metode Hidrolisis Protein", hlm 9.

²⁵ Sunita Almatsier, *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*, hlm. 242.

Bahan Makanan	Mg	Bahan Makanan	Mg
Kacang kedelai, kering	227	Kentang	11
Tempe kacang kedelai	129	Jagung kuning, pipil	10

Sumber : Daftar Komposisi Bahan Makanan, Depkes, 1979.

c. Akibat Kekurangan Kalsium

Kekurangan kalsium pada masa pertumbuhan dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan. Tulang kurang kuat, mudah bengkok dan rapuh, hal ini dinamakan *Osteoporosis*, banyak terjadi pada wanita, perokok dan peminum alkohol. Kekurangan kalsium dapat pula menyebabkan osteomalasia, yang dinamakan juga riketsia pada orang dewasa dan biasanya terjadi pada orang dewasa dan biasanya terjadi karena kekurangan vitamin D dan ketidakseimbangan konsumsi kalsium terhadap fosfor. Mineralisasi matriks tulang terganggu, sehingga kandungan kalsium di dalam tulang menurun.

Kadar kalsium darah yang sangat rendah dapat menyebabkan *tetani* atau kejang. Tetani dapat terjadi pada ibu hamil yang makanannya terlalu sedikit mengandung kalsium atau terlalu tinggi mengandung fosfor. Tetani kadang terjadi pada bayi baru lahir yang diberi minuman susu sapi yang tidak diencerkan yang mempunyai rasio kalsium : fosfor rendah.²⁶

Perubahan kandungan kalsium dalam darah (normal 9-10 mg/100 mL) baik *calcium rigor* (hiperkalsemia) maupun *calcium tetani* (hipokalsemia) yang ditandai oleh kontraksi otot yang tidak terkontrol karena perubahan stimulasi sel saraf lebih disebabkan karena kekurangan vitamin D atau malfungsi dari glandula sehingga terjadi ketidakseimbangan hormonal yang meregulasi konsentrasi kalsium dalam darah.²⁷

²⁶ Sunita Almatsier, *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*, hlm. 242-243.

²⁷ Wini Trilaksani, dkk., “Pemanfaatan Pemanfaatan Limbah Tulang Ikan Tuna (*Thunnus sp.*) sebagai Sumber Kalsium dengan Metode Hidrolisis Protein”, *Buletin Teknologi Hasil Perikanan*, (vol. IX, No. 2, 2006), hlm 34.

d. Akibat Kelebihan Kalsium

Konsumsi kalsium hendaknya tidak melebihi 2500 mg sehari. Kondisi kebalikan dari hipokalsemia adalah hiperkalsemia. Hiperkalsemia ini dapat menyebabkan hiperkalsiuria yaitu kondisi dimana kadar kalsium di dalam urin melebihi 300mg/hari. Kelebihan kalsium dapat menimbulkan batu ginjal atau gangguan ginjal. Di samping itu, dapat menyebabkan konstipasi (susah buang air besar). Kelebihan kalsium bisa terjadi bila menggunakan suplemen kalsium berupa tablet atau bentuk lain.²⁸

e. Penyerapan Kalsium

Beberapa hasil penelitian di dunia membuktikan bahwa tingkat penyerapan kalsium susu dan kalsium organik (kalsium laktat) ternyata juga lebih baik dibandingkan dengan kalsium anorganik seperti kalsium klorida (CaCl_2) serta kalsium karbonat (CaCO_3) yang biasa sama-sama difortifikasi dalam susu. Kalsium klorida dan kalsium karbonat adalah jenis mineral kalsium yang biasa digunakan untuk fortifikasi kalsium dalam berbagai keperluan.

