

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Pembuatan Tepung Tulang Ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*)

Dari pembuatan tepung tulang ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) didapatkan rendemen sekitar 12,6 % dari jumlah keseluruhan limbah tulang ikan kuniran yang digunakan. Sekitar 378 gram berat keringnya dari 3000 gram berat basah tepung tulang ikan Kuniran. Warna tepung tulang ikan yang dihasilkan berwarna putih agak kecoklatan dengan tekstur kristal lembut dan berbau agak tajam .

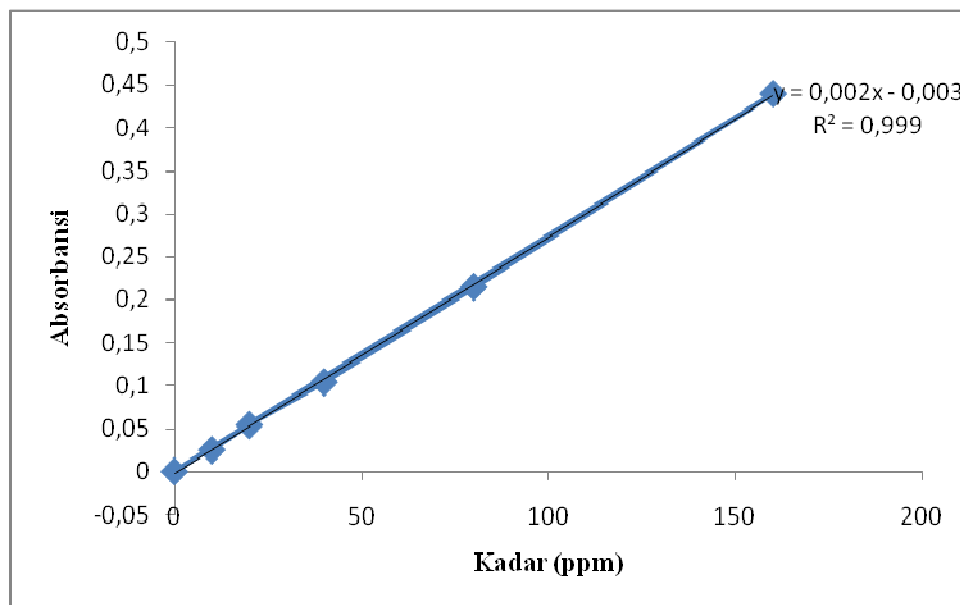
2. Uji Kalsium Tepung Tulang Ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*)

Uji kuantitatif tepung tulang ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) diawali dengan membuat kurva larutan standar kalsium yang diperoleh dengan cara mengukur absorbansi dari larutan standar kalsium dengan berbagai konsentrasi pada panjang gelombang 422,7 nm dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (AAS). Uji kalsium tulang ikan ini dilakukan pada tanggal 8 Pebruari 2012 bertempat di Balai Laboratorium Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah. Data larutan standar dan absorbansinya dapat dilihat pada Tabel 9. berikut:

Tabel 9. Data Larutan Standar Kalsium dan Absorbansinya.

No.	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
1	10,00	0,025
2	20,00	0,054
3	40,00	0,104
4	80,00	0,215
5	160,00	0,44

Dari tabel diatas maka diperoleh kurva kalibrasi larutan standar Kalsium seperti pada Gambar 7. berikut:



Gambar 7. Kurva Kalibrasi Kalsium

Keterangan:

- Calibration Curve Slope* : **0,00276**
- Calibration Curve Intercept* : **0,00379**
- Calibration Curve Correlation Coefficient* : **0,999**
- Calibration Curve Type* : **Linier, Calculated Intercept**

Berdasarkan kurva larutan standar kalsium pada Gambar 7. di atas, diperoleh adanya hubungan yang linier antara absorbansi dan konsentrasi dengan persamaan garis linier $Y = 0,0276x - 0,00379$ dan nilai koefisien korelasi (r) sebesar 0,999 sehingga dengan meningkatnya konsentrasi maka absorbansi juga akan meningkat. Hal ini berarti terdapat 99,9 % data yang memiliki hubungan linier.⁵²

Absorbansi sampel, tidak boleh kurang dari absorbansi baku terendah yaitu 0,00379 ppm, dan tidak boleh lebih dari absorbansi tertinggi yaitu 0,00276 ppm. Hasil uji kuantitatif kadar kalsium (Ca) tepung tulang ikan Kuniran *Upeneus moluccensis*, menggunakan metode spektrofotometer serapan atom (AAS) adalah sebesar 158302,9 ppm atau sekitar 15,8 %.

⁵² Sudjana, *Metode Statistika*, (Jakarta: Tarsito, 1996, Cet, 6) hlm 251.

3. Pembuatan Susu Kedelai

Pembuatan susu kedelai dilakukan dengan cara membubukkan kedelai putih yang telah disortir (agar kualitas susu baik dan tidak pahit). Untuk menghilangkan rasa langu, kedelai harus disangrai terlebih dahulu dengan suhu 60-80 °C selama 15-30 menit, hal ini dilakukan juga untuk mengurangi kadar air pada susu kedelai. Dari 2 kg kedelai didapatkan rendemen 1678 gram atau sekitar 83,9%.

