

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kalsium

1. Pengertian kalsium

Kalsium merupakan makro mineral yang paling banyak terdapat dalam tubuh manusia, yaitu sekitar $1,5 \pm 2\%$, atau sekitar 1 kg, dari berat badan orang dewasa. Sekitar 99% dari total kalsium tubuh disimpan di tulang dan gigi untuk pertumbuhan dan pemeliharaan, sementara sekitar 1% berada dalam darah, otot, dan cairan sel (Prof. Dr. Hardiansyah MS, I Dewa Nyoman Supariasa, 2017). Selain itu, kalsium juga berperan penting dalam cairan ekstraseluler dan intraseluler, yang membantu mengatur berbagai fungsi sel. Fungsi-fungsi tersebut meliputi pembekuan darah, kontraksi otot, transmisi sinyal saraf, pengaturan aktivitas hormon dan faktor pertumbuhan, serta permeabilitas membran sel (Carafoli and Krebs, 2020).

2. Sumber kalsium

Kalsium merupakan mineral penting yang berperan dalam pembentukan dan pemeliharaan tulang serta gigi yang kuat, serta mendukung fungsi otot dan sistem saraf. Umumnya, makanan hewani dikenal sebagai sumber kalsium yang sangat baik karena kandungan dan tingkat penyerapannya yang tinggi. Contohnya adalah susu sapi, yoghurt, keju, serta ikan berukuran kecil seperti salmon dan sarden, terutama bila dikonsumsi dengan tulangnya. Sementara itu, sumber nabati kalsium mencakup sayuran berdaun hijau seperti bayam dan brokoli, biji wijen, almond, serta makanan tradisional seperti ragi dan rempah-rempah tertentu, termasuk biji jantan.

Meskipun beberapa sayuran mengandung kadar kalsium yang cukup tinggi, ketersediaan hayatinya—atau tingkat penyerapannya oleh tubuh—cenderung lebih rendah dibandingkan sumber hewani. Hal ini disebabkan oleh adanya senyawa penghambat seperti oksalat dan fitat yang dapat mengikat kalsium dalam makanan nabati, sehingga mengurangi jumlah yang dapat diserap oleh tubuh. Oleh karena itu, penting untuk memperhatikan variasi dalam pola makan guna memastikan asupan kalsium yang optimal, terutama bagi individu yang mengikuti pola makan vegetarian atau vegan. (Trailokya *et al.*, 2021).

3. Rekomendasi kebutuhan kalsium

Angka Kecukupan Gizi (AKG) merupakan acuan nasional yang ditetapkan oleh Kementerian Kesehatan untuk menunjukkan rata-rata jumlah zat gizi yang dibutuhkan oleh individu sehat setiap hari.

Tabel 1. Kebutuhan kalsium tiap golongan

Kelompok Umur	Kalsium (Mg)	Kelompok Umur	Kalsium (Mg)
Perempuan		Laki- laki	
10-12 tahun	1200	10-12 tahun	1200
13-15 tahun	1200	13-15 tahun	1200
16-18 tahun	1200	16-18 tahun	1200
19-29 tahun	1000	19-29 tahun	1000
30-49 tahun	1000	30-49 tahun	1000
50-64 tahun	1200	50-64 tahun	1200
65-80 tahun	1200	65-80 tahun	1200
80+ tahun	1200	80+ tahun	1200
Hamil (+an)			
Trimester 1	+200		
Trimester 2	+200		
Trimester 3	+200		

Sumber : Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2019 (Kemenkes, 2019).

4. Akibat kekurangan kalsium

Pada remaja, kekurangan kalsium dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan. Beberapa dampak kekurangan kalsium pada remaja yaitu dapat menghambat perkembangan tulang yang optimal, meningkatkan risiko osteoporosis di masa depan, serta menyebabkan tulang rapuh atau mudah patah. Selain itu, kekurangan kalsium juga dapat memengaruhi fungsi otot dan saraf (Cashman *et al.*, 2022). Kekurangan kalsium pada kelompok dewasa dan lansia merupakan isu kesehatan yang signifikan, terutama dalam konteks penuaan dan

penurunan fungsi metabolik. Pada populasi dewasa dan lansia, kekurangan kalsium dapat menyebabkan penurunan massa tulang, meningkatkan risiko osteoporosis dan osteopenia. Tulang yang lebih rapuh juga meningkatkan kemungkinan patah tulang, terutama di pinggul, pergelangan tangan, dan tulang belakang. Selain itu, kekurangan kalsium dapat membuat gigi rapuh dan lebih rentan rusak (Shlisky *et al.*, 2022).

Kekurangan kalsium pada ibu hamil merupakan salah satu faktor risiko preeklamsia, yang ditandai dengan hipertensi setelah 20 minggu kehamilan dan bisa disertai gangguan fungsi organ. Preeklamsia dapat menimbulkan komplikasi akut seperti gagal ginjal, edema paru, perdarahan otak, hingga eklampsia. Dalam jangka panjang, ibu berisiko lebih tinggi mengalami hipertensi, penyakit jantung, stroke, sindrom metabolik, diabetes tipe 2, hingga kematian akibat penyakit kardiovaskular, terutama jika preeklamsia terjadi pada awal kehamilan (Turbeville and Sasser, 2020).

Preeklamsia tidak hanya berpengaruh pada ibu tetapi juga pada bayi. Pertumbuhan janin terganggu akibat hipoperfusi plasenta, yang dapat menyebabkan berat badan lahir lebih rendah. Bayi dari ibu dengan preeklamsia berisiko mengalami kematian dalam kandungan, lahir prematur, serta menghadapi komplikasi seperti gangguan pernapasan, perdarahan otak, sepsis, displasia bronkopulmoner, dan gangguan neurokognitif di masa tumbuh kembang (Bokslag *et al.*, 2016).

