

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Kalsium**

##### **1. Defenisi Kalsium**

Kalsium adalah mineral yang sangat penting bagi tubuh manusia. Kalsium dibutuhkan untuk mengisi kepadatan (densitas) tulang, pembentukan gigi, pembekuan darah, transmisi saraf, stimulasi otot, stabilitas asam basa (pH) darah, dan mempertahankan keseimbangan air. Kalsium juga berperan penting dalam reaksi enzim, tekanan darah, dan mencegah kanker usus besar, sehingga kalsium sangat penting dalam kehidupan dan kesehatan (Wirakusuma, 2010). Kalsium juga merupakan nutrisi penting untuk mineralisasi tulang dan komponen intraseluler utama untuk mempertahankan membran sel (Mousa, Naqash, & Lim, 2019).

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 & Sharifi, 2023). Kalsium dibutuhkan oleh tubuh untuk berbagai fungsi penting, seperti kerangka, jantung, neurologi, otot, hormon, dan enzim. Kalsium menyumbang sekitar 1,5% hingga 2% dari berat badan orang dewasa, atau sekitar 1 kg dalam tubuh manusia, dan merupakan bagian penting dari struktur gigi dan tulang (Bourassa et al., 2022). Memenuhi kebutuhan kalsium dalam tubuh merupakan hal yang sangatlah penting, terutama pada kelompok rentan seperti anak-anak, ibu hamil, dan lansia.

##### **2. Sumber Kalsium**

Sumber kalsium yang paling kaya dan bioavailable adalah produk hewani seperti susu dan produk olahannya, seperti yogurt dan keju. Kalsium dapat diperoleh dari berbagai sumber makanan, tetapi juga dapat diperoleh dari berbagai sumber makanan lainnya. 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. Namun, pola konsumsi pada bahan makanan tersebut bergantung pada

ketersediaan pada wilayah populasi tinggal.

### 3. Rekomendasi Kalsium

Kebutuhan kalsium sangat penting untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tulang. Kebutuhan kalsium pada anak usia 1-3 tahun disarankan untuk mengonsumsi 700 mg kalsium setiap hari, sedangkan anak-anak berusia 4-8 tahun disarankan untuk mengonsumsi 1.000 mg setiap hari. Remaja berusia 9-18 tahun disarankan untuk mengonsumsi 1.300 mg kalsium setiap hari karena ini adalah usia kritis untuk akumulasi massa tulang (Tarigan & Sihotang, 2024).

Institute of Medicine menyarankan orang dewasa berusia 19 hingga 50 tahun untuk mengonsumsi 1.000 mg kalsium setiap hari. Namun, untuk wanita di atas 50 tahun dan pria di atas usia 70 tahun, asupan kalsium direkomendasikan meningkat menjadi 1.200 mg setiap hari untuk menjaga kesehatan tulang dan mencegah osteoporosis (Soni et al., 2022). Sedangkan untuk wanita hamil dan menyusui membutuhkan lebih banyak kalsium. Rekomendasi kalsium untuk wanita hamil dan menyusui adalah 1.000 mg, 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 1. Angka Kecukupan Kalsium**

| Kelompok Umur | Kecukupan Kalsium |                |
|---------------|-------------------|----------------|
|               | Laki-laki (mg)    | Perempuan (mg) |
| 6-11 bulan    | 270               | 270            |
| 1-3 tahun     | 650               | 650            |
| 4-9 tahun     | 1.000             | 1.000          |
| 10-15 tahun   | 1.200             | 1.200          |
| 16-18 tahun   | 1.200             | 1.200          |
| 19-29 tahun   | 1.000             | 1.000          |
| 30-49 tahun   | 1.000             | 1.000          |
| 50-64 tahun   | 1.200             | 1.200          |

Sumber : Kemenkes RI, 2019

#### **4. Dampak Kekurangan Kalsium**

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).