Fortifikasi kalsium dilakukan dengan penambahan tepung tulang ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) kedalam susu kedelai bubuk yang sudah dibuat terlebih dahulu. Banyaknya kalsium tepung tulang ikan yang ditambahkan berdasarkan pada AKG untuk kalsium 1200 mg/ hari.⁵³

Banyaknya tepung tulang ikan yang ditambahkan sesuai dengan ketentuan pelabelan pada penelitian Dongoran (2001) diacu dalam Dinda (2004) bahwa produk dengan klaim tinggi kandungan zat gizi tertentu harus mengandung zat gizi tersebut minimal 20% dari angka kecukupan zat gizi pertakaran saji. Takaran penyajian susu kedelai pada penelitian Dongoran (2001) diacu dalam Dinda (2004) yaitu 240 mL per takaran penyajian. Sedangkan untuk penyajian dalam bentuk bubuk adalah sebesar 27 gram.⁵⁴

Presentase tepung tulang ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) yang ditambahkan setara dengan 0% (kontrol), 20% (240 mg kalsium), 40% (480 mg kalsium), 80% (960 mg kalsium) dari angka kecukupan kalsium (1200 mg/hari) per 240 mL susu kedelai. Banyaknya tepung tulang ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) yang ditambahkan setara dengan 0%, 20%, 40%, dan 80% dengan kadar kalsium 15,8% (hasil penelitian tanggal 8 Pebruari 2012) adalah 0 g; 1,518 g; 3,037 g; dan 6,075 g (lihat Tabel 8).

4. Uji Kalsium Susu Kedelai

Hasil pembuatan susu kedelai fortifikasi kalsium dengan menggunakan limbah tulang ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) selanjutnya diuji kadar

⁵³ Prof. Dr. Ir Deddy Muchtadi, MS., “Konsep Keamanan Fortifikasi Pangan”, hlm 48-50.

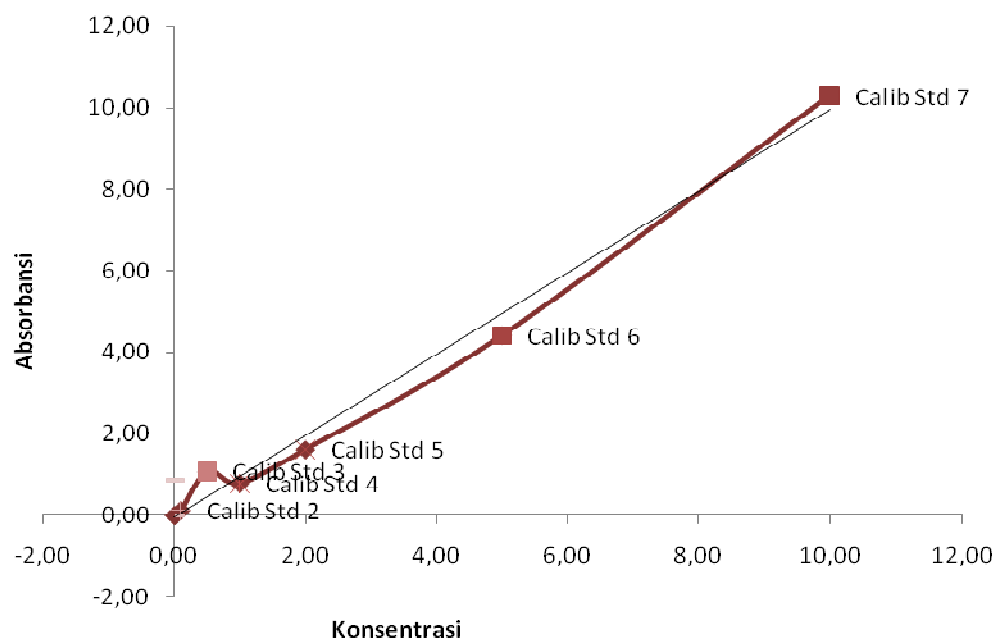
⁵⁴ Dinda Apriliani Wulandari, “Fortifikasi Tepung Tulang Rawan Ayam Pedaging Pada Pembuatan Susu Kedelai Sebagai Sumber Kalsium”, hlm 21.

kalsiumnya. Pengujian dilakukan pada tanggal 6 Maret 2012 di Laboratorium Aneka Komoditi Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri Semarang.

Hasil penelitian didapatkan kurva kalibrasi kalsium pada Gambar 8 diperoleh dengan cara mengukur absorbansi dari larutan standar kalsium dengan berbagai konsentrasi pada panjang gelombang 422,7 nm menggunakan alat spektrofotometer serapan atom (AAS). Data larutan standar dan absorbansinya terdapat pada Tabel 10 dibawah ini:

Tabel 10. Data Larutan Standar Kalsium dan Absorbansinya

No	Standard ID	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
1	Blank	0,00	0,00
2	Calib Std 1	0,01	-0,01
3	Calib Std 2	0,10	0,12
4	Calib Std 3	0,50	1,07
5	Calib Std 4	1,00	0,78
6	Calib Std 5	2,00	1,61
7	Calib Std 6	5,00	4,41
8	Calib Std 7	10,00	10,29



Gambar 8. Kurva Kalibrasi Kalsium

Keterangan:

Calibration Curve Slope : 0,001102

Calibration Curve Intercept : 0,00039

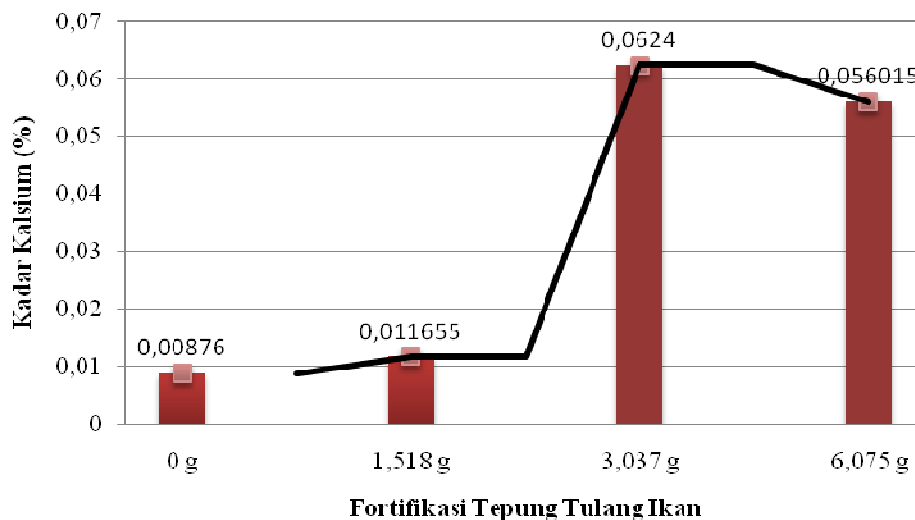
Calibration Curve Correlation Coefficient : 0,9995445

Calibration Curve Type : **Linier, Calculated Intercept**

Hasil pemeriksaan kalsium susu kedelai dengan variasi fortifikasi yang dilakukan di laboratorium BBTPPI dengan menggunakan metode spektrofotometer serapan atom (AAS) dapat dilihat pada Tabel 11, dan jika digambarkan dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 9 berikut:

Tabel 11. Data Kadar Kalsium Susu Kedelai

Perlakuan (g/240 ml)	Ulangan	Kadar Kalsium mg/100g	Kadar Kalsium (%)	Rata-rata (%)
0 (kontrol)	1	8,755	0,00875	0,00876
	2	8,778	0,00877	
20% AKG	1	11,699	0,01169	0,01165
	2	11,621	0,01162	
40 % AKG	1	62,891	0,06289	0,06249
	2	62,091	0,06209	
80 % AKG	1	55,315	0,05531	0,05601
	2	56,724	0,05672	



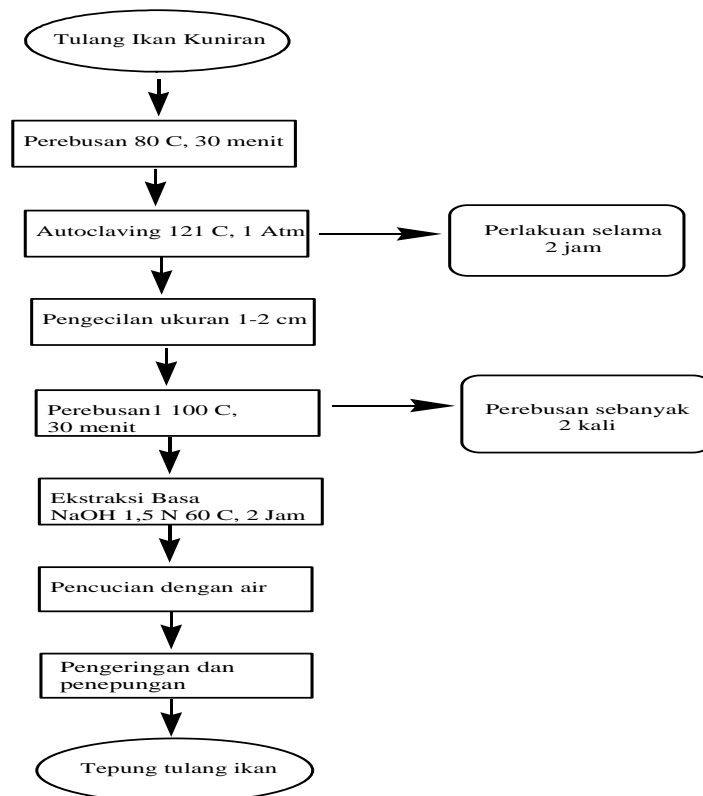
Gambar 9. Kadar Kalsium Susu Kedelai Kontrol dan Terfortifikasi

B. Pembahasan

Penelitian ini dilakukan menjadi 3 tahap yaitu tahap pertama pembuatan tepung tulang ikan, tahap kedua pembuatan susu kedelai dengan fortifikasi kalsium dengan variasi 0 % kontrol; 20 %; 40%; dan 80% dari angka kecukupan gizi (AKG) kalsium 1200 mg/hari. Tahap terakhir adalah tahap analisis kadar kalsium pada produk susu kedelai hasil fortifikasi limbah tulang ikan.