5. Metabolisme kalsium dalam tubuh

Setelah mengonsumsi makanan yang mengandung kalsium makanan dicerna di lambung, kemudian proses penyerapan kalsium terjadi di usus halus dan usus kecil yang berlangsung sekitar 1-2 jam. Hanya 30-50% kalsium yang dapat diserap oleh tubuh. Metabolisme kalsium melibatkan proses yang kompleks yang berpusat pada penyerapan di usus, ekskresi oleh ginjal, dan remodeling tulang. Sebanyak 90% kalsium dari makanan diserap di usus kecil melalui transport aktif, yang diatur oleh hormon 1,25-dihidroksivitamin D. Sementara 3-6% sisanya diserap di usus besar, tergantung pada jumlah kalsium yang tersedia. Ginjal memainkan peran utama dalam mengatur ekskresi kalsium melalui urin,

dengan hormon paratiroid (PTH) membantu meningkatkan reabsorpsi kalsium untuk mencegah kehilangan yang berlebihan (Linder, 2010).

Setelah kalsium diserap, kemudian didistribusikan dalam tubuh melalui aliran darah dalam bentuk Ca^{++} dan digunakan untuk berbagai fungsi, termasuk pembentukan dan pemeliharaan tulang. Tulang, sebagai penyimpan utama kalsium dalam tubuh, terus mengalami proses remodeling, di mana kalsium dilepaskan atau disimpan sesuai kebutuhan tubuh. Proses ini dipengaruhi oleh hormon seperti PTH dan vitamin D (Song, 2017).

Penyerapan kalsium dipengaruhi oleh faktor-faktor pendukung seperti vitamin D, keasaman lambung, laktosa, dan kebutuhan tubuh akan kalsium. Penyerapan juga optimal dalam kondisi asam. Beberapa zat gizi yang mendukung penyerapan kalsium adalah magnesium dan fosfor. Magnesium berperan dalam mengaktifkan vitamin D, yang dalam bentuk aktifnya berfungsi untuk meningkatkan penyerapan kalsium di usus. Fosfor, yang merupakan komponen penting dalam struktur tulang, juga berkontribusi terhadap metabolisme kalsium dan keseimbangan mineral dalam tubuh (Saran *et al.*, 2017). Sebaliknya, faktor penghambat meliputi asam oksalat, asam fitat, lemak, ketidakstabilan emosi, peningkatan motilitas saluran cerna, dan fisik yang kurang gerak (Prof. Dr. Hardiansyah MS, I Dewa Nyoman Supariasa, 2017).

B. Tulang Ikan

1. Pengertian tulang ikan

Tulang adalah jaringan utama yang berperan dalam menopang tubuh. Strukturnya terbentuk dari dua jenis unsur: organik dan anorganik. Unsur organik mencakup protein, kondroitin sulfat, serta mukopolisakarida. Sementara itu, unsur anorganik didominasi oleh ion kalsium dan fosfor. Tulang ikan adalah bagian tubuh ikan yang memiliki kandungan kalsium, fosfor, dan karbonat yang tinggi.

Tulang ikan, yang sering kali dibuang sebagai limbah hasil pengolahan makanan laut, sebenarnya merupakan sumber kalsium yang sangat potensial. Dengan melalui proses pengeringan dan penghalusan, tulang ikan dapat diolah menjadi tepung tulang ikan yang kaya akan mineral, khususnya kalsium dan fosfor. Produk ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam makanan,

baik untuk manusia maupun pakan ternak, sebagai upaya untuk meningkatkan asupan kalsium secara alami (Pangestika, Putri and Arumsari, 2021).

2. Kandungan gizi tulang ikan

Tulang ikan merupakan sumber nutrisi yang potensial, terutama dalam hal kandungan kalsium dan mineral lainnya. Berikut ini beberapa kandungan gizi tulang ikan.

Tabel 2. Kandungan gizi tulang ikan

Zat Gizi	Tulang ikan tuna*	Tulang ikan patin **	Tulang Ikan Belida***
Air	2,38%	-	5,11%
Abu	2,83%	59,49%	86,32%
Protein	7,38%	24,11%	15,18%
Lemak	22,94%	12,75%	1%
Karbohidrat	0,48%	-	-
Kalsium	0,29%	61.238,6578 mg/kg	31,31%
Fosfor	0,20 ppm	19,8521%	4,06%.
magnesium	-	-	-

Ket :

* : (Daeng, 2022)

** : (Ira Oktaviani Rz, Uthia and Jannah, 2021)

*** : (Kusumaningrum *et al.*, 2022)

3. Manfaat tulang ikan

Tulang ikan kerap kali dianggap sebagai limbah sisa industri perikanan dan hanya dimanfaatkan secara terbatas, misalnya sebagai bahan pakan ternak. Padahal, tulang ikan menyimpan potensi besar sebagai sumber kalsium yang melimpah dan mudah diakses. Kandungan mineral utamanya, seperti kalsium dan fosfor, menjadikan tulang ikan sebagai bahan baku alternatif yang bernilai tinggi bagi kesehatan manusia, khususnya dalam upaya pencegahan defisiensi kalsium yang berdampak pada kesehatan tulang.

Dengan proses pengolahan yang tepat, seperti pengeringan dan penghalusan menjadi tepung, tulang ikan dapat diolah menjadi suplemen atau bahan tambahan pangan yang fungsional. Pemanfaatan potensi ini tidak hanya menjawab kebutuhan gizi masyarakat, tetapi juga menjadi solusi inovatif dalam pengelolaan limbah organik, mendukung prinsip zero waste, dan memperkuat ketahanan pangan melalui diversifikasi sumber nutrisi.

