

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kalsium

1. Defenisi kalsium

Kalsium adalah salah satu mineral makro utama yang sangat penting untuk menjalankan banyak proses fisiologis dalam tubuh, seperti mengatur sekresi hormon, berpartisipasi dalam kontraksi otot dan transmisi impuls saraf, menjalankan sistem kekebalan tubuh, dan pertumbuhan tulang (Bulletin and Medical, 2022). Kalsium juga terlibat dalam banyak proses biologis, seperti seperti transduksi sinyal, homeostasis enzim dan hormon, dan pelepasan neurotransmitter dan saraf fungsi sel. Kalsium juga merupakan nutrisi penting untuk mineralisasi tulang dan komponen intraseluler utama untuk mempertahankan membran sel (Mousa, Naqash and Lim, 2021).

Kalsium dalam plasma dapat ditemukan dalam tiga bentuk, yaitu terionisasi, terikat pada protein (albumin), dan yang kompleks dengan asam organik. Satu-satunya bentuk kalsium yang aktif dalam cairan tubuh adalah bentuk terionisasi (Mujtahed and Sharifi, 2023). Tubuh membutuhkan kalsium untuk berbagai fungsi penting, seperti jantung, neurologi, otot, hormon, dan enzim. Kalsium menyumbang 1,5–2% dari berat badan orang dewasa, atau sekitar 1 kg dalam tubuh manusia. Selain itu, kalsium memainkan peran penting dalam pembentukan gigi dan tulang (Bourassa *et al.*, 2022).

2. Sumber kalsium

Produk hewani, seperti susu dan produk olahannya, seperti yogurt dan keju, adalah sumber kalsium yang paling kaya dan bioavailable. Tidak hanya berbagai jenis makanan dapat menyediakan kalsium, tetapi berbagai jenis makanan juga dapat menyediakan kalsium. Kalsium juga ditemukan dalam beberapa makanan nabati, tetapi dalam jumlah yang lebih sedikit dan dalam tingkat bioavailabilitas yang berbeda. Biji-bijian, kacang-kacangan, dan sayuran berdaun hijau seperti kale dan pakcoy dapat membantu meningkatkan asupan kalsium (Bourassa *et al.*, 2022).

Susu dan yogurt dapat menyumbang kalsium antara 100 mg-180 mg/100 g. Sereal biasanya memiliki sekitar 30 mg/100 g, sedangkan untuk produk kacang-kacangan dan biji-bijian dapat menyediakan antara 250-600 mg/100 g. Sayur-sayuran yang kaya kalsium menyediakan antara 100-150 mg/100 g (Kementerian Kesehatan, 2017).

3. Rekomendasi asupan kalsium

Untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tulang, anak-anak usia 1 hingga 3 tahun disarankan untuk mengonsumsi 700 mg kalsium setiap hari, anak-anak usia 4 hingga 8 tahun disarankan untuk mengonsumsi 1.000 mg setiap hari, dan remaja usia 9 hingga 18 tahun disarankan untuk mengonsumsi 1.300 mg kalsium setiap hari karena ini adalah usia kritis untuk akumulasi massa tulang (Tarigan and Sihotang, 2024).

Menurut Institute of Medicine, orang dewasa berusia 19 hingga 50 tahun harus mengonsumsi 1.000 mg kalsium setiap hari. Namun, untuk wanita di atas usia lima puluh tahun dan pria di atas usia tujuh puluh tahun, asupan kalsium disarankan meningkat menjadi 1.200 mg setiap hari untuk menjaga kesehatan tulang dan mencegah osteoporosis (Soni *et al.*, 2022). Namun, wanita hamil dan menyusui membutuhkan lebih banyak kalsium, dengan rekomendasi 1.200 mg kalsium untuk wanita hamil dan menyusui. Mendapatkan asupan kalsium yang cukup dapat membantu ibu menghindari risiko preeklamsia dan osteoporosis di kemudian hari, dan memastikan bayi memiliki kesehatan tulang yang baik (Bourassa *et al.*, 2022).

Tabel 2. 1 Angka Kecukupan Kalsium

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

Sumber : (Kementrian Kesehatan, Ummah, 2019)

4. Dampak kekurangan kalsium

Asupan kalsium melalui makanan umumnya rendah pada populasi di wilayah berpenghasilan rendah. (Palacios *et al.*, 2021). Kekurangan kalsium dapat berdampak serius yang dapat menyebabkan penurunan mineral tulang dan meningkatkan risiko fraktur dan osteoporosis. Pada anak-anak, kekurangan kalsium berisiko terkena rakhitis selama pertumbuhan dan meningkatkan risiko osteoporosis di kemudian hari (Kafein, 2014). Selain berdampak pada kesehatan tulang, kekurangan kalsium juga dapat mempengaruhi metabolisme tubuh secara keseluruhan. Kekurangan kalsium dapat mengganggu fungsi otot,

termasuk kram otot dan spasme, dan mempengaruhi kesehatan jantung dengan meningkatkan risiko hipertensi. Kalsium juga dibutuhkan untuk mengatur kontraksi otot dan fungsi saraf. Hal ini menunjukkan betapa pentingnya kalsium untuk kesehatan tulang sepanjang hidup (Soni *et al.*, 2022).

Sementara bagi ibu hamil, asupan kalsium yang rendah beresiko mengalami preeklamsia serta menghambat pertumbuhan tulang janin. Pada pengamatan yang dilakukan pada wanita di Suku Maya di Guatemala memiliki prevalensi hipertensi yang rendah dan asupan kalsium yang tinggi sehingga mendukung hipotesis bahwa asupan kalsium dapat berperan dalam perkembangan preeklamsia. Ini terlepas dari fakta bahwa wanita Suku Maya tidak memiliki akses terhadap produk susu, tetapi kebiasaan mereka merendam jagung, yang menjadi makanan pokok mereka, dalam air kapur (kalsium hidroksida) sebelum digiling (Gomes *et al.*, 2022).