1. Pembuatan Tepung Tulang Ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*)

Limbah tulang ikan yang dapat dimanfaatkan yaitu limbah tulang ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) karena ketersediaannya di daerah peneliti sangat banyak. Pemanfaatan limbah tulang ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) harus melalui proses penepungan terlebih dahulu sebelum digunakan untuk fortifikasi kalsium susu kedelai pada bagan alur seperti pada Gambar 10 dibawah ini modifikasi bagan alur Muhammad Nabil (2005):⁵⁵



Gambar 10. Bagan Alur Proses Pembuatan Tepung Tulang Ikan

⁵⁵ Muhammad Nabil , “Pemanfaatan Limbah Tulang Ikan Tuna (*Thunnus sp.*) sebagai Sumber Kalsium dengan Metode Hidrolisis Protein”, hlm. 26.

Pembuatan tepung tulang ikan ini dengan metode deproteinasi. Deproteinasi adalah proses pelepasan protein dari ikatannya. Protein yang terikat secara kovalen dapat didegradasi dengan perlakuan kimia yaitu pelarutan dengan larutan basa kuat atau perlakuan biologis.

Prinsip penghilangan protein dari suatu bahan dapat dilakukan dengan cara hidrolisis menggunakan pelarut tertentu. Protein akan terhidrolisis apabila dicampur dengan asam atau alkali kuat atau enzim proteolitik melalui proses pemecahan protein secara bertahap menjadi molekul-molekul peptida dan asam-asam amino.⁵⁶

Reaksi hidrolisis dapat dibagi menjadi beberapa tipe, salah satunya hidrolisis dengan larutan alkali. Larutan alkali yang digunakan adalah NaOH. Penggunaan larutan alkali lebih menguntungkan daripada larutan asam karena kelarutan dan hasil ekstraksi lebih tinggi. Hal ini disebabkan karena jumlah gugus yang bermuatan negatif lebih banyak daripada jumlah gugus yang bermuatan positif, dengan demikian reaksi antara protein dan NaOH membentuk ester semakin sempurna sehingga protein yang dapat dihilangkan semakin besar. Pemisahan kalsium dapat pula dilakukan dengan cara pembakaran, tetapi dapat menimbulkan polusi terhadap lingkungan akibat dari gas pembakaran selain itu bahan organik yang terkandung dalam bahan tidak dapat dimanfaatkan kembali karena hilang akibat proses pembakaran.⁵⁷

Pada proses pembuatan tepung tulang ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*), dari 3 Kilogram berat basah tulang ikan Kuniran limbah ini didapatkan rendemen 12,6% atau 378 gram berat kering dengan kadar kalsium sebanyak 15,8%. Kandungan ini diatas kandungan kalsium tepung tulang ikan yang diproduksi sebuah perusahaan di Amerika, *International Seafood of Alaska* (ISA, 2001), yaitu 11,9 % (dapat dilihat pada Tabel 2).

⁵⁶ Ralp J. Fessenden dan Joan S, Fessenden, *Kimia Organik Jilid 2*, (Jakarta: Erlangga, 1986), hlm 399-400.

⁵⁷ Muhammad Nabil, "Pemanfaatan Limbah Tulang Ikan Tuna (*Thunnus sp.*) sebagai Sumber Kalsium dengan Metode Hidrolisis Protein", hlm 14.

Perbedaan kandungan kalsium diduga sebagai akibat perbedaan jenis ikan. Karena kandungan kalsium pada ikan bergantung pada spesies, jenis kelamin, siklus biologis, dan bagian tubuh ikan yang dianalisis. Kandungan mineral juga bergantung pada faktor ekologis seperti musim, tempat pembesaran, jumlah nutrisi tersedia, suhu dan salinitas air.⁵⁸

Berdasarkan hal ini, tidak hanya perbedaan kandungan tepung tulang ikan dari dua sumber yang berbeda saja yang dapat dipahami, tetapi juga tepung tulang ikan dari sumber yang sama dapat memiliki variasi kandungan kalsium besar karena konsistensi beberapa faktor lain yang tidak dapat dikontrol sehingga angkanya bervariasi. Penelitian Muhammad Nabil dari satu sumber ikan didapatkan beberapa variasi kandungan kalsiumnya. (Muhammad Nabil, 2005).

Data hasil uji kadar kalsium tulang ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) dapat dilihat pada **Lampiran 1** dan **2**. Tepung tulang ikan berwarna coklat keputihan dan berupa kristal bertekstur lembut dengan bau sedikit tajam.

2. Pembuatan Susu Kedelai

Penelitian selanjutnya adalah pembuatan susu kedelai dengan fortifikasi kalsium. Kedelai sebanyak 2 Kg dibersihkan terlebih dahulu dibuang biji-biji yang kurang bagus, kemudian dicuci dengan air bersih. Setelah dicuci kedelai disangrai dengan suhu 60-80 °C selama 15-30 menit. Tujuannya agar kadar air pada kedelai berkurang dan menginaktifkan enzim-enzim yang merugikan pada kedelai, sehingga menimbulkan bau langu pada susu kedelai nantinya. Proses selanjutnya adalah proses penepungan. Setelah ditepungkan susu kedelai di ayak agar teksturnya homogen dan lebih lembut. Rendemen yang didapatkan 1678 gram atau sekitar 83,9%.