Tingkat penyerapan kalsium yang difortifikasi dalam susu relatif masih cukup tinggi. Tingginya tingkat penyerapan kalsium lebih disebabkan adanya faktor pendukung yang ada dalam susu. Keadaannya akan lain jika kalsium anorganik difortifikasi ke dalam bahan bukan susu. Penyerapan kalsium yang difortifikasi dalam bahan makanan bukan susu jauh lebih rendah dibandingkan dengan tingkat penyerapan kalsium susu, sebab bahan makanan bukan susu tidak mempunyai faktor pendukung penyerapan seperti yang ada pada susu.²⁹

Dalam keadaan normal sebanyak 30-50% kalsium yang dikonsumsi diabsorpsi tubuh. Kemampuan absorpsi lebih tinggi pada masa pertumbuhan, dan menurun pada proses menua. Kemampuan absorpsi pada laki-laki lebih tinggi daripada perempuan pada semua golongan usia. Absorpsi kalsium terutama terjadi di bagian atas usus halus yaitu duodenum. Kalsium membutuhkan pH 6 agar

²⁸ Sunita Almatsier, *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*, hlm. 243.

²⁹ Faisal Anwar, “*Dep. Gizi Masyarakat*”, Fak. Ekologi Manusia IPB dalam (<http://www.produgen.co.id/index.php?m=pr&s=kalsium&a=view&id=38&cid=87> diakses 12/10/10 18:39).

dapat berada dalam keadaan terlarut.³⁰ Banyak faktor mempengaruhi absorpsi kalsium dalam tubuh diantaranya:

1) Fosfor

Kalsium dan fosfor saling berpengaruh erat dalam proses absorpsi kalsium. Fosfor sendiri terlibat juga dalam metabolisme energi sebagai bagian dari adenosin trifosfat (ATP) yang merupakan sumber /sistem energi (*energy currency*) tubuh.³¹ Absorpsi Ca yang baik diperlukan perbandingan Ca:P dalam rongga usus 1:1 sampai 1:3. Perbandingan Ca:P yang lebih dari 1:3 akan menghambat penyerapan Ca sehingga makanan yang demikian akan menyebabkan defisiensi kalsium. Tingginya rasio P:Ca dalam makanan akan meningkatkan sekresi hormon paratiroid (PTH). Aktivitas PTH mengaktifkan vitamin D, menyebabkan resorpsi tulang juga meningkat dan retensi kalsium oleh tubuli ginjal, hal ini merangsang penyerapan kalsium makanan dalam usus halus.

2) Vitamin D

Proses penyerapan kalsium dipengaruhi usia, masukan fosfat, kalsium dan vitamin D. Vitamin D dalam bentuk aktif $1,25(\text{OH})_2\text{D}_3$ merangsang absorpsi kalsium melalui langkah-langkah kompleks. Vitamin D meningkatkan absorpsi pada mukosa usus dengan cara merangsang produksi protein pengikat-pengikat kalsium. Vitamin D sendiri biasa dikenal sebagai vitamin D_3 atau kalsiferol. Vitamin D yang terdapat pada tumbuhan dikenal sebagai D_2 (ergo kalsiferol).³²

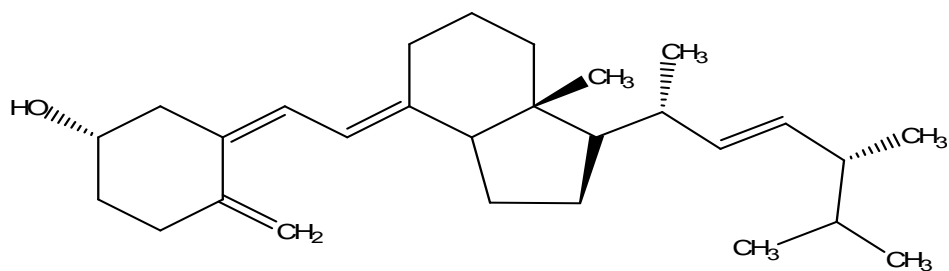
Rumus strukturnya dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3 berikut :³³

³⁰ Sunita Almatsier, *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*, hlm 235.

³¹ MC. Linder, *Biokimia Nutrisi dan Metabolisme dengan Pemakaian secara Klinis*, hlm. 233.

³² Whitney EN, Hamilton EMN, *Understanding Nutrition*, hlm 351.