4. Pengertian tulang ikan nila

Tulang ikan nila merupakan salah satu bagian tubuh yang dihasilkan dari proses pemisahan daging pada ikan nila. Tulang atau kerangka ikan ini berperan penting sebagai struktur penyokong tubuh, tersusun dari jaringan tulang sejati maupun kartilago (tulang rawan), yang membentuk tubuh ikan, menopang pergerakan, serta melindungi organ-organ vital. Secara umum, kerangka ikan dibagi menjadi dua bagian utama: kerangka aksial dan kerangka apendikuler. Kerangka aksial terdiri atas kolumna vertebralis (tulang belakang), tengkorak, dan tulang rusuk, sedangkan kerangka apendikuler meliputi sirip dan tulang penghubung yang memungkinkan sirip bergerak fleksibel.

Fungsi utama sistem kerangka ini adalah menjaga stabilitas tubuh serta membantu ikan berenang dan mempertahankan keseimbangan dalam lingkungan perairan. Di luar fungsinya secara biologis, kerangka ikan ini juga menyimpan potensi besar sebagai sumber mineral, seperti kalsium dan fosfor, yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut untuk produk pangan berbasis limbah, seperti pembuatan tepung tulang ikan. (Joko Sumbodo, Ulfah Amalia, 2022).



Gambar 1. Tulang ikan nila

5. Tepung tulang ikan nila

Sumber makanan yang kaya kalsium umumnya berasal dari protein hewani, seperti susu sapi dan produk olahannya, misalnya yoghurt dan keju. Namun, tingginya harga susu membuat sebagian masyarakat, khususnya di wilayah dengan keterbatasan akses ekonomi, cenderung mengonsumsi susu dalam jumlah yang minim. Kondisi ini menuntut adanya alternatif bahan pangan yang terjangkau dan tetap bernilai gizi tinggi. Salah satu inovasi potensial adalah pemanfaatan tulang ikan nila sebagai bahan dasar pembuatan tepung tulang ikan.

Produk ini mengandung nutrisi penting seperti kalsium, protein, dan fosfor yang bermanfaat untuk menunjang kesehatan tulang dan metabolisme tubuh. Sayangnya, pemanfaatan sumber kalsium dari tulang ikan masih relatif terbatas dibandingkan dengan susu sapi. Dengan pengolahan yang tepat dan sosialisasi manfaatnya kepada masyarakat, tepung tulang ikan dapat menjadi solusi pangan fungsional yang tidak hanya bergizi, tetapi juga mendukung pengurangan limbah perikanan (Rz *et al.*, 2022).

6. Cara pembuatan tepung ikan nila

Proses pembuatan tepung ikan nila ini disusun dengan merujuk pada metode yang dijelaskan dalam penelitian (Tarigan and Sihotang, 2024), sebagai berikut:

1. Tulang ikan nila disortir terlebih dahulu untuk memisahkan bagian sirip dan ekor yang masih melekat pada tulang ikan.
2. Setelah disortir kemudian direbus selama 30 menit untuk memisahkan daging yang masih melekat pada tulang ikan.
3. Tulang ikan nila dicuci lalu dibuang sisa dari daging dan sumsum tulang belakang ikan nila.
4. Direndam dengan cuka sebanyak 50ml dengan air 1 liter selama 10 menit, kemudian dicuci dengan air.
5. Bagian Tulang ikan yang sudah dicuci kemudian ditiriskan. Tulang ikan kemudian dipresto ± 2 jam.
6. Tulang yang sudah bersih ditiriskan dan dikeringkan di cabinet dryer dengan suhu $60^{\circ}\text{C} \pm 5$ jam.
7. Kemudian tulang yang sudah kering digiling menggunakan mesin hingga

halus lalu diayak menggunakan ayakan 100 mesh.

7. Kandungan zat gizi tepung tulang ikan nila

Tepung tulang ikan nila merupakan salah satu alternatif sumber kalsium yang berpotensi tinggi, terutama dalam mendukung inovasi pangan berkelanjutan. Tulang ikan yang selama ini dianggap limbah, ternyata mengandung beragam zat gizi penting yang dapat dimanfaatkan, baik untuk fortifikasi pangan maupun sebagai bahan baku produk kesehatan. Berikut adalah kandungan zat gizi utama yang terkandung dalam tepung tulang ikan nila dalam 100 gram:

Tabel 3. Kandungan zat gizi tepung tulang ikan nila dalam 100gram

No	Parameter	Hasil	Satuan
1.	Air	4,61	Gram
2.	Abu	52,44	Gram
3.	Protein	21,60	Gram
4.	Lemak	16,62	Gram
5.	Karbohidrat	4,44	Gram
6.	Kalsium	117.243	Mg
7.	Fosfor	90.717,98	Mg
8.	Magnesium	2.655,60	Mg

Sumber : (Tarigan and Sihotang, 2024)

C. Susu Kedelai

1. Pengertian susu kedelai

Susu kedelai adalah minuman berbasis nabati yang diperoleh dari ekstrak biji kedelai dan dicampur dengan air, dan dapat difortifikasi dengan vitamin dan mineral untuk meningkatkan nilai gizinya. Susu kedelai cocok dikonsumsi oleh semua kelompok usia, mulai dari anak-anak hingga lansia. Susu kedelai dapat digunakan sebagai alternatif pengganti susu sapi, susu kedelai sangat cocok bagi individu yang mengalami intoleransi laktosa, alergi terhadap protein hewani, memilih gaya hidup vegan, atau memiliki keterbatasan finansial, mengingat harganya yang lebih ekonomis dibandingkan produk susu hewani (Soenarno, A'ini and Sari, 2023).

Dari sisi kandungan gizi, susu kedelai merupakan minuman nabati yang kaya akan protein, lemak tak jenuh, vitamin B kompleks, vitamin E, serta mineral seperti zat besi, magnesium, fosfor, dan kalium, sehingga dapat menjadi alternatif pengganti susu sapi, terutama bagi individu yang mengalami intoleransi laktosa atau menjalani pola makan berbasis nabati. Pada susu kedelai yang difortifikasi, penambahan kalsium dan vitamin D dapat meningkatkan nilai gizinya sehingga berperan dalam mendukung pertumbuhan, menjaga fungsi otot, serta membantu pembentukan dan pemeliharaan kesehatan tulang.