Fortifikasi kalsium dilakukan dengan penambahan tepung tulang ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) kedalam susu kedelai bubuk yang sudah dibuat

⁵⁸ Mulia, "Kajian Potensi Limbah Tulang Ikan Patin (*Pangaius sp.*) sebagai Alternatif Sumber Kalsium Dalam Produk Mie Kering", hlm 51.

terlebih dahulu. Banyaknya kalsium tepung tulang ikan yang ditambahkan berdasarkan pada AKG untuk kalsium 1200 mg/ hari.⁵⁹

Banyaknya tepung tulang ikan yang ditambahkan sesuai dengan ketentuan pelabelan pada penelitian Dongoran (2001) diacu dalam Dinda (2004) bahwa produk dengan klaim tinggi kandungan zat gizi tertentu harus mengandung zat gizi tersebut minimal 20% dari angka kecukupan zat gizi pertakaran saji. Takaran penyajian susu kedelai pada penelitian Dongoran (2001) diacu dalam Dinda (2004) yaitu 240 mL per takaran penyajian. Sedangkan untuk penyajian dalam bentuk bubuk adalah sebesar 27 gram.⁶⁰

Presentase tepung tulang ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) yang ditambahkan setara dengan 0% (kontrol), 20% (240 mg kalsium), 40% (480 mg kalsium), 80% (960 mg kalsium) dari angka kecukupan kalsium (1200 mg/hari) per 240 mL susu kedelai. Banyaknya tepung tulang ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) yang ditambahkan setara dengan 0%, 20%, 40%, dan 80% dengan kadar kalsium 15,8% (hasil penelitian tanggal 8 Pebruari 2012) adalah 0 g; 1,518 g; 3,037 g; dan 6,075 g . Disajikan dalam Tabel 12 dibawah sebagai berikut:

Tabel 12. Kesetaraan Penambahan Kalsium Tepung Tulang Ikan dengan Tepung Tulang Ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) yang Dibutuhkan pada Setiap 240 mL Susu Kedelai Cair

Perlakuan	Penambahan Kalsium % AKG	Tepung Tulang Ikan yang Dibutuhkan (g)
A	0 %	0
B	20 %	1,518
C	40 %	3,037
D	80 %	6,075

⁵⁹ Linda Houtkooper dan Vanessa A. Farrell, “*Calcium Supplement Guidelines*” dalam Arizona Cooperative Extension Az 1042, Januari 2011, hlm 1.

⁶⁰ Dinda Apriliani Wulandari, “*Fortifikasi Tepung Tulang Rawan Ayam Pedaging Pada Pembuatan Susu Kedelai Sebagai Sumber Kalsium*”, hlm 21.

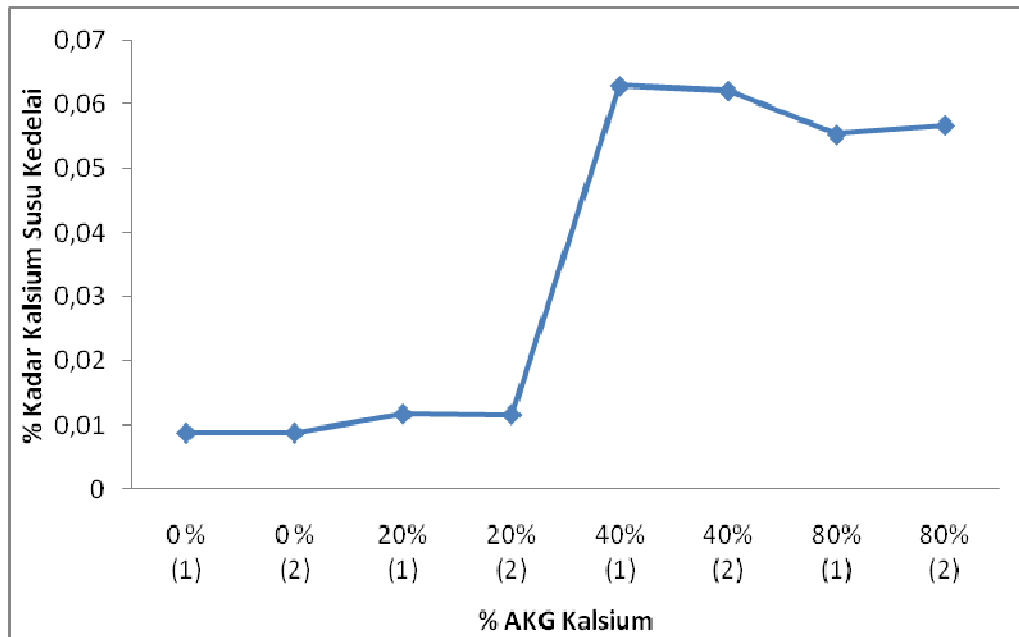
3. Uji Kalsium Susu Kedelai

Tahap terakhir penelitian adalah analisis secara kimiawi. Analisis kimiawi yang dilakukan adalah analisis kadar kalsium. Analisis kadar kalsium dilakukan di laboratorium aneka komoditi Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri (BBTPPI) Semarang pada tanggal 6 Maret 2012. Tempat ini dipilih karena sesuai dengan standar yang ada untuk melakukan penelitian sampel susu kedelai. Penentuan kadar kalsium ini menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometric* (AAS). Analisis data hasil penelitian ini dengan menggunakan rancangan percobaan rancang acak lengkap (RAL) pola searah dengan pengulangan sebanyak 2 kali ulangan dengan uji lanjut Tukey. Data diolah dengan menggunakan *Ms. Excel* dan SPSS 16.