5. Metabolisme kalsium

Metabolisme kalsium merupakan proses yang kompleks, melibatkan penyerapan, distribusi, dan ekskresi kalsium dalam tubuh. Sebagian besar penyerapan kalsium terjadi di usus halus, terutama di duodenum dan jejunum. Dalam proses ini, kalsium diangkut ke dalam sel usus melalui protein pengangkut. Kehadiran zat gizi lain, seperti vitamin D meningkatkan penyerapan kalsium. Vitamin D meningkatkan penyerapan kalsium dengan meningkatkan sintesis protein pengangkut kalsium dalam usus. Setelah mengonsumsi makanan yang mengandung kalsium, tubuh biasanya dapat menyerap kalsium selama 1-2 jam. Namun, efisiensi penyerapan bervariasi tergantung pada jenis makanan dan kondisi pencernaan (Gomes *et al.*, 2022).

Beberapa zat gizi lain yang membantu penyerapan kalsium adalah magnesium dan fosfor. Magnesium diperlukan untuk mengubah vitamin D menjadi bentuk aktifnya, yang sangat penting untuk penyerapan (Bailey *et al.*, 2019). Sedangkan keberadaan fitat dan oksalat pada makanan dapat membatasi penyerapan kalsium. Karena fitat dan oksalat tidak terlarut dan terionisasi bahkan pada pH rendah yang ditemukan selama transit lambung (Shkempi and Huppertz, 2022).

Tubuh menerima kalsium dalam bentuk fosfat, karbonat, dan tartrat melalui makanan, dan reabsorpsinya dilakukan oleh tubulus ginjal. Sekitar 40% kalsium yang dikonsumsi diserap dan diekskresikan oleh usus. Proses penyerapan kalsium terutama terjadi di awal duodenum usus kecil, di mana asam lambung benar-benar netral ($\text{pH} = 2-7$). Sekresi lambung membantu larutnya sebagian besar garam kalsium anorganik dan organik di perut. Sekitar 250 mmol ion kalsium disaring oleh ginjal setiap hari, dan sekitar 95% dari jumlah ini diserap kembali melalui tubulus ginjal (Mujtahed and Sharifi, 2023).

Lebih dari 90% penyerapan kalsium pada manusia terjadi di usus halus, sementara sekitar 3–6% diserap di usus besar, tergantung pada jumlah kalsium yang tersedia. Di usus besar, penyerapan kalsium berlangsung melalui mekanisme aktif maupun pasif. Ketika asupan kalsium berada pada tingkat cukup atau tinggi, sebagian besar proses penyerapan di usus halus terjadi di bagian ileum. Hal ini disebabkan oleh waktu transit chyme yang lebih lama di ileum dibandingkan dengan duodenum dan jejunum. Pada manusia, waktu transit di ileum diperkirakan sekitar 78 menit, sedangkan di jejunum sekitar 102 menit, dan di duodenum hanya sekitar 15 menit (Shkembi and Huppertz, 2022).

B. Tulang Ikan

1. Defenisi tulang ikan

Tulang terdiri dari unsur organik dan anorganik, yang masing-masing berfungsi sebagai jaringan penyokong utama tubuh. Unsur organik termasuk protein, kondroitin sulfat, dan mukopolisakarida, sedangkan unsur anorganik terutama kalsium dan fosfor. Tulang ikan juga mengandung ion sitrat, klorida, fluorida, magnesium, karbonat, dan hidroksil. Di antara bagian tubuh ikan lainnya, tulang ikan mengandung jumlah kalsium tertinggi dalam bentuk fosfat, yang menyumbang 14% dari struktur tulang (Febriani *et al.*, 2021). Namun, sebagai produk sampingan dari ikan, tulang sering dibuang dan kurang dimanfaatkan karena proses pengolahan yang tidak tepat.



Gambar 2. 1 Tulang Ikan Nila

2. Manfaat tulang ikan

Masyarakat sebelumnya memakan tulang ikan untuk pakan ternak. Banyak orang belum tahu bahwa tulang ikan kaya akan kalsium. Para ahli percaya bahwa tulang ikan, sebagai sumber nutrisi, terutama kalsium dan fosfor, dapat digunakan untuk meningkatkan kesehatan tulang dan mencegah osteoporosis (Febriani *et al.*, 2021). Selain itu, tulang ikan dapat diolah menjadi tepung, yang dapat digunakan sebagai bahan tambahan untuk membuat roti, sereal, dan kue.

3. Kandungan gizi tulang ikan

Kandungan zat gizi pada tulang ikan juga dapat bervariasi tergantung pada jenis ikan dan pengolahan yang digunakan. Berikut beberapa kandungan zat gizi tulang ikan yang sudah diteliti:

Tabel 2. 2 Zat Gizi Tulang Ikan

Zat Gizi	Tulang Ikan Tenggiri*	Tulang Ikan Lele**	Tulang Ikan Patin***
Air	1,28%	11,34%	24,11%
Abu	27,49	59,49%	
Protein	40,35%	23,86%	24,11%
Lemak	21,5%	0,96%	12,75%
Karbohidrat	4,77%	4,35%	0%
Serat	4,57%		
Kalsium	0,403%	11,47%	61,238mg
Fosfor			19,8512%
Magnesium		2,1%	

Ket :

* (Putri *et al.*, 2019)

** (Purwatti *et al.*, 2022)

*** (Oktavianawati and Palupi, 2017)

4. Tepung tulang ikan nila

Produk sampingan dari proses penggilingan dan pengeringan tulang ikan, yang kaya akan kalsium dan fosfor, dikenal sebagai tepung tulang ikan. Kandungan mineralnya yang tinggi sangat penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tubuh. Karena kandungan mineral dan proteinnya yang tinggi, tepung tulang ikan sangat bermanfaat sebagai sumber nutrisi, terutama di daerah yang kekurangan protein hewani. Bahkan International Seafood of Alaska (ISA), suatu perusahaan di Amerika Serikat, memproduksi tepung tulang ikan dengan harapan dapat digunakan sebagai obat alami untuk wanita yang menderita osteoporosis karena mengandung mineral tinggi seperti kalsium dan fosfor (Triana, Angkasa and Fadhillah, 2019).