Defisiensi kalsium dapat menyebabkan Osteoporosis. Osteoporosis disebabkan oleh penurunan massa tulang akibat absorpsi kalsium yang kurang baik, kurangnya jumlah kalsium dalam makanan yang berlangsung lama, peningkatan proses resorpsi tulang (keluarnya kalsium dari tulang), dan terhambatnya proses klasifikasi (masuknya kalsium ke dalam matriks tulang). Penyebab terjadinya kondisi ini adalah abnormalitas kinerja kelenjar paratiroid dalam resorpsi tulang, kegagalan sintesis matriks kolagen dan imobilitas atau kehilangan stimulus estrogen dalam klasifikasi.

#### **5. Metabolisme Kalsium**

Metabolisme kalsium dimulai sejak makanan dikonsumsi melalui rongga mulut, di mana makanan dikunyah secara mekanis dan dibasahi air liur untuk memudahkan proses pencernaan lebih lanjut. Meskipun tidak terjadi penyerapan kalsium di mulut maupun kerongkongan, proses ini penting dalam mempersiapkan kalsium untuk tahap pencernaan berikutnya. Selanjutnya, bolus makanan ditransportasikan menuju lambung melalui gerakan peristaltik. Di lambung, asam lambung (HCl) membantu melarutkan kalsium dari bentuk kompleks menjadi bentuk ionik ( $\text{Ca}^{2+}$ ) yang lebih larut, sehingga dapat diserap lebih baik di usus (Linder, 1991).

Penyerapan kalsium berlangsung terutama di bagian atas usus halus, yaitu duodenum dan jejunum, melalui dua mekanisme utama: transport aktif dan difusi

pasif. Transport aktif terjadi ketika asupan kalsium rendah, dan melibatkan peran vitamin D aktif (1,25-dihidroksi-kolekalsiferol) yang merangsang sintesis protein pengikat kalsium, seperti calbindin, untuk memfasilitasi penyerapan kalsium melalui sel epitel usus. Sebaliknya, difusi pasif terjadi saat konsentrasi kalsium di lumen usus tinggi, di mana kalsium melewati celah antarsel (paracellular) tanpa memerlukan energi atau pengangkutan aktif (Linder, 1991).

Setelah diserap, kalsium ditransfer ke dalam sirkulasi darah dan diangkut ke jaringan target, seperti tulang dan gigi, serta digunakan dalam kontraksi otot, transmisi saraf, dan pembekuan darah. Keseimbangan kalsium dalam tubuh diatur secara ketat oleh hormon paratiroid (PTH), kalsitonin, dan vitamin D, untuk menjaga kadar kalsium plasma dalam kisaran fisiologis (8,5–10,5 mg/dL). Jika kadar kalsium dalam darah menurun, PTH akan meningkatkan pelepasan kalsium dari tulang, meningkatkan reabsorpsi di ginjal, dan merangsang aktivasi vitamin D untuk meningkatkan penyerapan usus. Sebaliknya, kadar kalsium yang berlebih akan direndahkan oleh hormon kalsitonin (Linder, 1991).

## **B. Kerangka Ikan**

### **1. Pengertian Kerangka Ikan**

Kerangka ikan adalah bagian tubuh yang terdiri dari tulang, sendi, dan tulang rawan (*kartilago*) sebagai tempat menempelnya otot dan memungkinkan tubuh untuk mempertahankan sikap dan posisi saat berenang (Septia yusuf., 2021). Kerangka ikan terdiri dari dua bagian utama: rangka aksial (yang meliputi tulang belakang atau kolumna vertebralis, tengkorak, dan tulang rusuk) dan rangka apendikuler (yang terdiri dari sirip dan tulang yang menghubungkannya ke tubuh). Kerangka ini sangat penting untuk gerakan dan stabilitas ikan di dalam air (Leksono, 2021).