Hasil analisis varian menunjukkan bahwa fortifikasi tepung tulang ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) memberikan pengaruh yang sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap kadar kalsium susu kedelai yang dihasilkan. Hasil analisis varian kadar kalsium susu kedelai menunjukkan bahwa susu kedelai dengan fortifikasi tepung tulang ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) mempunyai kandungan kalsium yang lebih tinggi jika dibanding dengan susu kedelai bubuk tanpa fortifikasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Winarno (1997) bahwa sebagian besar kalsium berkumpul atau terkonsentrasi pada tulang dan gigi.⁶¹ Pernyataan tadi menunjukkan bahwa sebagian banyak fortifikasi kalsium tepung tulang ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) maka kadar kalsium susu kedelai semakin tinggi.

Berdasarkan nilai rata-rata kadar kalsium susu kedelai bubuk perlakuan tinggi (6,075 g tepung tulang ikan Kuniran) mengandung hampir enam kali lipat kalsium dari perlakuan kontrol (0 g tepung ikan Kuniran). Nilai rata-rata kadar kalsium susu kedelai bubuk dengan fortifikasi tepung tulang ikan Kuniran (*Upeneus moluccensis*) yang dihasilkan berkisar antara 8,75 mg/100g – 62,89 mg/ 100g. Data dapat dilihat pada **Lampiran 3**. Disajikan dalam Gambar 11 sebagai berikut:

⁶¹ F.G. Winarno, *Kimia Pangan dan Gizi*, hlm 154.



Gambar 11. Grafik Tingkat Fortifikasi terhadap Kadar Kalsium

Kadar kalsium susu kedelai setelah difortifikasi lebih besar dari kadar kalsium ASI (Air Susu Ibu) menurut Departemen Kesehatan RI (1964) yaitu sebesar 30 mg/ 100g. Kadar kalsium ini lebih kecil jika dibanding dengan tepung susu sapi dan susu sapi segar menurut Departemen Kesehatan RI (1974) yaitu sebesar 904 mg/100 g dan 143 mg/100 g.⁶² Contoh kadar kalsium beberapa makanan dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. 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

⁶² Sunita Almatier, *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*, hlm 242.

Bahan Makanan	Mg	Bahan Makanan	Mg
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
ASI	30	Kentang	11
Tempe kacang kedelai	129	Jagung kuning, pipil	10

Sumber : Daftar Komposisi Bahan Makanan, Depkes, 1979.

Kadar kalsium yang tinggi dalam tepung tulang ikan Kuniran disebabkan karena dalam tulang terdapat matrik-matrik anorganik yang terdiri dari kristal-kristal kalsium. Kristal garam ini disimpan dalam matrik organik di antara serat-serat kolagen dalam tulang. Mineral utama didalam tulang adalah kalsium dan fosfor.⁶³ Kalsium tulang maupun gigi biasanya dalam bentuk kalsium fosfat atau dalam bentuk hidroksiapatit $\{(3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2.\text{Ca}(\text{OH})_2)\}$.⁶⁴

Kadar kalsium pada susu kedelai pada taraf fortifikasi kalsium 20 % sampai 40 % AKG mengalami peningkatan kadar kalsiumnya jika di banding dengan kadar kalsium pada susu kedelai kontrol. Hal ini sesuai pernyataan Winarno (1997) bahwa sebagian besar kalsium berkumpul atau terkonsentrasi pada tulang dan gigi. Pernyataan tadi menunjukkan bahwa semakin banyak fortifikasi tepung tulang ikan maka kadar kalsium susu kedelai semakin tinggi. Akan tetapi pernyataan itu perlu dikaji ulang karena pada taraf fortifikasi 80% AKG terjadi penurunan kadar kalsium rata-rata sebesar 6,4715 mg/ 100g (lihat **Lampiran 3**).

Jika dihitung secara teoritis kadar kalsium seharusnya sesuai dengan perhitungan pada **Lampiran 5**. Kadar kalsium susu kedelai setelah fortifikasi harus lebih besar dari 8,76 mg/100 gram atau dalam tiap 27 gram susu kedelai, ada sekitar 2,365 mg kalsium. Kadar kalsium pada susu kedelai fortifikasi

⁶³ F.G. Winarno, *Kimia Pangan dan Gizi*, hlm 154.

⁶⁴ Sunita Almatier, *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*, hlm 235.

seharusnya meningkat lebih besar dari kadar kalsium yang difortifikasikan, besarnya kalsium yang dihasilkan yaitu jumlah fortifikasi kalsium ditambah jumlah kalsium alami yang terkandung didalam susu kedelai. Hasil perhitungan secara teoritis dan pembacaan alat dalam penelitian ini menunjukkan perbedaan yang sangat besar. Data pembacaan alat, perhitungan secara teoritis dan massa kalsium dalam sampel, disajikan dalam Tabel 14. sebagai berikut:

Tabel 14. Pembacaan Alat, Perhitungan secara Teoritis dan Massa Teoritis Kalsium dalam Sampel.