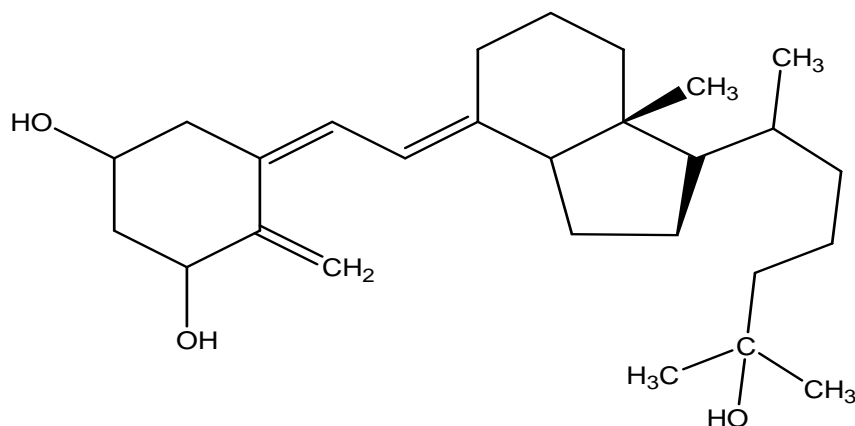
³³ Abdul Rohman dan Sumantri, *Analisis Makanan*, (Yogyakarta: Gadjah Mada University-Press, 2007). hlm. 132.



Struktur Vitamin D₂

Gambar 2. Rumus Struktur Vitamin D₂

Sumber : Analisis Makanan, Abdul Rohman dan Sumantri, 1979.



Struktur Vitamin D₃ / 1, 25 (OH)₂D₃

Gambar 3. Rumus Struktur Vitamin D₂

Sumber : Analisis Makanan, Abdul Rohman dan Sumantri, 1979.

Bentuk vitamin D yang paling aktif adalah kalsitriol yang 10 kali lebih aktif dari vitamin D₃. Bentuk aktif ini dibuat oleh ginjal. Kalsitriol pada usus halus meningkatkan absorpsi kalsium dan fosfor dan pada tulang meningkatkan absorpsi kalsium dan fosfor dan pada tulang meningkatkan mobilisasinya. Sintesis kalsitriol diatur oleh taraf kalsium dan fosfor dalam serum. Hormon PTH yang dikeluarkan bila kalsium dalam serum rendah, dan merupakan perantara yang merangsang produksi 1,25(OH)₂D₃ oleh ginjal.

Beberapa faktor dalam makanan dapat menurunkan atau meningkatkan absorpsi kalsium di dalam usus. Faktor dalam makanan yang meningkatkan absorpsi kalsium antara lain asam amino seperti lisin dan

arginin, laktosa dan vitamin D. Bahan makanan yang mengandung banyak oksalat dan fitat, berbagai bentuk serat makanan dan lemak jenuh dapat menurunkan absorpsi kalsium.

3) Protein

Protein berperan penting dalam penyerapan kalsium ke dalam mukosa usus karena transportasi kalsium melalui sel usus dapat terjadi melalui difusi yang menggunakan jasa protein pengikat kalsium yang mengantar kalsium sitoplasma eritrosit ke membran basal. Proses ini membutuhkan ATP dan kekurangan protein menyebabkan gangguan pada absorpsi dan transportasi zat-zat gizi.³⁴

Protein yang mendorong penyerapan kalsium berupa asam amino yaitu lisin dan arginin. Protein makanan dapat berpengaruh negatif terhadap ketersediaan biologis mineral jika mineral terperangkap dalam protein atau kompleks peptida yang resisten terhadap proteolisis. Situasinya serupa dengan kompleks mineral protein fitat yang tidak tercerna dengan baik, sehingga penyerapan mineral menurun.