Tulang adalah jaringan penyokong utama tubuh yang terdiri dari unsur organik dan anorganik. Unsur organik terdiri dari protein, kondroitin sulfat, dan mukopolisakarida, sedangkan unsur anorganik terutama kalsium dan fosfor. Tulang ikan terdiri dari berbagai jenis, seperti tulang keras (*osseus*) dan tulang rawan (*kartilago*) (Helfman et al, 2009). Kedua jenis tulang ini memiliki peran yang berbeda dalam mendukung struktur tubuh ikan, di mana tulang keras umumnya ditemukan pada bagian tengkorak dan tulang belakang, sedangkan tulang rawan

lebih banyak ditemukan di bagian sirip dan beberapa bagian lain yang memerlukan fleksibilitas.



**Gambar 1. Tulang Ikan Nila**

## 2. Kandungan Zat Gizi dalam 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:

Berikut beberapa kandungan zat gizi tulang ikan yang sudah diteliti:

**Tabel 2. Nilai Gizi Tulang Ikan per 100 gram**

| Zat Gizi    | Tulang Ikan Mujair* | Tulang Ikan Lele** | Tulang Ikan Patin*** |
|-------------|---------------------|--------------------|----------------------|
| Air         | 10,47%              | 11,34 %            | 24,11%               |
| Abu         | 5,27 %              | 59,49%             |                      |
| Protein     | 1,43 %              | 23,86%             | 24,11%               |
| Lemak       | 0,35%               | 0,96%              | 12,75%               |
| Karbohidrat | 82,48%              | 4,35%              | 0%                   |
| Magnesium   | 0,34%               | 2,1%               |                      |
| Kalsium     | 1.390 mg            | 11,47%             | 61,23 mg             |
| Fosfor      | 40 mg               | 34,5 mg            | 19,85 mg             |
| Zat besi    |                     |                    | 1,3824 mg            |

Keterangan :

\*(Rohmah, et al., 2019)

\*\*(Purwatti, 2022)

\*\*\*(Oktavianawati, 2017)

### **3. Manfaat Tulang Ikan**

Selama ini, tulang ikan nila hanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak, yang sayangnya tidak memberikan peningkatan nilai ekonomi yang signifikan. Bahkan, sering kali tulang ikan hanya berakhir sebagai limbah yang dibuang begitu saja. Mengingat kondisi ini, diperlukan upaya inovatif untuk mengolah limbah tulang ikan menjadi sesuatu yang memiliki manfaat lebih besar. Salah satu cara alternatif adalah dengan memproses limbah tulang ikan tersebut menjadi tepung tulang (Sulistiyan et al., 2016).

Dari sudut pandang kimiawi, tulang ikan memiliki kandungan kalsium dan fosfor yang sangat bermanfaat. Kandungan ini bisa menjadi nilai tambah yang signifikan jika dapat dimanfaatkan dalam produk pangan. Sebagai contoh, kalsium dan fosfor dalam tulang ikan dapat diolah menjadi tepung tulang yang kemudian diaplikasikan ke berbagai produk makanan. Tepung tulang ikan ini sering digunakan sebagai bahan tambahan dalam makanan yang mengedepankan tekstur renyah, sehingga memberikan keistimewaan tersendiri pada produk tersebut (Joko Sumbodo, 2019).

Dengan memanfaatkan limbah tulang ikan menjadi tepung tulang, tidak hanya masalah limbah teratasi, tetapi juga nilai ekonomis dari produk limbah meningkat. Selain itu, pemanfaatan ini juga mendukung diversifikasi produk makanan berbasis ikan, terutama dengan inovasi- inovasi baru yang mengutamakan nutrisi, seperti kalsium, yang dibutuhkan oleh tubuh. Hal ini dapat menjadi peluang besar, baik dari sisi ekonomi maupun kesehatan masyarakat, sekaligus menciptakan produk pangan yang lebih menarik dan bermanfaat bagi konsumen.

### **4. Tulang Ikan Nila**

#### **a. Definisi Tulang Ikan Nila**

Tulang merupakan jaringan utama yang berfungsi sebagai penopang tubuh, terdiri dari unsur organik dan anorganik. Unsur organik meliputi protein, kondroitin sulfat, serta mukopolisakarida, sementara unsur anorganik didominasi oleh ion kalsium dan fosfor. Tulang ikan, yang kaya akan kalsium, fosfor, dan karbonat, sering dianggap sebagai limbah. Namun, sebenarnya tulang ikan dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, termasuk sebagai bahan tambahan makanan yang kaya kalsium, seperti tepung tulang ikan (Febriani et al., 2021).