Perlakuan Fortifikasi	Pembacaan Alat (mg/100 gram)	Perhitungan Teoritis (mg/100 gram)	Massa Teoritis Kalsium dalam Sampel 27 gram (mg)
0 % AKG	8,76	-	2,37
20% AKG	11,65	849	242,37
40% AKG	62,49	1605	482,37
80% AKG	56,01	2909,64	962,37

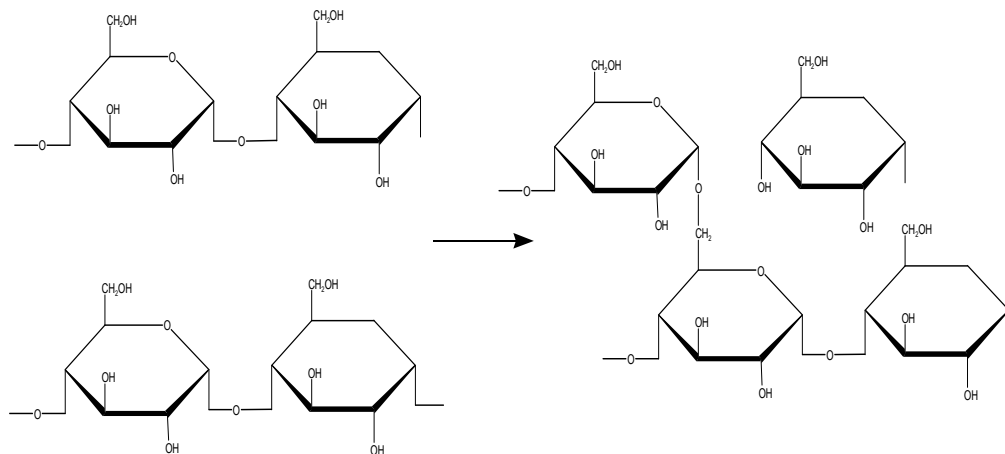
Penurunan kadar kalsium susu kedelai pada taraf fortifikasi 80% AKG diduga karena tingkat homogenitas susu kedelai yang rendah. Sedangkan pada taraf fortifikasi 20% dan 40% AKG, perhitungan secara teoritis dan pembacaan alat menunjukkan hasil yang berbeda pula, hal ini dipengaruhi oleh faktor yang sama yaitu tingkat homogenitas susu kedelai yang sangat rendah. Semakin banyak tepung tulang ikan yang ditambahkan akan menyebabkan kelarutan susu kedelai tersebut turun. Akibatnya semakin banyak endapan pada susu kedelai. Kalsium dari tepung tulang ikan yang ditambahkan tidak larut sempurna sehingga pembacaan alat tidak maksimal.

Dalam penelitian yang dilakukan Dinda (2004) untuk meningkatkan kelarutan susu kedelai fortifikasi dapat ditambahkan bahan pengisi (*food additive*). *Food additive* adalah bahan yang ditambahkan pada proses pengolahan pangan untuk meningkatkan mutu pangan. Bahan yang termasuk ke dalam bahan pengisi di antaranya adalah gum, pati, dekstrin turunan dari protein dan bahan-

bahan lainnya yang dapat menstabilkan. Bahan pengisi yang paling baik untuk meningkatkan kelarutan susu kedelai adalah dekstrin.

Dekstrin mempunyai rumus molekul $(C_6H_{10}O_5)_n$. Dekstrin merupakan hasil hidrolisis pati yang tidak sempurna, molekul pati mula-mula pecah menjadi unit rantai glukosa yang lebih pendek (6-10 molekul). Pengurangan rantai tersebut akan mengakibatkan perubahan sifat, dimana pati yang tidak mudah larut dalam air diubah menjadi dekstrin yang mudah larut.

Proses sebelum terbentuknya dekstrin akan terjadi transglukosidasi yaitu perubahan ikatan α -D (1,4)-glukosidik menjadi α -D (1,6)-glukosidik. Akibat perubahan ikatan ini menyebabkan terjadinya perubahan sifat menjadi lebih cepat terdispersi, tidak kental serta akan lebih stabil dibandingkan pati. Reaksi transglukosidasi dapat dilihat pada Gambar 12.⁶⁵



Gambar 12. Reaksi Transglukosidasi

Penambahan dekstrin diharapkan dapat meningkatkan kelarutan kalsium dalam dalam susu kedelai. Selain penambahan dekstrin alternatif lain untuk meningkatkan kelarutan kalsium tulang ikan yang akan difortifikasi adalah dengan memeperkecil ukuran partikel hingga ukuran hampir sama atau setara dengan partikel koloid yaitu 1 sampai dengan 100 nm, dengan demikian kalsium dapat terabsorpsi sempurna oleh tubuh.

⁶⁵ Dinda Apriliani Wulandari, "Fortifikasi Tepung Tulang Rawan Ayam Pedaging Pada Pembuatan Susu Kedelai Sebagai Sumber Kalsium", hlm 12.

4. Absorpsi Kalsium dalam Tubuh

Absorpsi kalsium yang berasal dari tulang ikan belum diketahui secara pasti metabolisemenya dalam tubuh. Akan tetapi secara umum dapat dipelajari faktor apa saja yang meningkatkan absorpsi maupun menghambat absorpsi kalsium. Adanya zat organik yang dapat bergabung dengan kalsium dan membentuk garam tidak larut, ini merupakan salah satu faktor yang menghambat penyerapan kalsium oleh tubuh. Contoh dari senyawa yang menghambat penyerapan kalsium adalah asam oksalat dan asam fitat.