Selain kandungan zat gizinya, susu kedelai juga mengandung isoflavon, yaitu senyawa bioaktif yang berperan sebagai antioksidan. Isoflavon membantu menangkal radikal bebas, menjaga keseimbangan hormon, serta berpotensi menurunkan risiko penyakit kardiovaskular dan beberapa jenis kanker. Dengan kombinasi kandungan protein, vitamin, mineral, dan senyawa bioaktif tersebut, susu kedelai tidak hanya berfungsi sebagai sumber zat gizi, tetapi juga berpotensi menjadi pangan fungsional yang memberikan manfaat bagi kesehatan apabila dikonsumsi secara teratur sebagai bagian dari pola makan yang seimbang (Sari, 2022).

2. Syarat mutu susu kedelai

Syarat mutu adalah standar atau kriteria yang harus dipenuhi oleh suatu produk agar dapat dianggap berkualitas dan sesuai dengan harapan atau kebutuhan pengguna. Dalam konteks industri pangan, misalnya, syarat mutu mencakup kandungan gizi, kebersihan, dan keamanan produk agar aman dikonsumsi. Sementara dalam manufaktur, syarat mutu bisa mencakup spesifikasi teknis, bahan baku, dan proses produksi yang memenuhi standar tertentu. Syarat mutu susu kedelai menurut SNI 01-3830-1995 tentang susu kedelai seperti ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 4. Syarat mutu susu kedelai

No	Kriteria uji	Satuan	Persyaratan	
			Susu (<i>milk</i>)	Minuman (<i>drink</i>)
1	Keadaan:			
1.1	Bau	-	normal	normal
1.2	Rasa	-	normal	normal
1.3	Warna	-	normal	normal
2	pH	-	6,5 - 7,0	6,5 - 7,0
3	Protein	% b/b	min. 2,0	min. 1,0
4	Lemak	% b/b	min. 1,0	min. 0,30
5	Padatan jumlah	% b/b	min. 11,50	min. 11,50
6	Bahan tambahan makanan			
6.1	Pemanis buatan	Sesuai dengan SNI 01-0222-1987		
6.2	Pewarna			
6.3	Pengawet			
7	Cemaran logam			
7.1	Timbal (Pb)	mg/kg	maks. 0,2	maks. 0,2
7.2	Tembaga (Cu)	mg/kg	maks. 2	maks. 2
7.3	Seng (Zn)	mg/kg	maks. 5	maks. 5
7.4	Timah (Sn)	mg/kg	maks. 40 (250*)	maks. 40 (250*)
7.5	Merkuri (Hg)	mg/kg	maks. 0,03	maks. 0,03
7.6	Arsen (As)	mg/kg	maks. 0,1	maks. 0,1
8	Cemaran mikroba:			
9.1	Angka lempeng total	koloni/ml	maks. 2×10^2	maks. 2×10^2
9.2	Bakteri bentuk koli	APM/ml	maks. 20	maks. 20
9.3	Escherichia coli	APM/ml	< 3	< 3
9.4	Salmonella	-	negatif	negatif
9.5	Staphylococcus aureus	koloni/ml	0	0
9.6	Vibrio sp	-	negatif	negatif
9.7	Kapang	koloni/ml	maks. 50	maks. 50

3. Kandungan gizi susu kedelai

Susu kedelai merupakan minuman nabati yang semakin populer karena kandungan nutrisinya yang mendukung gaya hidup sehat. Sebagai sumber protein nabati, susu kedelai juga mengandung berbagai zat gizi lainnya yang bermanfaat bagi tubuh, seperti lemak sehat, vitamin, dan mineral. Berdasarkan tabel komposisi pangan Indonesia 100 ml susu kedelai memiliki nilai gizi sebagai berikut (Indonesia, 2018):

Tabel 5. Nilai gizi susu kedelai per 100 ml

Nilai Gizi Susu Kedelai			
No	Zat gizi	Hasil	Satuan
1	Air	87.0	gram
2	Energi	41	kcal
3	Protein	3.5	gram
4	Lemak	2.5	gram
5	Karbohidrat	5.0	gram
6	Serat	0.2	gram
7	Abu	2.0	gram
8	Kalsium	50	miligram
9	Fosfor	45	miligram
10	Besi	0.7	miligram
11	Natrium	128	miligram
12	Kalium	289.9	miligram
13	Tembaga	0.12	miligram
14	Seng	1.0	miligram
15	Kar-total	200.0	miligram
16	Thiamin	0.08	miligram
17	Riboflavin	0.05	miligram
18	Niasin	0.7	miligram
19	Vitamin C	2	miligram

4. Cara pembuatan susu kedelai

Prosedur pembuatan susu kedelai ini telah disesuaikan berdasarkan metode yang dikembangkan oleh (Masyhura.M.D, Nusa Iqbal Mhd and Prasetya Dicky, 2018), yaitu sebagai berikut:

1. Kacang kedeli disortir kemudian dibersihkan dengan air mengalir.
2. Kemudian direndam selama 8 jam. Perendaman ini mempunyai tujuan untuk memudahkan pelepasan kulit biji kedelai.
3. Setelah perendaman kemudian kulit kacang kedelai dikupas. Hal ini dimaksudkan untuk menghilangkan tanah, debu dan kontaminasi lain yang terdapat pada kulit kedelai.
4. Kemudian kedelai diblender menggunakan air hangat (80-100°C) sebagai pelumat sehingga dapat memudahkan dalam proses penggilingan. Perbandingan air panas dengan kedelai yang digiling adalah 1 : 3.
5. Sari kedelai yang dihasilkan kemudian disaring dan menghasilkan susu kedelai.
6. Masak selama kurang lebih 15 menit sehingga benar-benar mendidih
7. Setelah mendidih matikan kompor dan susu kedelai siap disajikan

D. Fortifikasi

Fortifikasi adalah proses penambahan satu atau lebih zat gizi ke dalam pangan dengan tujuan meningkatkan kandungan gizi dan mencegah kekurangan zat tertentu yang diperlukan tubuh. Teknik ini telah digunakan secara luas untuk membantu masyarakat memperoleh asupan vitamin dan mineral esensial yang mungkin sulit terpenuhi hanya dari pola makan sehari-hari (Munitikah, 2017).