5. Pengolahan pembuatan tepung tulang ikan nila

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Tarigan and Sihotang, 2024) telah mengolah tulang ikan nila menjadi tepung tulang ikan dengan prosedur sebagai berikut:

1. Tulang ikan nila yang sudah dibersihkan dari bagian sirip, ekor, dan tulang belakang sebanyak 29 kg dicuci dengan air mengalir hingga bersih.
2. Tulang ikan yang sudah bersih direndam dengan cuka sebanyak 50 ml dalam 1 kg/1 liter air selama 10 menit.
3. Kemudian tulang ikan dipresto selama 2 jam dan menghasilkan tulang ikan sebanyak 19,003 g.
4. Kemudian tulang ikan ditiriskan.
5. Selanjutnya, tulang ikan dikeringkan dalam cabinet dryer dalam suhu 60°C selama 5 jam. Setelah dikeringkan diperoleh hasil 10,335 g.
6. Tulang ikan nila yang sudah kering digiling hingga halus dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh.
7. Rendemen yang diperoleh yaitu 35,65%.

Setelah menjadi tepung, analisis kandungan gizi dilakukan, berikut hasil uji kandungan tepung tulang ikan nilai:

Tabel 2. 3 Nilai Gizi Tepung Tulang Ikan Nila

Parameter	Hasil	Satuan
Air	4,89	g/100g
Abu	52,44	g/100g
Lemak	16,63	g/100g
Protein	21,60	g/100g
Karbohidrat	4,44	kcal/100g
Kalori	253,83	mg/Kg
Kalsium	11.724,3	mg/Kg
Fosfor	90,717	mg/Kg
Magnesium	2655,60	mg/Kg

Sumber: (Tarigan and Sihotang, 2024)

C. Tempe

1. Definisi tempe

Tempe adalah makanan kacang-kacangan yang kaya nutrisi yang umumnya dimakan di Asia Tenggara, terutama di Indonesia dan Malaysia. Ini dibuat dari kedelai. Kapang *Rhizopus spp.* berkembang biak selama proses fermentasi, yang memecah nutrisi kompleks kedelai menjadi bentuk yang lebih sederhana, sehingga makanan yang kaya protein dan nutrisi lebih mudah diakses oleh hayati (Teoh *et al.*, 2024).

Tempe adalah salah satu sumber protein nabati yang sudah dikenal sejak dulu di Indonesia terutama dalam budaya makan masyarakat. Tempe adalah kedelai yang difermentasi menggunakan *Lactobacillus rhamnosus* GG dapat meningkatkan ketersediaan hayati isoflavon (Zahra *et al.*, 2023).



Gambar 2. Tempe

2. Manfaat tempe

Tempe mengandung banyak nutrisi penting, seperti protein, lemak, karbohidrat, vitamin, dan mineral. Selain itu, tempe mengandung bioaktif bermanfaat bagi kesehatan, seperti vitamin B12, yang penting untuk pembentukan sel darah merah (Komala, Dewanti-Hariyadi and Wulandari, 2024). Tempe yang kaya protein, isoflavon, dan rendah lemak dan pati, membantu menurunkan risiko diabetes tipe 2.

Tempe mengandung fitoestrogen, peptida bioaktif, dan isoflavonoid yang membantu menurunkan glukosa darah, kolesterol, dan berat badan. Tempe juga mengandung folat, yang membantu melindungi fungsi otak dan menurunkan risiko demensia seperti Alzheimer. Protein dan seratnya memiliki kemampuan untuk mendukung kesehatan jantung dengan menghambat penyerapan kolesterol. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Nurkolis dkk.

(2022) menunjukkan bahwa senyawa dalam tempe dapat berfungsi sebagai anti kanker dengan menghentikan pertumbuhan dan memicu kematian sel kanker (Teoh *et al.*, 2024).

3. Kandungan zat gizi tempe

Tempe merupakan salah satu produk pangan hasil fermentasi kedelai yang memiliki kandungan gizi cukup lengkap dan bermanfaat bagi kesehatan. Untuk memberikan gambaran lebih jelas mengenai komposisi gizinya, berikut disajikan tabel nilai gizi tempe per 100 gram bahan berdasarkan Tabel Komposisi Pangan Indonesia (TKPI):

Tabel 2. 4 Kandungan Zat Gizi Tempe

Kandungan zat gizi	Jumlah
Air (g)	55.3
Energi (kal)	201
Protein (g)	20.8
Lemak (g)	8.8
Karbohidrat (g)	13.5
Serat (g)	1.4
Abu (g)	1.6
Kalsium (mg)	155
Fosfor (mg)	326
Besi (mg)	4.0
Natrium (mg)	9
Kalium (mg)	234.0
Tembaga (mg)	0.57
Seng (mg)	1.7
B- kar (mcg)	0
Thiamin (mg)	0.19
Riboflavin (mg)	0.59
Niasin (mg)	4.9

Sumber : (Kementerian Kesehatan, TKPI 2017)

4. Syarat mutu tempe

Salah satu karakteristik tempe adalah berbentuk padatan kompak, berwarna putih, dan memiliki aroma khas tempe. Agar tempe memiliki karakteristik tersebut, proses pembuatannya harus dilakukan dengan benar dan memenuhi standar mutu yang berlaku. Syarat mutu tempe berdasarkan SNI 3144:2009 adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 5 Standar Mutu Tempe