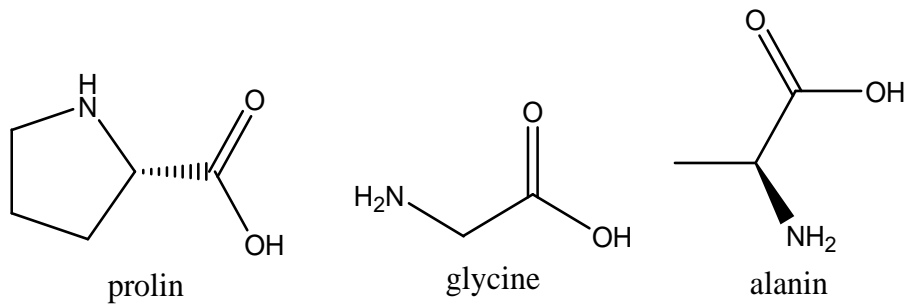
Protein pada tulang ikan sebagian besar terdiri dari kolagen yang sulit dicerna enzim pepsin dan pankreatin menjadi asam-asam amino. Kolagen adalah protein yang banyak terdapat pada jaringan tubuh, dapat ditemukan pada kulit, jaringan pengikat dan tulang, serta merupakan protein struktural tubuh.

Kolagen merupakan protein fibriler/skleroprotein yang struktur molekulnya serabut. Protein ini tidak larut dalam pelarut-pelarut encer baik larutan garam, asam, basa ataupun alkohol.³⁵ Kolagen, secara nutrisi bukanlah protein yang baik. Komposisi asam amino kolagen tidak ideal (terlalu banyak Prolin, Glysin, Alanin) selain itu kolagen pada kondisi alami sulit dicerna oleh tripsin dan kemotripsin. Kolagen

³⁴ Sunita Almatsier, *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*, hlm 97.

³⁵ F.G. Winarno, *Kimia Pangan dan Gizi* (Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2002), hlm. 61.

menjadi lebih mudah dicerna dalam bentuk yang sudah terdenaturasi. Struktur asam amino pada kolagen seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Struktur Prolin, Glysin, dan Alanin

Sumber : Analisis Makanan, Abdul Rohman dan Sumantri, 1979.

Pemanasan serat kolagen dalam air sampai 60°-70° C dapat memperpendek sampai 1/3-1/4 dari panjang asalnya. Jika suhu dinaikkan sampai 80°C, kolagen akan berubah menjadi gelatin.³⁶

4) Nilai pH

Kalsium membutuhkan pH 6 agar dapat berda dalam keadaan terlarut. Kalsium hanya bisa diabsorpsi bila terdapat bentuk larut dalam air dan tidak mengendap karena unsur makanan lain seperti oksalat.³⁷ Kelarutan merupakan syarat dalam penyerapan kalsium.

Kelarutan kalsium meningkat dalam lingkungan asam pada perut, tetapi ion terlarut akan bergabung kembali kemudian berpresipitasi dalam jejunum dan ileum, dimana pH-nya mendekati netral. Proses absorpsi kalsium dalam tubuh juga dipengaruhi oleh pH. Fosfor sulit dicerna pada pH > 6,5 dan baik diserap pada pH < 6 dimana nilai pH tersebut dapat dikontrol dengan cara tidak terlalu banyak memberikan kalsium.

5) Zat organik

Adanya zat organik yang dapat bergabung dengan kalsium dan membentuk garam yang tidak larut. Contoh dari senyawa tersebut adalah asam oksalat dan asam fitat. Asam oksalat dan kalsium membentuk

³⁶ John M. Deman, *Kimia Makanan*, terj. Kokasih Padmawinata, (Bandung: Penerbit ITB, 1997), hlm 147.

³⁷ Sunita Almatsier, *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*, hlm. 235.

garam yang tidak larut, yaitu kalsium oksalat.³⁸ Akibatnya mengendap di dalam rongga usus dan tidak dapat diserap ke dalam mukosa.

6) Serat makanan

Serat makanan merupakan komponen tanaman yang tidak dapat dicerna oleh enzim pencernaan manusia, termasuk didalamnya komponen dinding sel tumbuhan (selulosa, hemiselulosa, pektin, dan lignin) dan polisakarida intraseluler seperti gum dan musilage. Pengaruh dari serat makanan terhadap ketersediaan biologis kalsium masih diperdebatkan karena penelitian *in vivo* yang tidak konsisten.

Berdasarkan jenis kelarutannya, serat dibagi menjadi 2, yaitu serat larut air dan serat tidak larut air. Serat larut air dapat mengikat air dan menciptakan larutan viskos dalam saluran pencernaan sehingga menyebabkan perlambatan pengosongan perut dari makanan, menghalangi pencampuran makanan dengan enzim, mengurangi fungsi enzim, mengurangi tingkat difusi nutrisi sehingga melalui mekanisme ini kalsium sulit terserap mukosa usus.