Salah satu contoh fortifikasi yang umum dilakukan adalah fortifikasi kalsium dalam berbagai produk makanan dan minuman. Fortifikasi tidak hanya terbatas pada kalsium, tetapi juga mencakup berbagai mikronutrien lain seperti zat besi untuk mencegah anemia, vitamin D untuk mendukung penyerapan kalsium, serta folat yang berperan penting dalam kesehatan ibu hamil dan perkembangan janin. Program fortifikasi sering diterapkan pada makanan pokok seperti tepung, susu, garam, dan minyak guna memastikan masyarakat mendapatkan nutrisi yang cukup dalam pola konsumsi mereka (Santosa, 2024).

E. Uji Daya Terima

Daya terima adalah metode pengujian yang menggunakan indera manusia. Faktor utama keberhasilan produk makanan dan minuman bergantung pada sifat-sifat sensori produk tersebut. Pengujian sensori dilakukan melalui penglihatan, penciuman, perabaan, rasa, dan pendengaran, di mana hasil reaksi dari proses penginderaan tersebut diinterpretasikan. Sifat-sifat sensori yang biasanya diuji meliputi warna, aroma, tekstur, dan rasa.

1. Warna

Warna menjadi parameter organoleptik utama dalam penyajian. Warna merupakan hal pertama yang diperhatikan dan dinilai oleh panelis. Karena melibatkan indra penglihatan, warna memberikan kesan awal yang sangat penting. Warna yang menarik dapat meningkatkan selera panelis atau konsumen untuk mencoba suatu produk (Lamusu, 2022).

2. Aroma

Aroma adalah salah satu parameter dalam pengujian sifat sensori (organoleptik) yang melibatkan indera penciuman. Aroma suatu produk dianggap dapat diterima jika bahan yang dihasilkan memiliki aroma spesifik. Aroma juga merupakan sensasi subjektif yang dirasakan melalui proses penciuman (Lamusu, 2022).

3. Rasa

Rasa merupakan salah satu faktor utama yang menentukan apakah suatu produk. Rasa dapat dinilai berdasarkan penggunaan indra pengecap atau lidah. Dalam proses pengecap, manusia mengenali empat rasa utama, yaitu manis, pahit, asam, dan asin. Selain itu, rasa tambahan dapat muncul jika dilakukan modifikasi tertentu (Lamusu, 2022).

4. Kekentalan

Kekentalan merupakan salah satu sifat fisik yang sangat penting dalam evaluasi mutu dan karakteristik produk minuman. Sifat ini merujuk pada resistensi suatu cairan terhadap perubahan bentuk, dan berpengaruh langsung terhadap persepsi konsumen terhadap tekstur, kesegaran, serta kenyamanan saat dikonsumsi (Handayani and Wulandari, 2021).

5. Aftertaste

Aftertaste adalah sensasi rasa yang tertinggal di mulut setelah makanan atau minuman ditelan. Rasa ini bisa bertahan beberapa detik hingga menit dan dapat bervariasi tergantung pada jenis makanan atau minuman, serta bahan-bahan yang digunakan (Fariza, Septiani and Melati, 2024).

F. Jenis Panelis

Dalam proses uji sensori atau organoleptik, penilaian dilakukan oleh sekelompok individu yang bertindak sebagai panelis. Mereka berperan sebagai alat atau instrumen dalam evaluasi. Berdasarkan tingkat kepekaan dan tujuan pengujian, terdapat beberapa jenis panelis, yaitu (Munitikah, 2017):

1. Panel individu (individual expert panel)

Panel individu terdiri dari seseorang yang memiliki tingkat kepekaan sangat tinggi, baik karena bakat alami maupun karena latihan intensif. Panelis ini sangat memahami karakteristik bahan, proses pengolahan, serta metode analisis organoleptik. Keunggulan menggunakan panelis ini adalah tingkat kepekaan yang superior, minimnya bias, serta efisiensi dalam penilaian. Biasanya, panel individu digunakan untuk mendeteksi penyimpangan kecil dan mengidentifikasi penyebabnya.

2. Panel terbatas (small expert panel)

Panel terbatas melibatkan 3-5 orang dengan kepekaan tinggi sehingga risiko bias lebih rendah. Panelis dalam kategori ini memiliki pemahaman yang baik terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi analisis organoleptik dan memahami dampak bahan baku terhadap hasil akhir produk.

3. Panel terlatih (trained panel)

Panel terlatih terdiri dari 15-25 orang dengan sensitivitas yang cukup baik. Menjadi panelis dalam kelompok ini memerlukan seleksi serta latihan sebelumnya. Mereka mampu memberikan penilaian terhadap berbagai rangsangan meskipun tidak terlalu spesifik.

4. Panel agak terlatih

Panel agak-terlatih beranggotakan 15-25 orang, biasanya mahasiswa atau staf penelitian yang berperan sebagai panelis secara musiman.

5. Panel tidak terlatih

Pemilihan anggota dalam kategori ini lebih menitikberatkan aspek sosial, seperti latar belakang pendidikan, asal daerah, dan kelas ekonomi. Panel tidak terlatih umumnya digunakan dalam uji kesukaan (preference test).