No.	Kriteria uji	Satuan	Persyaratan
1	Keadaan		
1.1	Bau	-	Normal, khas
1.2	Warna	-	Normal
1.3	Rasa	-	Normal
2	Kadar air (b/b)	%	maks. 65
3	Kadar abu (b/b)	%	Maks. 1,5
4	Kadar lemak (b/b)	%	Min. 10
5	Kadar Protein (N x 6,25) (b/b)	%	Min. 16
6	Kadar serat kasar (b/b)	%	maks. 2,5
7	Cemaran logam		
7.1	Kadmium (Cd)	mg/kg	maks. 0,2
7.2	Timbal (Pb)	mg/kg	maks. 0,25
7.3	Timah (Sn)	mg/kg	maks. 40
7.4	Merkuri (Hg)	mg/kg	maks. 0,03
8	Cemaran Arsen (As)	mg/kg	maks. 0,25
9	Cemaran mikroba		
9.1	Bakteri coliform	APM/kg	maks. 10
9.2	Salmonella sp.	-	negatif/25 g

Sumber : (Standarisasi Nasional, 2009)

5. Prosedur pembuatan tempe

Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Alvina, Hamdani and Jumiono, 2019) proses pembuatan tempe adalah sebagai berikut:

a) Alat

Alat yang digunakan adalah panci, baskom, pisau, tampah, plastik, sendok, sarung tangan, timbangan analitik.

b) Bahan

Kacang kedelai 1kg, ragi 2 g

c) Cara pembuatan tempe

- 1) Kacang kedelai yang berkualitas baik dipilih dan dibersihkan dari kotoran maupun benda asing seperti batu.
- 2) Kacang kedelai dicuci menggunakan air yang mengalir.
- 3) Kacang kemudian direndam dalam air hingga seluruh biji terendam selama kurang lebih 12 jam.
- 4) Setelah itu, kacang dicuci kembali sambil diaduk-aduk dengan tangan hingga kulitnya terkelupas dan biji kedelai terbelah.
- 5) Kulit yang sudah terkelupas dipisahkan dari biji.
- 6) Proses perebusan kacang dilakukan selama sekitar 45 menit.
- 7) Kacang kedelai yang telah direbus dituang ke atas tampah dan dibiarkan hingga mengering serta mencapai suhu ruang.
- 8) Ragi ditaburkan secara merata di atas permukaan kacang kedelai.
- 9) Plastik yang akan digunakan untuk membungkus kacang terlebih dahulu dilubangi.
- 10) Kacang kedelai yang sudah diberi ragi kemudian dikemas ke dalam plastik.
- 11) Proses inkubasi dilakukan pada suhu ruang selama 24 hingga 48 jam.

6. Pengaruh fermentasi terhadap nutrisi tempe

Pada proses fermentasi kadar kalsium mengalami penurunan, tetapi penurunan ini menunjukkan perubahan, bukan kerusakan. Sebaliknya, bentuk kalsium menjadi lebih bioavailable. Kapang *Rhizopus* menghasilkan enzim fitase, yang mengurai asam fitat, yang merupakan senyawa pengikat mineral.

Akibatnya, kalsium yang awalnya terikat berubah menjadi bentuk ionik yang lebih mudah diserap tubuh. Ketersediaan biologis kalsium meningkat secara kualitatif meskipun kadarnya menurun (Sine, Endang and Soetarto, 2018).

Untuk zat gizi lain, aktivitas mikroba meningkatkan vitamin B12 sebesar 16,56% melalui fermentasi, sementara kadar nitrogen, besi, dan fosfor turun (masing-masing 6,01%, 52,22%, dan 68,41%). Namun daya cerna mineral seperti magnesium dan zink meningkat setelah penurunan ini. Selain itu, fermentasi mengoptimalkan profil gizi dengan meningkatkan protein terlarut dan mengurangi senyawa antinutrisi, meskipun jumlah vitamin tertentu seperti tiamin dapat berkurang (Rodhiyah and Kirom, 2023).

D. Fortifikasi

1. Defenisi fortifikasi

Menurut WHO (World Health Organization), fortifikasi adalah teknik meningkatkan kandungan zat gizi mikro (vitamin dan mineral) dalam makanan atau bumbu secara sengaja untuk meningkatkan kualitas makanan dan memberikan manfaat kesehatan masyarakat dengan risiko kesehatan yang minimal. Penambahan zat gizi mikro juga dapat meningkatkan kandungan gizi makanan pokok dan membantu memulihkan zat gizi mikro yang hilang selama pemrosesan.

Fortifikasi pangan terdiri dari empat metode utama, yaitu biofortifikasi, fortifikasi komersial atau industri, fortifikasi rumah tangga, dan sintesis biologis. Biofortifikasi dilakukan melalui pemuliaan tanaman untuk meningkatkan kandungan gizi alaminya, contohnya Golden Rice yang diperkaya beta-karoten, sedangkan fortifikasi komersial dilakukan dengan menambahkan zat gizi pada pangan yang diproduksi secara massal seperti tepung dan minyak. Fortifikasi rumah tangga umumnya menggunakan tetes vitamin yang ditambahkan langsung ke makanan, sementara sintesis biologis melibatkan penambahan probiotik. Bahan fortifikan biasanya berbentuk serbuk, premiks, atau kapsul yang ditambahkan melalui teknik seperti penaburan (*dusting*), pencampuran (*mixing*), dan ekstrusi. Dengan demikian, penambahan bahan seperti tepung yang telah diperkaya zat gizi, misalnya

premix vitamin atau mineral, tetap termasuk dalam fortifikasi karena tujuannya adalah meningkatkan kandungan gizi pangan, bukan ditentukan oleh bentuk bahan yang digunakan (Rahmawati, 2023).

Fortifikasi adalah intervensi berbasis bukti yang membantu mencegah, mengurangi, dan mengendalikan defisiensi mikronutrien. Fortifikasi dapat digunakan untuk memperbaiki defisiensi mikronutrien pada populasi umum (fortifikasi massal atau skala besar) atau pada kelompok populasi tertentu (fortifikasi tertarget, seperti anak-anak, ibu hamil, dan penerima manfaat program perlindungan sosial) (Daeng, 2019). Fortifikasi pangan merupakan pendekatan yang relatif terjangkau dan memberikan dampak positif di berbagai aspek, termasuk kesehatan, ekonomi, dan sosial. Metode ini memberikan keuntungan (Olson *et al.*, 2021).