Serat tidak larut menghalangi lebih banyak kalsium daripada serat larut, meningkatkan waktu transit bahan pangan selama di usus sehingga mengurangi waktu penyerapan kalsium. Selanjutnya, serat tidak larut akan otomatis mengurangi kesempatan kerja enzim.³⁹

7) Faktor lain

Aktifitas fisik berpengaruh baik terhadap absorpsi kalsium. Laktosa meningkatkan absorpsi bila tersedia cukup enzim laktase. Sebaliknya, bila terdapat defisiensi laktase, laktosa mencegah absorpsi kalsium, akan tetapi diluar kehamilan masih diragukan apakah laktosa masih dapat meningkatkan penyerapan kalsium. Lemak meningkatkan waktu

³⁸ F.G. Winarno, *Kimia Pangan dan Gizi*, hlm.155.

³⁹ Mulia, "Kajian Potensi Limbah Tulang Ikan Patin (*Pangaius sp.*) sebagai Alternatif Sumber Kalsium Dalam Produk Mie Kering", hlm 12-13.

transit makanan melalui saluran pencernaan dengan demikian memberi waktu lebih banyak absorpsi kalsium.⁴⁰

f. Analisis Kalsium

Analisis kalsium yang digunakan adalah SSA (spektroskopi serapan atom). SSA digunakan untuk analisis kuantitatif unsur-unsur logam dalam jumlah kelumit (*trace*) dan ultra kelumit (*ultratrace*). Cara analisis ini memberikan kadar total unsur logam dalam suatu cuplikan dan tidak tergantung pada bentuk molekul dari logam dalam cuplikan tersebut.

Prinsip penetapan kadar mineral dengan SSA adalah setelah bahan organik dalam sampel dimusnahkan dengan pengabuan kering atau pengabuan basah, sisa abu dilarutkan dalam asam encer. Logam yang diatomisasi dalam nyala akan menyerap energi tertentu yang diemisikan oleh lampu katoda. Jumlah energi terserap oleh logam sebanding dengan konsentrasi mineral dalam sampel. Logam Ca berada pada panjang gelombang 422.7 nm.⁴¹

5. Susu Kedelai

Susu kedelai merupakan minuman bergizi tinggi dan sejak abad ke-2 sebelum masehi sudah dibuat di Cina. Dari Cina kemudian berkembang ke Jepang dan setelah Perang Dunia ke-II berkembang ke negara-negara ASEAN. Perkembangan susu kedelai di Indonesia sampai saat ini masih jauh ketinggalan dibandingkan dengan Singapura, Malaysia dan Phillipina. Di Malaysia dan Phillipina sejak tahun 1952 telah dikembangkan susu kedelai dengan nama dagang "*Vitabean*" yang telah diperkaya dengan vitamin dan mineral. Di Phillipina juga dikenal susu kedelai dengan nama "*Philsoy*".

Susu kedelai adalah produk seperti susu sapi, tetapi dibuat dari ekstrak kedelai. Susu kedelai diperoleh dengan cara penggilingan biji kedelai yang telah direndam dalam air. Hasil penggilingan kemudian disaring untuk memperoleh filtrat atau cairan susu kedelai, yang kemudian dididihkan dan diberi bumbu, biasanya berupa gula dan essen untuk meningkatkan rasanya.

⁴⁰ Sunita Almatsier, *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*, hlm 236.

⁴¹ Abdul Rohman dan Sumantri, *Analisis Makanan*, hlm. 207-213.