6. Panel konsumen

Panel konsumen terdiri dari 30 hingga 1.000 orang. Pengujian yang dilakukan biasanya berfokus pada uji kesukaan sebelum suatu produk diuji lebih lanjut di pasar. Dengan metode ini, tingkat penerimaan konsumen terhadap produk dapat diprediksi.

G. Uji Kimia

1. Kalsium

Kalsium merupakan mineral yang sangat penting bagi tubuh manusia. Kandungan kalsium dalam tubuh manusia merupakan yang terbesar dibandingkan mineral lainnya, yaitu sekitar 2% dari berat tubuh orang dewasa—sekitar 1,0 hingga 1,4 kilogram. Berdasarkan angka kecukupan gizi ibu hamil membutuhkan sebanyak 1.200 mg kalsium dalam sehari.

Kadar kalsium dalam produk pangan dapat dianalisis menggunakan beberapa metode, di antaranya spektrofotometri UV-Vis dan spektrofotometri serapan atom (SSA). Metode UV-Vis mengukur serapan cahaya oleh senyawa kompleks kalsium pada panjang gelombang tertentu (Priatni, 2024). Pada spektrofotometri serapan atom (SSA), sampel diuapkan sehingga kalsium berubah menjadi atom bebas, lalu serapan cahaya pada panjang gelombang tertentu yang spesifik untuk kalsium diukur dengan spektrofotometer SSA (Sinaga, Silalahi and Sianipar, 2020).

Di samping itu, metode titrasi kompleksometri juga menjadi alternatif yang banyak digunakan. Titrasi ini memanfaatkan pembentukan kompleks antara ion kalsium dengan zat pengkompleks, seperti EDTA (asam etilendiamintetraasetat), untuk menentukan jumlah kalsium dalam sampel secara tepat (Taufik *et al.*, 2023).

2. Fosfor

Fosfor adalah mineral yang sangat penting bagi tubuh manusia. Fosfor berfungsi untuk mendukung pertumbuhan, menjaga, dan memperbaiki jaringan tubuh. Bersama kalsium dan magnesium, fosfor berperan dalam perkembangan tulang, terutama pada bayi dan anak-anak. Berdasarkan angka kecukupan gizi ibu hamil membutuhkan sebanyak 700 mg Fosfor dalam sehari.

Salah satu metode analisis yang sering digunakan untuk menentukan kadar fosfor dalam produk pangan adalah spektrofotometri serapan atom (SSA). Prosedur umumnya melibatkan destruksi sampel, pembentukan senyawa berwarna dengan fosfor, dan pengukuran absorbansi senyawa tersebut menggunakan spektrofotometer SSA pada panjang gelombang tertentu (Pohan, 2021).

Selain spektrofotometri serapan atom (SSA), dapat juga menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. Metode ini bekerja dengan mengukur intensitas cahaya yang diserap oleh sampel setelah bereaksi dengan reagen tertentu, membentuk senyawa berwarna yang dapat diukur serapannya (Fertiasari *et al.*, 2024).

3. Magnesium

Magnesium adalah mineral penting yang berperan dalam beberapa fungsi tubuh. Magnesium membantu proses metabolisme energi, sintesis protein, serta pembentukan DNA dan RNA. Berdasarkan angka kecukupan gizi ibu hamil membutuhkan sebanyak 335 mg magnesium dalam sehari. Magnesium meningkatkan absorpsi kalsium di dalam tubuh, yang berperan penting dalam pembentukan tulang.

Salah satu metode yang umum digunakan untuk mengukur kadar magnesium dalam produk pangan adalah spektrofotometri serapan atom (SSA). Metode ini bekerja dengan cara menguapkan sampel terlebih dahulu, lalu mengubah magnesium menjadi atom bebas. Atom tersebut kemudian menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu yang spesifik untuk magnesium, dan tingkat serapan ini diukur menggunakan alat SSA (Amelia Niwele, Jarmila Kabakoran and Nurlaila Sangadji, 2022).