Menurut Pasal 12 dan 13 Peraturan Badan Pengawas Obat dan Makanan Nomor 26 Tahun 2021 tentang Informasi Nilai Gizi pada Label Pangan Olahan, hasil analisis zat gizi dan zat nongizi pada pangan olahan harus minimal 80% dari nilai pada tabel Informasi Nilai Gizi (ING), dengan batas maksimal 120% untuk zat gizi seperti energi total, lemak, gula, dan garam. Nilai minimal untuk lemak total, gula, dan garam adalah 60%, lemak jenuh dan kolesterol adalah 40%, dan lemak trans tidak boleh melebihi nilai yang dicantumkan. Namun, untuk makanan olahan yang diwajibkan untuk memiliki kandungan fortifikan, kandungan zat gizi harus setidaknya memenuhi persyaratan kandungan fortifikan yang ditetapkan oleh peraturan perundang-undangan yang berlaku (BPOM, 2021).

2. Manfaat fortifikasi

Fortifikasi memberikan berbagai manfaat, khususnya dalam upaya meningkatkan status gizi masyarakat. Melalui penambahan vitamin dan mineral pada makanan pokok, fortifikasi berperan dalam mencegah defisiensi gizi yang umum terjadi pada kelompok rentan, seperti anak-anak dan ibu hamil. Langkah ini penting guna menunjang pertumbuhan dan perkembangan yang optimal serta menghindari berbagai penyakit akibat kekurangan gizi (Alisa *et al.*, 2023).

3. Produk hasil fortifikasi

Pemerintah Indonesia telah mengembangkan dan menerapkan program fortifikasi pangan berskala besar pada beberapa produk pangan pokok, seperti garam beryodium, tepung terigu, dan minyak goreng. Program ini bertujuan untuk meningkatkan status gizi masyarakat, khususnya untuk mencegah kekurangan zat gizi mikro seperti vitamin A, zat besi, dan yodium. Selain itu, pemerintah juga sedang mengembangkan fortifikasi beras sebagai strategi penting karena Standar nasional dan integrasi ke dalam program bantuan pangan sosial untuk membantu masyarakat berpendapatan rendah mendukung penguatan beras. (UNICEF and BAPPENAS, 2024).

E. Daya Terima

Daya terima adalah teknik pengujian yang menggunakan indra manusia. Faktor terpenting yang memastikan keberhasilan produk makanan dan minuman adalah sifat sensorik mereka. Untuk melakukan evaluasi sensorik, indera penglihatan, penciuman, sentuhan, rasa, dan pendengaran digunakan; kemudian, interpretasi tanggapan yang dihasilkan dari penggunaan indera ini dilakukan. Warna, aroma, tekstur, dan rasa adalah sifat sensoris yang diuji.

1. Warna

Warna adalah komponen visual produk dan faktor penilaian sensori yang penting. Ada perbedaan pendapat tentang kualitas warna karena corak warna sulit diukur. Ini karena setiap orang memiliki penglihatan yang berbeda, jadi meskipun mereka dapat membedakan warna, setiap orang memiliki preferensi yang berbeda. Warna pada makanan sangat penting karena dapat membangkitkan selera. Warna makanan yang menarik dapat mempengaruhi dan meningkatkan selera makan pelanggan, bahkan dapat menjadi petunjuk bagi kualitas makanan yang dibuat.

2. Tekstur

Sensasi peraba dan sentuhan menentukan tekstur makanan. Anda dapat mengetahui apakah makanan itu kasar, halus, keras, atau lembek dengan melihatnya. Tekstur dapat dilihat dengan jari atau dengan mulut (ketika digigit, dikunyah, dan ditelan).

3. Aroma

Aroma adalah bau yang dinilai secara subjektif oleh indra penciuman dan dibuat oleh suatu makanan. Aroma adalah salah satu cara paling umum untuk mengidentifikasi bahan makanan. Aroma sangat penting untuk menentukan kualitas dan tingkat penilaian suatu bahan. Bentuk, warna, dan bau makanan baru mungkin yang paling menonjol. Setelah bau diterima, cita rasa dan tekstur menjadi penentu utama.

4. Rasa

Rasa bahan pangan adalah faktor yang sangat penting dalam menentukan daya terima konsumen dan merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh dalam menentukan kualitas bahan pangan.

F. Jenis Panelis

Dalam melakukan uji sensori atau uji organoleptik, penilaian dilakukan oleh panel sebagai alat atau instrument. Orang atau individu yang termasuk panel adalah panelis, berdasarkan tingkat sensitivitas dan tujuan dari setiap pengujian, dikenal beberapa macam panel, yaitu:

1. Panel Perseorangan (Individual expert panel)

Panel individu sangat ahli dengan kepekaan spesifik yang sangat tinggi, yang dihasilkan dari bakat dan latihan yang intensif. Panel individu sangat memahami sifat, fungsi, dan proses pengolahan bahan yang akan dinilai, dan mereka menguasai metode analisis organoleptik dengan sangat baik. Keuntungan menggunakan panelis ini adalah penilaian yang efektif, sensitif, dan tidak bias. Panel individu biasanya digunakan untuk menemukan penyimpangan yang tidak signifikan dan menentukan sumbernya.

2. Panel Terbatas (small expert panel)

Untuk menghindari bias, panel terbatas terdiri dari tiga hingga lima orang dan sangat sensitif. Panelis ini mengenal dengan baik komponen penilaian organoleptik dan tahu bagaimana pengolahan dan bagaimana bahan baku mempengaruhi hasil akhir.

3. Panel terlatih (trained panel)

Panel terlatih terdiri dari 15 hingga 25 orang yang sangat peka. Seleksi dan latihan-latihan diperlukan sebelum menjadi panelis terlatih. Panelis ini memiliki kemampuan untuk menilai berbagai rangsangan sehingga tidak terlalu spesifik.