Bahan baku susu kedelai yang berupa kacang kedelai ini, termasuk famili *Leguminose*, subfamili *Papilionaceae* dan genus *Glycine L.* Spesiesnya adalah *Glycine max L. MERR.* Kedelai merupakan salah satu komoditi pertanian yang sangat ekonomis dan bernilai karena keunikan komposisi kimianya. Kandungan tertinggi kedelai berupa protein yang hampir 40% diantara bahan makanan lain. Komposisi asam amino esensial dalam kacang kedelai dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Komposisi Asam Amino Esensial Kacang Kedelai

Asam Amino	Jumlah (mg/g Protein)
Isoleusin	51,58
Leusin	81,69
Lisin	68,37
Metionin	10,70
Fenilalanin	56,29
Treonin	41,94
Triptofan	12,73
Valin	54,27

Sumber : Liu (1997)

Protein kedelai tidak mengandung gliadin maupun glutein, akibatnya tidak mempunyai sifat seperti protein pada gandum yang cenderung lengket dan mudah menggumpal. Hal ini baik sekali untuk produk susu karena pada suhu yang relatif tinggi protein kedelai tidak akan terkoagulan. Protein kedelai kelarutannya relatif tinggi dalam air atau dalam garam encer pada pH dibawah atau diatas titik isoelektriknya.⁴² Selain mengandung asam amino yang cukup lengkap kedelai mempunyai kandungan nutrisi seperti pada Tabel 6:

Tabel 6. Komposisi Nutrisi Kacang Kedelai per 100 g Bahan

Komponen	Jumlah
(satuan)	
Kalori (Kal)	331,00
Protein (g)	34,90

⁴² John M. Deman, *Kimia Makanan*, hlm 147.

Komponen (satuan)	Jumlah
Lemak (g)	18,10
Kalsium (g)	0,23
Fosfor (g)	0,58
Air (g)	7,50

Sumber: Direktorat Gizi Kesehatan RI (1989)

Kacang kedelai memiliki beberapa faktor antinutrisi yaitu fitat dan tripsin inhibitor yang dapat menghambat penyerapan gizi, fitat memiliki kemampuan membentuk kompleks dengan ion logam seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , dan Fe^{3+} sehingga menyebabkan mineral-mineral tersebut tidak larut dan sulit diserap oleh tubuh. Sementara itu, tripsin inhibitor dapat menghambat proses penyerapan protein.

Perendaman dan perlakuan panas dapat memperbaiki kualitas kacang-kacangan. Perendaman menghilangkan beberapa antinutrisi sebagian atau seluruhnya. Aktivitas tripsin inhibitor, persentase asam fitat, persentase tanin dalam kacang kedelai dipengaruhi oleh lamanya pemasakan, dan perendaman dengan air dan sodium bikarbonat menurunkan aktivitas tripsin inhibitor sebanyak 100 %.

Pada dasarnya, susu kedelai adalah ekstrak air dari kacang kedelai yang mirip dengan produk susu pada penampakan dan komposisinya.⁴³ Komposisi susu kedelai dan susu sapi disajikan pada Tabel.7.

Tabel 7. Komposisi Nutrisi Susu Kedelai Cair, Susu Sapi, dan Tepung Susu Sapi per 100 g Bahan

Komponen (satuan)	Susu Kedelai Cair		Susu Sapi		Tepung Susu Sapi	
	BB	BK	BB	BK	BB	BK
Energi (Kal)	41,00	-	61,00	-	509,00	-

⁴³ Dinda Apriliani Wulandari, "Fortifikasi Tepung Tulang Rawan Ayam Pedaging Pada Pembuatan Susu Kedelai Sebagai Sumber Kalsium", (Skripsi), (Bogor : Institut Pertanian Bogor, 2004) hlm. 6.

Komponen (satuan)	Susu Kedelai Cair		Susu Sapi		Tepung Susu Sapi	
	BB	BK	BB	BK	BB	BK
Protein (g)	3,50	26,92	3,20	27,35	24,60	25,49
Lemak (g)	2,50	19,23	3,50	29,91	30,00	31,09
Kalsium (g)	0,05	0,38	0,14	1,20	0,90	0,93
Fosfor (g)	0,04	0,31	0,06	0,51	0,69	0,71
Air (g)	87,00	-	88,30	-	3,50	-

Sumber: Direktorat Gizi Kesehatan RI (1989)

Jika dibanding dengan tepung susu yang kandungan proteinnya 25,49 g (BK). Kandungan protein susu kedelai cair lebih tinggi tetapi kandungan lemak, kalsium dan fosfornya lebih rendah. Kandungan kalsium dan fosfor susu kedelai cair lebih rendah dari kalsium dan fosfor tepung susu. Kandungan susu kedelai hanya sepertiga kalsium susu sapi.