4. Besi

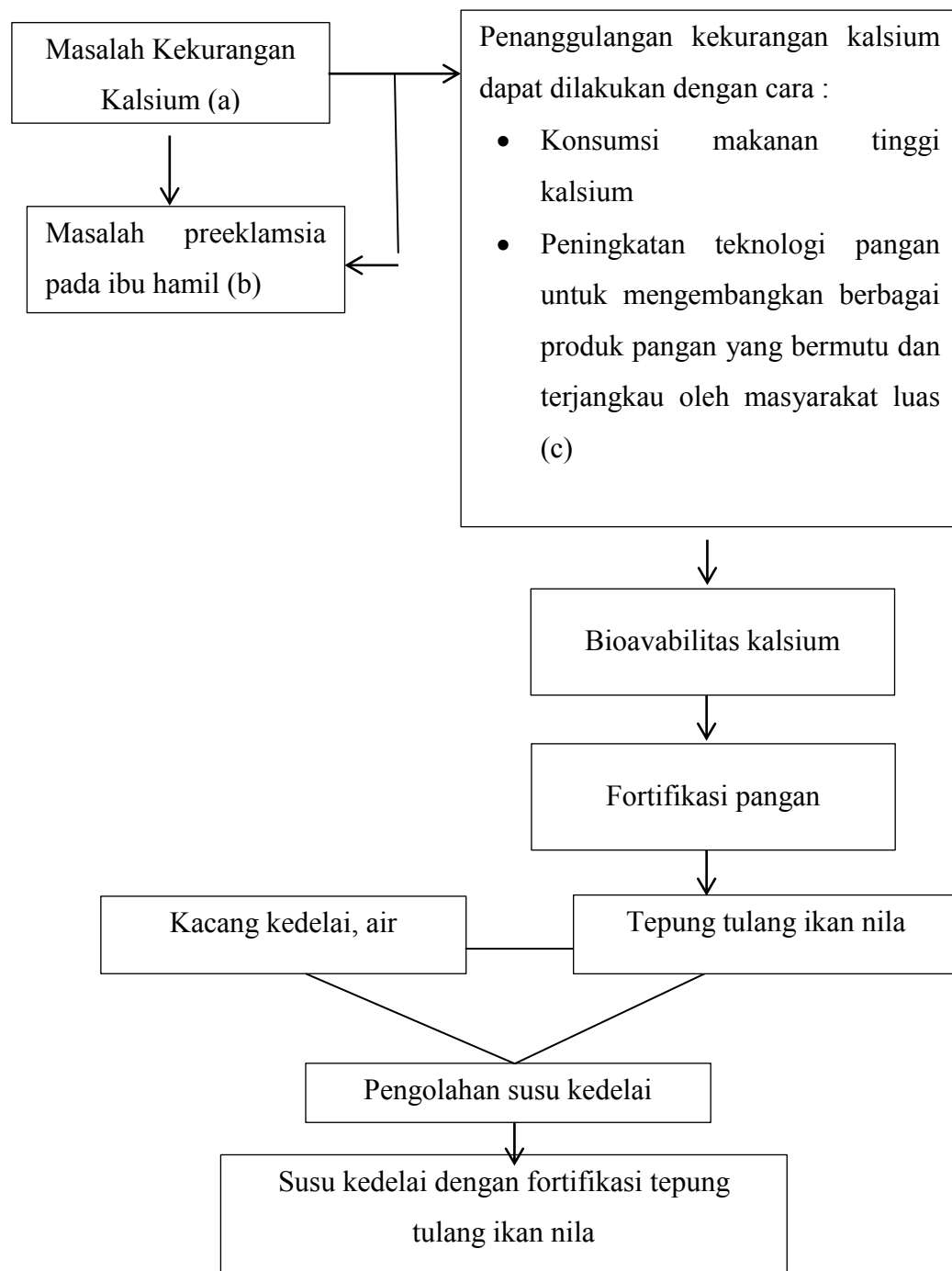
Zat besi adalah mineral penting yang berperan dalam pembentukan sel darah merah dan hemoglobin, yang membawa oksigen ke seluruh tubuh. Zat besi juga berperan dalam metabolisme energi sebagai pengangkut elektron, dan sekitar 80% kandungan zat besi dalam tubuh ditemukan pada hemoglobin. Berdasarkan angka kecukupan gizi ibu hamil membutuhkan sebanyak 27 mg besi dalam sehari.

Penentuan kadar besi (Fe) dalam bahan pangan dapat dilakukan menggunakan beberapa metode analisis, salah satunya adalah spektrofotometri serapan atom (SSA). Teknik ini mengukur cahaya yang diserap oleh atom besi setelah sampel diubah menjadi bentuk gas melalui pemanasan dalam nyala api atau tungku. Semakin tinggi kadar besi, semakin besar cahaya yang diserap, sehingga konsentrasi besi dapat diketahui secara akurat (Shafriani, 2022).

Selain SSA, metode titrasi permanganometri juga digunakan sebagai pendekatan alternatif. Metode volumetri ini memanfaatkan reaksi oksidasi-reduksi antara kalium permanganat (KMnO_4) sebagai titran dan zat pereduksi dalam sampel, yaitu besi, yang berada dalam suasana asam. Perubahan warna saat reaksi berlangsung menjadi indikator yang menunjukkan jumlah besi dalam sampel (Ahmawati, Ma and Muhlishoh, 2024).

Metode lainnya yaitu spektrofotometri UV-Vis. Teknik ini bekerja berdasarkan prinsip bahwa molekul-molekul dalam sampel menyerap radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu. Senyawa-senyawa yang memiliki kromofor (gugus penyerap cahaya) atau mampu membentuk kompleks berwarna, seperti kompleks besi-fenantrolin, dapat diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis. (Riska Andriani, Islawati and Risnawati, 2022).