Tulang ikan nila diperoleh dari perairan danau toba, Provinsi Sumatera Utara Sebagai danau vulkanik (Garno, Nugroho and Hanif, 2020). Ikan nila dipilih sebagai komoditas utama karena memiliki laju pertumbuhan yang cepat, toleransi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan, serta nilai ekonomi yang kompetitif di pasar lokal maupun ekspor. Namun demikian, pemanfaatan tulang ikan nila hasil budidaya dan pengolahan fillet di kawasan Danau Toba masih sangat rendah dan sebagian besar tulang ikan tersebut hanya berakhir menjadi limbah yang dibuang atau dijual dengan harga sangat murah sebagai pakan ternak. Padahal, tulang ikan nila mengandung kalsium dan fosfor dalam jumlah yang cukup tinggi sehingga berpotensi besar untuk diolah lebih lanjut menjadi tepung tulang ikan nila (Febriani et al., 2021).

Tulang ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dari perairan danau toba diperoleh dan diolah menjadi tepung tulang ikan nila merupakan produk hasil pengolahan limbah tulang ikan menjadi bentuk bubuk yang lebih mudah digunakan dan memiliki nilai tambah. Pengolahan tulang ikan menjadi tepung bertujuan untuk mengoptimalkan pemanfaatan limbah perikanan serta mengurangi dampak pencemaran lingkungan akibat pembuangan limbah ikan secara langsung (Ike Rismawati, 2024).

#### **b. Kandungan Gizi Tepung Tulang Ikan Nila**

Pengolahan tulang ikan nila menjadi tepung tulang ikan nila sudah dilakukan oleh (Tarigan and Sihotang, 2024) dan sudah didapatkan hasil nilai zat gizi nya.

Berikut kandungan zat gizi tepung tulang Ikan nila :

**Tabel 3. Kandungan Kimia Tepung Tulang Ikan Nila**

| <b>Parameter</b> | <b>Hasil</b> | <b>Satuan</b> |
|------------------|--------------|---------------|
| Air              | 4,89         | g/ 100g       |
| Abu              | 52,44        | g/ 100g       |
| Lemak            | 16,63        | g/ 100g       |
| Protein          | 21,60        | g/ 100g       |
| Karbohidrat      | 4,44         | kcal/100 g    |
| Kalori           | 253,83       | kcal          |
| Kalsium          | 117.243,15   | mg/kg         |

|           |           |       |
|-----------|-----------|-------|
| Fosfor    | 90.717,48 | mg/kg |
| Magnesium | 2655,60   | mg/kg |

---

Sumber: Tarigan and Sihotang, 2024

### c. Tepung Tulang Ikan Nila

Tepung tulang ikan adalah salah satu olahan limbah ikan dalam bahan kering yang diolah menjadi tepung (Anita, 2017). Salah satu pembuatan tepung tulang ikan merupakan alternatif untuk pemanfaatan limbah tulang ikan nila. Pada beberapa penelitian tepung tulang ikan mengandung nilai gizi yang tinggi, seperti kalsium, protein dan fosfor yang baik untuk pencegahan preeklamsia pada ibu hamil, mencegah osteoporosis pada lansia, mencegah anemia pada remaja, mencegah stunting pada anak dan baik untuk perkembangan janin (Setyawati, 2018).