4. Panel agak terlatih

Panel agak terlatih terdiri dari 15 hingga 25 orang, termasuk sekelompok mahasiswa atau staf peneliti yang dijadikan panelis secara musiman.

5. Panel tak terlatih

Faktor sosial seperti latar belakang pendidikan, asal daerah, dan kelas ekonomi masyarakat lebih diperhatikan dalam pemilihan anggotanya. Uji kesukaan (test preference) dilakukan dengan panel tak terlatih.

6. Panel konsumen

Anggota panel konsumen berkisar antara tiga puluh hingga seribu. Sebelum pengujian pasar, uji kesukaan digunakan untuk mengetahui tingkat penerimaan pelanggan.

G. Uji Kimia

1. Kadar air

Kadar air dalam makanan sangat penting karena mempengaruhi penampilan, tekstur, dan rasanya. Karena itu, air memainkan peran penting dalam menentukan daya tahan makanan terhadap kontaminasi mikroba (Istianah, 2019). Uji kadar air juga dapat menunjukkan kesegaran dan daya tahan produk. Tujuan dari uji ini adalah untuk mengetahui seberapa lama produk tempe bertahan (Ratnajuita, Nazaruddin and Amaro, 2024).

Tabel 2. 6 Angka Kecukupan Kadar Air

Kelompok Umur	Air (ml)
10-12 tahun	1850
13-15 tahun	2100
16-18 tahun	2150
19-29 tahun	2350
30-49 tahun	2350
50-64 tahun	2350
65-80 tahun	1550
80+ tahun	1400
Hamil (+an)	
Trimester 1	+300
Trimester 2	+300
Trimester 3	+300

Sumber : (Kementrian Kesehatan, Ummah, 2019)

2. Kadar abu

Endapan mineral yang dihasilkan setelah pembakaran bahan organik pada suhu tinggi dalam perapian disebut kadar abu. Kadar abu secara tidak langsung menunjukkan banyaknya mineral yang ada dalam suatu bahan pangan (Rauf, 2015). Abu adalah sisa anorganik yang dibuat ketika bahan organik dibakar. Untuk mengetahui presentasi gizi zat-zat secara keseluruhan, adalah penting untuk mengetahui berapa banyak abu yang ada dalam suatu bahan. (Ratnajuita, Nazaruddin and Amaro, 2024).

3. Protein

Menurut Probosari (2019), protein adalah mikromolekul yang terdiri dari sejumlah asam amino yang diikat oleh ikatan peptida dan terdiri dari karbon, hidrogen, oksigen, dan nitrogen. Komponen utama protein adalah nitrogen, yang menyumbang 16% dari beratnya. Tubuh membutuhkan protein

untuk pertumbuhan dan pemeliharaan jaringan, yang menjadikannya sangat penting bagi tubuh. Untuk mengetahui berapa banyak protein yang ada dalam tempe, uji kimia protein dilakukan. (Ratnajuita, Nazaruddin and Amaro, 2024).

Tabel 2. 7 Angka Kecukupan Protein

Kelompok Umur	Protein (g)
10-12 tahun	55
13-15 tahun	65
16-18 tahun	65
19-29 tahun	60
30-49 tahun	60
50-64 tahun	60
65-80 tahun	58
80+ tahun	58
Hamil (+an)	
Trimester 1	+1
Trimester 2	+10
Trimester 3	+30

Sumber : (Kementrian Kesehatan, Ummah, 2019)

4. Lemak

Kadar lemak, yang dapat dihitung melalui penggunaan teknik ekstraksi seperti Soxhlet, adalah jumlah lemak yang terdapat dalam suatu bahan. Uji ini sangat penting untuk mengetahui kualitas gizi makanan dan jumlah kalorinya (AOAC, 2000). Uji kimia lemak dilakukan untuk mengetahui berapa banyak lemak yang ada pada tempe.

Tabel 2. 8 Angka Kecukupan Lemak

Kelompok Umur	Lemak (g)
10-12 tahun	65
13-15 tahun	70
16-18 tahun	70
19-29 tahun	65
30-49 tahun	60
50-64 tahun	50
65-80 tahun	45
80+ tahun	40
Hamil (+an)	
Trimester 1	+2.3
Trimester 2	+2.3
Trimester 3	+2.3

Sumber : (Kementrian Kesehatan, Ummah, 2019)

5. Karbohidrat

Uji ini sangat penting untuk memahami komposisi energi dan gizi bahan makanan karena dapat dihitung dengan mengurangi total kadar air, protein, lemak, dan abu dari seratus persen. Uji kadar karbohidrat mengukur jumlah total karbohidrat dalam bahan makanan. Uji ini dilakukan untuk mengetahui berapa banyak karbohidrat dalam tempe.

Tabel 2. 9 Angka Kecukupan Karbohidrat

Kelompok Umur	Karbohidrat (g)
10-12 tahun	280
13-15 tahun	300
16-18 tahun	300
19-29 tahun	360
30-49 tahun	340
50-64 tahun	280
65-80 tahun	230
80+ tahun	200
Hamil (+an)	
Trimester 1	+25
Trimester 2	+40
Trimester 3	+40

Sumber : (Kementrian Kesehatan, Ummah, 2019)

6. Kalsium

Tubuh memiliki mineral yang paling banyak kalsium (Almatsier, 2002). Ini mencakup 1,5–2% dari berat badan orang dewasa, atau sekitar 1 kg. Tubuh biasanya menyerap sekitar 30–50% dari jumlah kalsium yang dikonsumsi. Uji kalsium dilakukan untuk mengetahui berapa banyak kalsium yang ada dalam tempe.