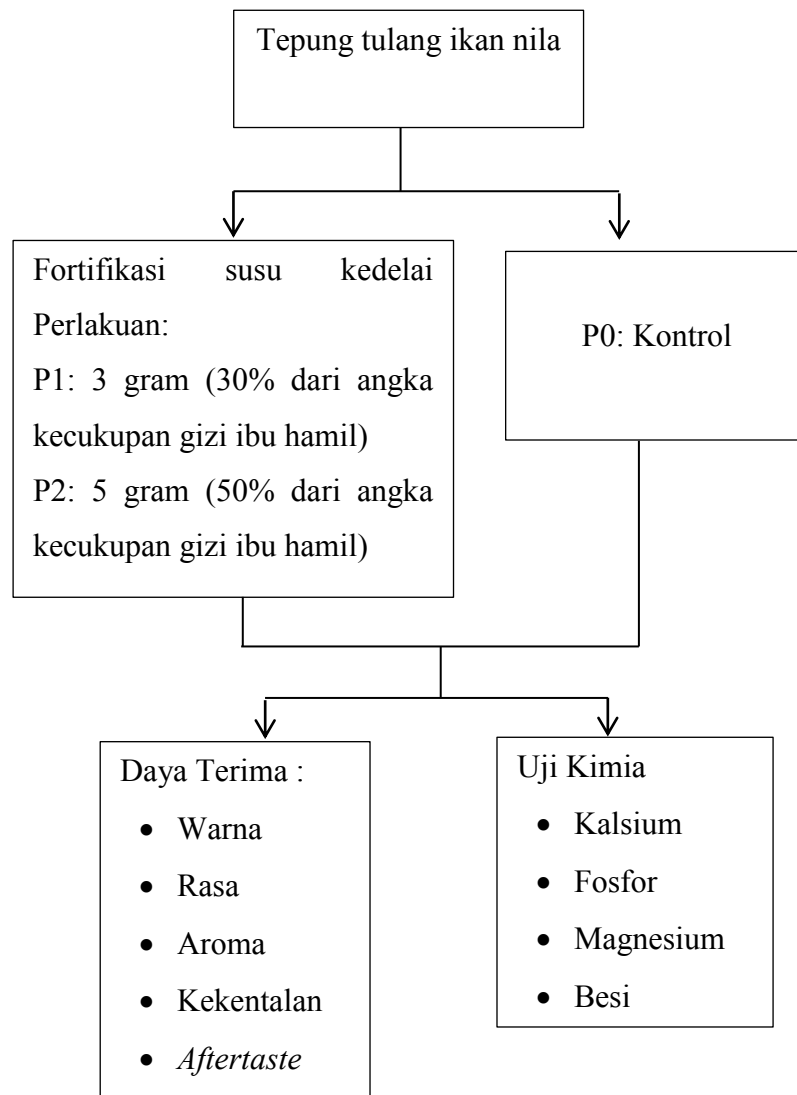
H. Kerangka Teori



Gambar 2. Kerangka teori

Sumber : (a) (Ramayulis, Pramantara and Pangastuti, 2021), (b) (Adyani, 2020), (c) (Munitikah, 2017)

I. Kerangka Konsep



Gambar 3. Kerangka konsep

J. Definisi Oprasional

Tabel 6. Definisi Oprasional

No	Variabel	Defenisi Operasional	Skala
1	Tepung tulang ikan nila	Tulang ikan nila hasil limbah yang diperoleh dari PT Aquafarm Nusantara Sei Buluh Sei Rampah kemudian diolah menjadi tepung tulang ikan nila. Tulang ikan disortir terlebih dahulu untuk memisahkan bagian sirip dan ekor yang masih melekat pada tulang ikan. Kemudian tulang ikan direndam dengan cuka selama 10 menit. Tulang ikan dipresto $\pm$ 2 jam. Tulang yang sudah bersih ditiriskan dan di keringkan di cabinet dryer dengan suhu $60^{\circ}\text{C} \pm 5$ jam. Kemudian tulang yang sudah kering digiling hingga halus lalu diayak menggunakan ayakan 100 mesh.	
2	Susu kedelai fortifikasi tepung tulang ikan nila	Susu kedelai atau susu soya adalah minuman nabati yang terbuat dari kedelai. Proses pembuatannya dilakukan dengan langkah awal merendam kacang kedelai selama 8 jam kemudian blender menggunakan air hangat dengan perbandingan kacang kedelai dan air hangat 1:3. Saring hingga menjadi susu kedelai, lalu panaskan hingga mendidih. Kemudian tambahkan tepung tulang ikan nila sesuai dengan perlakuan yaitu P1 1gram; P2 2gram; P3 3gram; P4	

		4gram; P5 5gram	
3	Daya terima panelis	Penerimaan daya terima panelis dengan cara peneliti memberikan susu kedelai sebanyak 20 ml yang disajikan pada gelas yang diberi label kemudian diujikan pada mahasiswa. Pengujian dilakukan dengan menggunakan panca indera sebagai parameter penilaian, meliputi warna, aroma rasa, kekentalan, dan <i>aftertaste</i> susu kedelai dengan fortifikasi tepung tulang ikan nila. Hasilnya dinyatakan dalam skala hedonik dengan kriteria sebagai berikut: a. Amat sangat suka : 5 b. Sangat suka : 4 c. Suka : 3 d. Kurang suka : 2 e. Tidak suka : 1	Ordinal
		Aftertaste adalah sensasi rasa yang tertinggal di rongga mulut setelah menelan susu kedelai dengan fortifikasi tepung tulang ikan nila. Penilaian aftertaste terdiri dari tiga parameter, yaitu: a. Intensitas menunjukkan tingkat kekuatan rasa yang tertinggal Diukur menggunakan skala: 1 = sangat lemah 2 = lemah 3 = sedang	

	4 = kuat	
	5 = sangat kuat	
	b. Durasi menunjukkan lamanya rasa bertahan di mulut.	
	Diukur menggunakan skala:	
	1 = sangat singkat (5-10 detik)	
	2 = singkat (10-15 detik)	
	3 = sedang (15 detik -1 menit)	
	4 = lama (1-5 menit)	
	5 = sangat lama (lebih dari 5 menit)	
	c. Kesan keseluruhan menunjukkan persepsi panelis terhadap rasa akhir.	
	Diukur menggunakan skala:	
	1 = netral (tidak terasa amis)	
	2 = sedikit terasa amis ikan	
	3 = terasa amis ikan	
4	Kadar kalsium	Rasio
	Kandungan kalsium pada produk susu kedelai dengan fortifikasi tepung tulang ikan nila yang diuji dengan metode ICP-OES di PT. Saraswanti Indo Genetech (SIG) Bogor.	
5	Kadar fosfor	Rasio
	Kandungan fosfor pada produk susu kedelai dengan fortifikasi tepung tulang ikan nila yang diuji dengan metode ICP-OES di PT. Saraswanti Indo Genetech (SIG) Bogor.	

6	Kadar magnesium	Kandungan magnesium pada produk susu kedelai dengan fortifikasi tepung tulang ikan nila yang diuji dengan metode ICP-OES di PT. Saraswanti Indo Genetech (SIG) Bogor.	Rasio
7	Kadar besi	Kandungan besi pada produk susu kedelai dengan fortifikasi tepung tulang ikan nila yang diuji dengan metode ICP-OES) di PT. Saraswanti Indo Genetech (SIG) Bogor.	Rasio

K. Hipotesis

- H₀ : Tidak ada perbedaan daya terima susu kedelai dengan fortifikasi tepung tulang ikan nila yang berbeda
- H_a : Ada perbedaan analisis uji kimia susu kedelai dengan fortifikasi tepung tulang ikan nila yg berbeda.