Faktor lain yang menghambat penyerapan kalsium adalah serat makanan. Serat makanan membatasi bioavailabilitas mineral dengan mengikat, mengencerkan, dan menjerat mineral didalamnya atau memperpendek waktu transit nutrisi dalam usus.⁶⁶ Serat bukan satu-satunya zat yang memiliki sifat mengikat mineral. Protein makanan juga dapat berpengaruh negatif terhadap ketersediaan biologis mineral jika mineral terperangkap dalam protein atau kompleks peptida yang resisten terhadap proteolisis. Tetapi kandungan protein pada tulang ikan sebagian besar berupa kolagen, dan kolagen merupakan protein dari golongan protein fibriler/skleroprotein yang struktur molekulnya berbentuk serabut.⁶⁷

Selain faktor penghambat ada pula faktor pendukung. Faktor yang mendukung penyerapan kalsium adalah rasio Ca:P. Perbandingan Ca dan P mempunyai nilai rasio optimum adalah 1:2 hingga 2:1. Menurut Almtsier hal ini tidak menimbulkan pengaruh nyata, karena belum ada bukti nyata terhadap anggapan ini.⁶⁸

Pada umumnya penyerapan kalsium juga akan berbeda jika dikonsumsi bersama makanan daripada dikonsumsi secara tunggal. Jika dikonsumsi secara bersama dengan bahan makanan, kalsium karbonat lebih mudah diserap (39%)

⁶⁶ Mulia, "Kajian Potensi Limbah Tulang Ikan Patin (*Pangaius sp.*) sebagai Alternatif Sumber Kalsium Dalam Produk Mie Kering", hlm 12.

⁶⁷ F.G. Winarno, *Kimia Pangan dan Gizi*, hlm 61.

⁶⁸ Sunita Almtsier, *Prinsip Dasar Ilmu Gizi*, hlm 236.

daripada lima bentuk kalsium yang lain yaitu, kalsium asetat (32%), kalsium laktat (32%), susu (31%), kalsium sitrat (30%), kalsium glukonat (27%).⁶⁹

Kalsium yang berasal dari hewan seperti limbah tulang ikan sampai saat ini belum banyak dimanfaatkan untuk kebutuhan manusia. Selama ini sumber kalsium yang direkomendasikan adalah susu sapi. Tetapi harga susu bagi sebagian masyarakat masih terhitung mahal, belum lagi sebagian kelompok kecil dari masyarakat yang mempunyai kelainan seperti *lactose intolerance*. Maka dari itu perlu dicari alternatif pengganti susu sebagai sumber kalsium. Salah satu pangan pengganti susu sapi yang kandungan nutrisinya hampir sama adalah susu kedelai.

Dua gelas susu kedelai juga dapat memenuhi 30% kebutuhan protein sehari. Dibandingkan dengan susu sapi, komposisi asam amino dalam susu kedelai lebih sedikit jumlah asam amino metonin 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.⁷⁰ Kekurangan susu kedelai yang paling menonjol adalah kandungan mineral kalsium yang rendah. Solusi dari masalah ini adalah melakukan fortifikasi kalsium pada susu kedelai dengan memanfaatkan limbah tulang ikan.

Hasil penelitian menunjukkan susu kedelai fortifikasi yang terbaik adalah dengan taraf fortifikasi 40% AKG. Kandungan rata-rata kalsiumnya adalah 62,46 mg/100 g, jika kebutuhan AKG sebanyak 1200 mg/hari maka dengan mengkonsumsi 3 gelas susu kedelai tinggi kalsium dapat membantu mencukupi kebutuhan kalsium perhari. Tetapi jumlah vitamin dan mineral yang difortifikasi tidak boleh melebihi 240 mg AKG persajian, karena asupan vitamin dan mineral didapatkan juga dari berbagai makanan dan minuman yang dikonsumsi.⁷¹

Fortifikasi mineral pada produk pangan juga harus mempertimbangkan efek toksik dari mineral tersebut. Fortifikasi mineral harus mempertimbangkan

⁶⁹ Mulia, "*Kajian Potensi Limbah Tulang Ikan Patin (Pangaius sp.) sebagai Alternatif Sumber Kalsium Dalam Produk Mie Kering*", hlm 81.

⁷⁰ Koswara Sutrisno, "*Susu Kedelai Tak Kalah dari Susu Sapi*", hlm 1.

⁷¹ Prof. Dr. Ir Deddy Muchtadi, MS., "*Konsep Keamanan Fortifikasi Pangan*", hlm 48-50.

Minimum Toxic Dose (MTD). Untuk MTD kalsium adalah sebesar 12000 mg dengan *Mineral Safety Index* (MSI) sebesar 10. Akan tetapi keracunan akibat kelebihan konsumsi kalsium tidak terlalu mengkhawatirkan. Karena penggunaan mineral makro yang berlebihan akan menimbulkan masalah pada produk, yaitu seperti berpasir (*sandiness*) atau berkapur (*chalkiness*).