Tabel 2. 10 Angka Kecukupan Kalsium

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

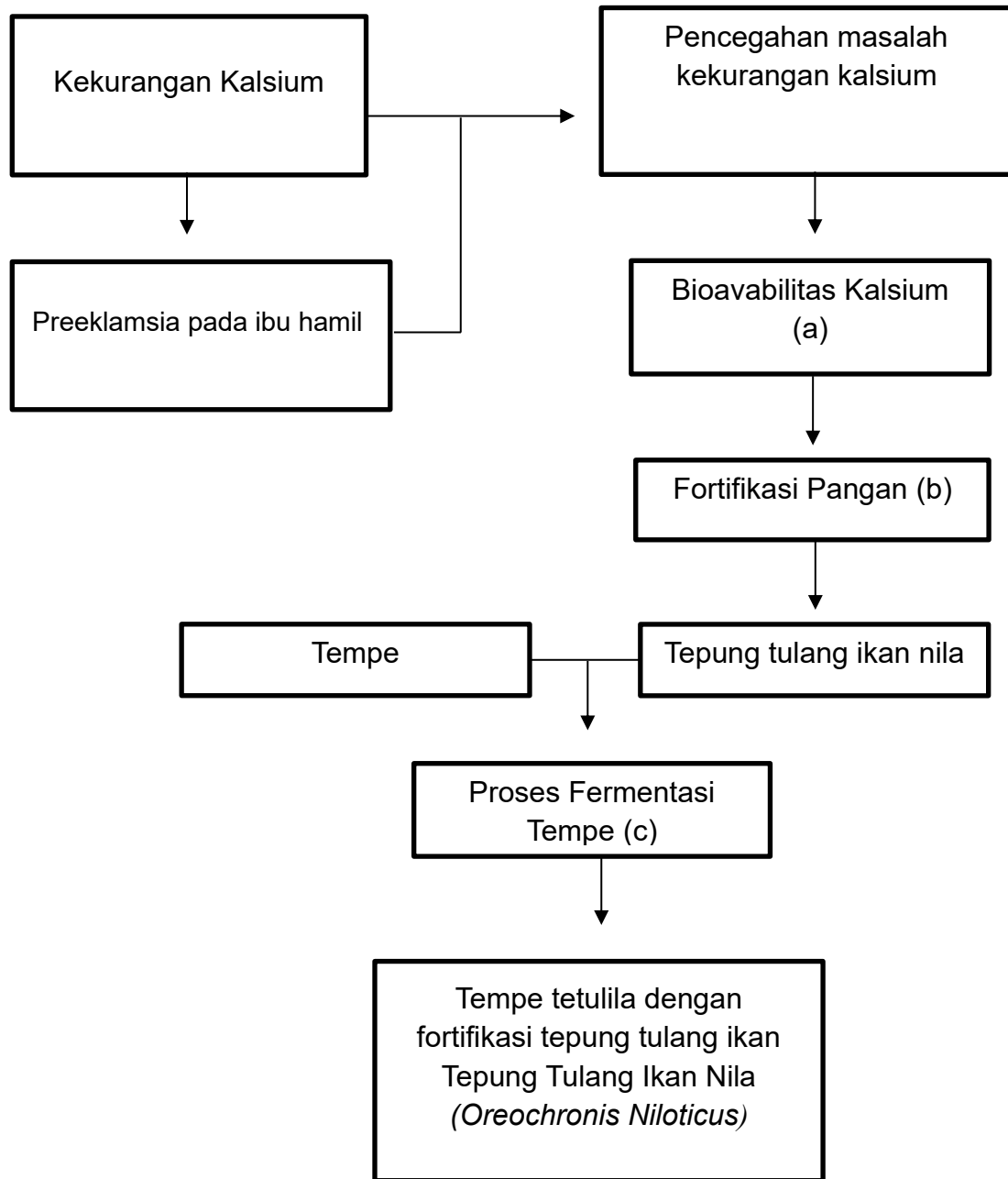
Sumber : (Kementrian Kesehatan, Ummah, 2019)

H. Kerangka Teori

Penelitian ini berlandaskan pada tiga konsep utama, yakni bioavailabilitas kalsium, fortifikasi pangan, dan fermentasi, yang masing-masing berkontribusi dalam meningkatkan ketersediaan kalsium bagi tubuh. Bioavailabilitas kalsium mengacu pada seberapa besar kalsium yang benar-benar dapat diserap dan dimanfaatkan tubuh dari total kalsium yang dikonsumsi. Tingkat penyerapan ini dipengaruhi oleh sejumlah faktor, termasuk tingkat keasaman di usus, kelarutan senyawa mineral, waktu transit di saluran cerna, serta keberadaan komponen pangan seperti inulin dan FOS yang diketahui mampu mempercepat penyerapan kalsium (Shkemi and Huppertz, 2022).

Fortifikasi pangan, merupakan pendekatan yang banyak diterapkan dalam upaya peningkatan kandungan gizi mikro pada bahan makanan pokok. Pemerintah Indonesia sendiri telah menerapkan fortifikasi pada garam, tepung terigu, dan minyak goreng sebagai bagian dari strategi untuk menekan angka kekurangan zat gizi mikro seperti yodium, zat besi, dan vitamin A. Dalam konteks penelitian ini, fortifikasi diterapkan untuk meningkatkan kadar kalsium pada produk pangan yang dikembangkan (UNICEF and BAPPENAS, 2024).