Protein susu kedelai dapat digunakan sebagai pengganti susu sapi bagi mereka yang alergi terhadap laktosa (*lactose intolerance*) atau bagi mereka yang tidak menyukai susu sapi. Untuk memperoleh susu kedelai yang baik dan layak dikonsumsi manusia, diperlukan persyaratan bebas dari bau dan rasa langu kedelai, bebas antitripsin, dan mempunyai stabilitas koloid yang mantap.⁴⁴

Untuk balita dua gelas susu kedelai sudah dapat memenuhi 30% kebutuhan protein sehari. Dibandingkan dengan susu sapi, komposisi asam amino dalam protein susu kedelai kekurangan jumlah asam amino metionin dan sistein. Tetapi, karena kandungan asam amino lisin yang cukup tinggi, maka susu kedelai dapat meningkatkan nilai gizi protein dari nasi dan makanan sereal lainnya.⁴⁵

6. Pembuatan Susu Kedelai

Pembuatan susu kedelai cair pada umumnya melibatkan perlakuan panas dari kacang kedelai, pengelupasan kulit, penggilingan, suspensi dalam air,

⁴⁴ Santoso, "Teknologi Pengolahan Kedelai" , (Malang: Universitas Widyagama, 2005), hlm 2.

⁴⁵ Koswara Sutrisno, "Susu Kedelai Tak Kalah dari Susu Sapi" , (Bogor: IPB, 2006) diakses dari ebookpangan.com 21/03/2011 16:34.

perebusan, dan fase sampai menyerupai susu. Hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan susu kedelai adalah:

- a. Varietas kedelai
- b. Pengelupasan kulit
- c. Perendaman
- d. Penggilingan
- e. Jumlah air yang ditambahkan
- f. Suhu dan pemanasan
- g. Proses ekstraksi

Varietas kedelai selain mempengaruhi komposisi juga mempengaruhi karakteristik dari produk yang dihasilkan meliputi *flavor*, rasa, dan warna. Pengelupasan kulit kedelai dalam pembuatan susu kedelai menimbulkan *flavor* kapur (*chalky flavor*), sedangkan tanpa pengelupasan kulit menghasilkan *flavor* lebih baik.

Pengaruh pengelupasan kulit juga cukup besar karena dapat merusak kotiledon dan cenderung melepaskan enzim oksidatif seperti lipoksigenase dan substratnya. Enzim tersebut menjadi aktif selama perendaman sehingga menurunkan kualitas *flavor* pada produk akhir. Sedangkan keuntungan dari perendaman adalah mengurangi tenaga yang digunakan dalam penggilingan, menghilangkan beberapa oligosakarida, mengurangi waktu untuk memasak dan meningkatkan hasil.

Pada proses perebusan biasanya ditambahkan sodium bikarbonat untuk mengurangi bau langu yang dihasilkan, menghilangkan oligosakarida dan mempercepat waktu memasak. Penggilingan bertujuan untuk merusak lapisan pada kedelai baik seluler ataupun subseluler, membuat protein, lemak, dan padatan lainnya larut terdispersi di dalam air. Penggilingan dilakukan dengan penambahan air mendidih dengan tujuan untuk menginaktifkan enzim lipoksigenase.

Jumlah air yang ditambahkan akan mempengaruhi kualitas susu kedelai. Kualitas gizi dari produk kedelai ditentukan oleh kuantitas dan kualitas asam

amino dan keseimbangannya serta kondisi selama proses pengolahannya. Selama pembuatan susu kedelai minimal dilakukan satu kali pemanasan, tujuannya adalah:

- a. Menginaktifkan zat antinutrisi seperti tripsin inhibitor dan lektin (protein pengikat karbohidrat).
- b. Mendenaturasi protein sehingga lebih mudah dicerna.
- c. Meningkatkan daya simpan produk dengan membunuh mikroba.
- d. Memperlancar ekstraksi susu kedelai dari bubur kedelai.
- e. Menginaktifkan enzim lipoksigenase sehingga oksidasi lemak dan *flavor* langu yang dihasilkan dapat minimal.