### d. Pengolahan Tepung Tulang Ikan Nila

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh (Tarigan, 2024), pengolahan tulang ikan nila menjadi tepung tulang ikan nila adalah sebagai berikut :

1. Tulang ikan nila bersih, tanpa sirip, ekor dan daging sebanyak 29.003 gram, dicuci 3 kali sampai bersih.
2. Tulang ikan nila direndam menggunakan cuka 50 ml dalam 1 kg per 1 liter air selama 10 menit.
3. Kemudian di presto selama  $\pm 2$  jam, hasil yang diperoleh 19,003 gram
4. Tulang yang sudah di presto dikeringkan di cabinet dryer dengan suhu  $60^{\circ}\text{C}$  selama 5 jam, Hasil diperoleh 10,335 gram
5. Tulang yang sudah kering digiling menggunakan mesin hingga halus lalu diayak menggunakan ayakan 100 mesh.
6. Rendemen yang diperoleh adalah 35,65%.

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Hasil kering}}{\text{Tulang Ikan}} = \frac{10.335 \text{ gram}}{29.003 \text{ gram}} \times 100 \% = 35,65\%$$

**e. Hasil Olahan Tepung Tulang Ikan Nila**

Tepung tulang ikan adalah salah satu olahan pengawetan limbah ikan dalam bahan kering yang diolah menjadi tepung. Tepung tulang ikan memiliki zat gizi tinggi, terutama kandungan kalsium dan fosfor. (Anita, 2017). Beberapa olahan tulang ikan nila dan olahan lainnya seperti:

**1. Kerupuk pangsit**

Pangsit merupakan makanan yang digemari sebagai pelengkap mie maupun sebagai camilan. Pangsit digemari karena rasanya yang gurih namun memiliki kandungan nutrisi rendah sehingga perlu ditingkatkan kerenyahannya. Penelitian ini ingin mengetahui pengaruh penambahan tepung tulang ikan nila terhadap karakteristik kerupuk pangsit (Joko, 2019).

**2. Cookies**

Pada penelitian (Haqqy, 2017) Tepung tulang ikan Nila merupakan alternatif yang dapat dimanfaatkan dalam pengolahan *cookies* yang diharapkan mengandung kalsium dan fosfor pada hasil akhirnya. Penelitian fortifikasi tepung tulang ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) pada cookies bertujuan untuk meningkatkan kandungan mutu terutama kalsium dan fosfor.

**3. Donat**

Donat adalah makanan berbentuk bundar dengan lubang di tengah yang digemari berbagai kalangan sebagai camilan manis. Fortifikasi donat dengan tepung tulang ikan nila dilakukan untuk meningkatkan kadar kalsium produk ini, terutama untuk anak-anak. Donat dengan tepung tulang ikan ini tetap memiliki tekstur empuk dan rasa yang disukai, terutama jika dikombinasikan dengan topping coklat atau keju. Produk ini menjadi pilihan cemilan yang enak dan kaya gizi (Yasyfa Ashila, 2022).

**4. Kerupuk Ikan**

Kerupuk ikan merupakan makanan ringan tradisional yang dikenal karena kerenyahannya dan rasa gurihnya. Penambahan tepung tulang ikan nila dalam pembuatan kerupuk ikan bertujuan untuk meningkatkan kandungan mineral, terutama kalsium. Selain menambah nilai gizi, tepung ini juga berkontribusi pada rasa umami khas ikan. Penelitian menyatakan bahwa penggunaan tepung tulang ikan nila hingga konsentrasi tertentu tetap dapat diterima secara sensorik oleh

konsumen (Novania, A et al., 2018).

## 5. Nugget

Nugget merupakan makanan olahan berbasis daging yang populer di berbagai kalangan, terutama anak-anak. Nugget biasanya memiliki tekstur renyah diluar dan lembut di dalam, namun kandungan mineralnya masih tergolong rendah. Penambahan tepung tulang ikan nila pada pembuatan nugget bertujuan untuk meningkatkan kandungan kalsium dan fosfor pada produk akhir. Fortifikasi ini diharapkan dapat menjadikan nugget sebagai camilan yang tidak hanya enak, tetapi juga bergizi tinggi (Atyanta, 2024).