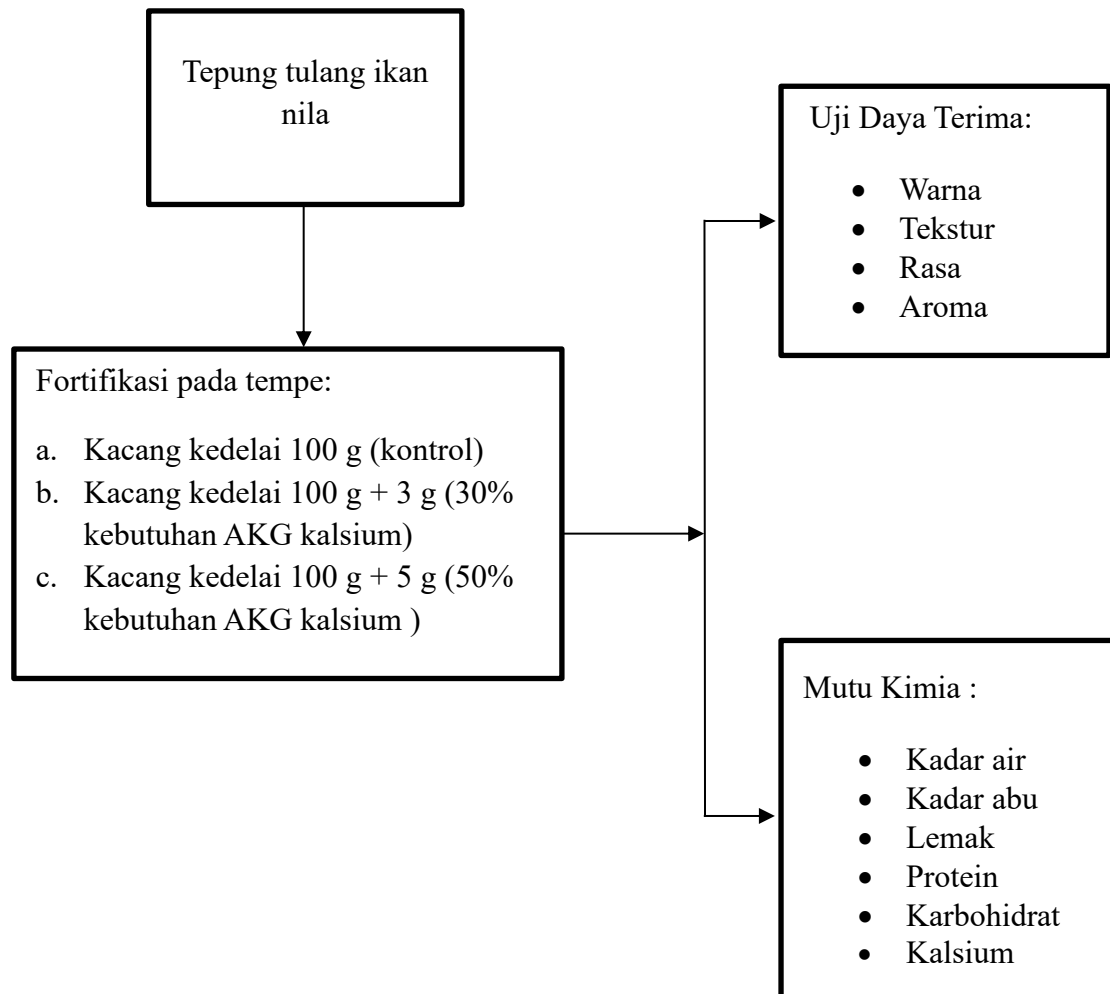
Fermentasi menjadi pendekatan teknologi pangan yang juga penting karena berpengaruh pada bentuk dan ketersediaan kalsium. Walaupun fermentasi dapat menurunkan kadar kalsium secara kuantitatif, proses ini justru mampu meningkatkan kemampuannya untuk diserap tubuh. Hal ini disebabkan oleh kerja enzim fitase yang diproduksi mikroorganisme seperti *Rhizopus*, yang dapat memecah asam fitat—senyawa yang selama ini menghambat penyerapan mineral. Akibatnya, kalsium yang semula terikat berubah menjadi bentuk ionik yang lebih mudah dimanfaatkan tubuh (Sine, Endang and Soetarto, 2018).



Gambar 2. 2 Kerangka Teori

Sumber : (a) (Shkembi and Huppertz, 2022), (b) (UNICEF and BAPPENAS, 2024), (c) (Sine, Endang and Soetarto, 2018)

I. Kerangka Konsep



Gambar 2. 3 Kerangka Konsep

J. Defenisi Operasional

No	Variabel	Definisi Operasional	Skala
1	Tepung Tulang Ikan	Tepung tulang ikan adalah tulang ikan nila yang diolah menjadi tepung, yang diperoleh dari PT Aquafarm Nusantara Sei Buluh Sei Rampah dan diolah menjadi Tepung.	
2	Tempe Fortifikasi Tepung Tulang Ikan Nila	Tempe fortifikasi Tepung tulang ikan nila adalah produk pangan fermentasi berbahan dasar kedelai yang difortifikasi dengan tepung tulang ikan nila sebagai sumber kalsium. Produk terdiri atas tiga formulasi, yaitu kontrol, fortifikasi 3 g, dan 5 g.	Ordinal
3	Daya Terima	Daya terima adalah teknik pengujian yang menggunakan indra manusia. Penerimaan konsumen terhadap tempe tepung tulang ikan nila yang sudah di goreng sebanyak 25 g dan dikemas dengan plastik dan diberi label yang diujikan pada ibu hamil sesuai dengan perlakuan dan ulangan, meliputi penilaian terhadap warna, tekstur, rasa, dan aroma. Penilaian dinyatakan dalam skala hedonik dengan kriteria warna, tekstur, aroma, dan rasa.	Ordinal
4	Mutu kimia	Karakteristik atau kualitas kimia tempe yang ditentukan berdasarkan hasil analisis laboratorium terhadap kadar karbohidrat, kadar protein, kadar lemak,	Rasio

kadar air, kadar abu, dan kalsium. Uji dilakukan di laboratorium PT. Saraswati Indo Genetech (SIG), Bogor.

K. Hipotesis

- H₀ : Tidak terdapat perbedaan daya terima tempe dengan fortifikasi tepung tulang ikan nila (*Oreochromis Niloticus*) pada setiap taraf fortifikasi.
- H_a : Terdapat perbedaan mutu kimia tempe fortifikasi tepung tulang ikan nila (*Oreochromis Niloticus*) pada setiap taraf fortifikasi.