Perlakuan panas juga dapat membantu stabilitas emulsi susu kedelai. Suhu pemanasan 100 °C selama 14-30 menit dapat menginaktifkan 80%-90% tripsin inhibitor.⁴⁶

7. *Lactose Intolerance*

Susu sapi maupun ASI mengandung gula khusus yang disebut laktosa. Jenis gula ini hanya terdapat di dalam susu. Banyak bayi dan orang dewasa yang tidak tahan terhadap laktosa. Disaluran pencernaan laktosa dipecah menghasilkan glukosa dan galaktosa oleh enzim laktase.

Pada sebagian bayi dan orang dewasa terdapat kelainan bawaan sejak lahir, dimana sekresi laktase tidak mencukupi atau tidak dihasilkan sama sekali. Maka laktosanya tidak dapat dicerna dan zat ini dalam konsentrasi cukup besar bersifat sebagai laksans (urus-urus) sehingga terjadi diare. Kondisi ini disebut *lactose intolerance*.⁴⁷

Intoleransi laktosa terjadi karena tidak adanya laktosa pada *brush border* usus kecil sehingga laktosa tidak dapat dipecah menjadi heksose-heksose penyusunnya dan tidak dapat diserap. Laktosa susu sapi yang lolos ke usus besar akan dicerna oleh jasad renik yang ada di sana. Akhirnya laktosa tersebut menjadi media (zat) makanan untuk bakteri intestin yang menghasilkan sejumlah besar

⁴⁶ Dinda Apriliani Wulandari, “*Fortifikasi Tepung Tulang Rawan Ayam Pedaging Pada Pembuatan Susu Kedelai Sebagai Sumber Kalsium*”, hlm. 8.

⁴⁷ Achmad Djaeni Sediaoetama, *Ilmu Gizi*, (Jakarta: PT. Dian Rakyat, 2004), hlm. 134.

metana (CH₄), CO₂ dan bahkan gas H₂, menyebabkan gembung (*flatulance*) dan hal-hal yang menyebabkan rasa kurang enak pada perut. Laktosa dan metabolit-metabolit yang dihasilkan oleh bakteri tertangkap dan secara osmotik, air mengalir ke dalam lumen intestin sehingga dapat terjadi kejang (*cramp*) dan diare.⁴⁸

Orang yang tidak toleran terhadap laktosa akan menderita diare tiap kali minum susu sapi. Umumnya, mereka orang dewasa yang tidak minum susu pada waktu masih kecil. Karenanya, penderita kebanyakan berasal dari kawasan Asia, Afrika, Amerika Latin, dan negara-negara berkembang. Terapi kondisi ini ialah memberikan susu rendah laktosa (*LLM-low lactose milk*) atau dengan menggantikan susu oleh susu tiruan yang dibuat dari kacang kedelai (*soybean milk*). Di Indonesia, penelitian di Jakarta dan di Yogyakarta menemukan frekuensi penderita Intoleransi laktosa cukup tinggi sekitar 24-70%.⁴⁹

C. Rumusan Hipotesis

Berdasarkan deskripsi teoritis dan kerangka berpikir, maka hipotesis penelitian yang diajukan adalah:

Ho : Tidak ada pengaruh peningkatan kadar kalsium pada susu kedelai setelah dilakukan penambahan tepung tulang ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) dengan metode deproteinasi.

Ha : Ada pengaruh peningkatan kadar kalsium pada susu kedelai setelah dilakukan penambahan tepung tulang ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) dengan metode deproteinasi.

⁴⁸ MC. Linder, *Biokimia Nutrisi dan Metabolisme dengan Pemakaian secara Klinis*, hlm. 50.

⁴⁹ Zainal Arifin N.A., “ *Intoleransi Terhadap Air Susu Sapi (Milk Intolerance)* ”, *Jurnal Berkala Ilmu Kedokteran*, UGM (vol. IX, No.2,2006), hlm 34.