## 6. Biskuit

Biskuit dapat dipandang sebagai salah satu jenis pangan yang dapat memenuhi kebutuhan khusus manusia. Dengan menambahkan bahan pangan tertentu seperti tepung ikan ke dalam proses pembuatan biskuit, dapat dihasilkan biskuit dengan nilai tambah yang baik untuk kesehatan, dalam hal ini adalah kalsium. Biskuit merupakan pangan praktis karena dapat dimakan kapan saja. Dengan pengemasan yang baik, biskuit memiliki daya simpan yang relatif panjang (Mayangsari, 2018).

## 5. Syarat Mutu Tepung Tulang Ikan

**Tabel 4. Syarat Mutu Tepung Tulang Ikan Berdasarkan SNI 7994:2014**

| Parameter              | Satuan | Batas Minimal / Maksimal |
|------------------------|--------|--------------------------|
| Kadar air              | %      | Maksimal 10-14           |
| Kadar abu              | %      | Maksimal 35              |
| Kadar protein kasar    | %      | Minimal 20               |
| Kadar lemak            | %      | Maksimal 15              |
| Kadar serat kasar      | %      | Maksimal 5               |
| Kadar kalsium (Ca)     | %      | Minimal 10               |
| Kadar fosfor (P)       | %      | Minimal 4                |
| Ph                     | -      | 6 – 7,5                  |
| Cemaran logam berat Pb | mg/kg  | 0,3                      |
| Cemaran logam Cd       | mg/kg  | 0,3                      |

| Parameter        | Satuan | Batas Minimal / Maksimal |
|------------------|--------|--------------------------|
| Cemaran logam Hg | Mg/kg  | 0,5                      |
| Warna            | -      | Putih kekuningan         |

### C. Uji Fisik

#### 1. Analisis Warna

Analisis warna adalah proses pengukuran dan evaluasi karakteristik visual suatu bahan berdasarkan parameter warna yang dihasilkan atau dipantulkan dari permukaannya. Analisis warna mempunyai peran dan arti yang penting pada pangan, karena mempengaruhi penerimaan konsumen terhadap pangan tersebut. Warna mempengaruhi penerimaan konsumen karena menjadi kesan pertama yang membentuk persepsi terhadap mutu pangan. Analisis warna perlu dilakukan terhadap tepung tulang ikan untuk memastikan bahwa warna tepung tidak memberikan dampak negatif terhadap penampilan produk pangan yang akan difortifikasi (Febri Indrayati et al., 2013).

Konsumen cenderung memberi penilaian awal berdasarkan tampilan warna, yang mempengaruhi selera dan keputusan untuk mengonsumsi bahan tersebut (Dewi, R. K., et al. 2022). Walaupun suatu produk makanan bernilai gizi tinggi, enak dengan tekstur baik, namun jika warna kurang menarik maka produk tersebut akan kurang diminati. Warna tepung yang menarik dapat mempengaruhi dan meningkatkan selera makan konsumen, bahkan dapat menjadi petunjuk bagi kualitas makanan yang dibuat.

|                              |         |                    |
|------------------------------|---------|--------------------|
| <b>Tabel 5. Interpretasi</b> | > +1    | Kemerahan          |
| <b>b*</b> (kuning–biru)      | < 0     | Kebiruan           |
|                              | 0 – +10 | Kuning sangat muda |
|                              | > +10   | Kekuningan         |

Sumber : Segura (2017) dan Romaniello (2015)implementasi nilai phm

### D. Sifat Fungsional

#### 1. Daya Serap Air (DSA)

Daya serap air (DSA) merupakan kemampuan suatu bahan untuk menyerap

dan menahan air selama proses pengolahan. Parameter ini penting dalam menentukan kualitas fungsional bahan pangan karena berpengaruh pada tekstur, viskositas, dan kestabilan produk akhir. Tepung dengan daya serap air yang baik dapat menghasilkan tekstur yang lebih lembut dan elastis dalam adonan pangan, serta memperpanjang daya simpan produk karena membantu menstabilkan kadar air (Dari et al., 2024).

Uji daya serap air diperlukan untuk menilai kemampuan tepung tulang ikan dalam mengikat air, yang akan mempengaruhi karakteristik fisik seperti kekenyalan pada produk olahan (Dewi, 2014). Jika daya serap air terlalu tinggi, maka dapat menurunkan daya simpan produk karena mempercepat reaksi kimia dan pertumbuhan mikroorganisme, yang menyebabkan pembusukan dini (Edam, 2016).

## **2. Daya Serap Minyak (DSM)**

Daya serap minyak menunjukkan kemampuan bahan untuk menyerap dan menahan minyak selama proses pengolahan. Nilai DSM sangat penting untuk menentukan palatabilitas, rasa, dan kandungan lemak dalam makanan. DSM yang tinggi dapat menyebabkan produk menjadi terlalu berminyak dan cepat tengik karena oksidasi lemak, sedangkan DSM yang rendah dapat menghasilkan tekstur yang kering dan kurang enak dikonsumsi (Paramata, 2023).

Uji daya serap minyak berguna dalam menilai kecocokan tepung tulang ikan untuk produk-produk pangan yang melalui proses penggorengan atau pemanggangan, di mana kestabilan minyak dan interaksinya penting (Rosida, 2020). Kelebihan penyerapan minyak dapat meningkatkan kadar lemak pada produk akhir, menurunkan umur simpan, dan mempengaruhi nilai gizi serta organoleptik seperti rasa dan kerenyahan (Setyarini et al., 2024).

## **E. Uji Kimia**

### **1. Kadar Logam Berat Timbal (Pb)**

Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang bersifat toksik dan berbahaya bagi kesehatan manusia apabila terakumulasi dalam tubuh melalui rantai makanan, termasuk konsumsi ikan. Ikan sebagai organisme akuatik memiliki kemampuan menyerap logam berat dari lingkungannya melalui insang, permukaan kulit, dan saluran pencernaan. Salah satu jaringan ikan yang menunjukkan kemampuan tinggi dalam mengakumulasi logam berat adalah tulang, karena

kandungan mineral (kalsium dan fosfat) dapat mengikat ion logam (Utami et al., 2020).

Danau Toba sebagai lokasi penelitian merupakan salah satu danau vulkanik terbesar di dunia dan menjadi pusat aktivitas perikanan, pariwisata, serta pemukiman padat penduduk di sekitarnya. Aktivitas manusia yang intensif di sekitar Danau Toba berkontribusi terhadap peningkatan potensi pencemaran lingkungan, termasuk logam berat. Menurut penelitian oleh Siregar dan Harahap (2022), kandungan Pb dalam beberapa spesies ikan di Danau Toba telah melebihi batas maksimum yang ditetapkan oleh SNI 7994:2014 yaitu 0,3 mg/kg.

Salah satu sumber utama pencemaran timbal yang patut diperhatikan di kawasan ini adalah emisi bahan bakar dari kapal wisata yang beroperasi secara rutin di danau, khususnya di jalur penyebrangan menuju Pulau Samosir. Meskipun penggunaan bensin bertimbal telah dikurangi secara signifikan, beberapa jenis kapal tua dan mesin tempel masih menggunakan bahan bakar dan pelumas yang berpotensi menghasilkan sisa timbal yang terbuang ke lingkungan. Penelitian oleh Widyastuti et al. (2019) menunjukkan bahwa emisi dari kendaraan bermotor dan kapal bermesin berbahan bakar fosil dapat menghasilkan partikel timbal yang mengendap di perairan, baik secara langsung maupun melalui deposisi atmosferik.

Selain itu, hasil studi oleh Nasution et al. (2020) mengidentifikasi bahwa daerah dermaga dan jalur pelayaran intensif di Danau Toba memiliki konsentrasi timbal yang lebih tinggi pada sedimen, sehingga dapat masuk ke rantai makanan akuatik. Ikan yang hidup di perairan tersebut, seperti ikan nila (*Oreochromis niloticus*), memiliki risiko tinggi mengalami akumulasi logam berat, terutama pada tulang yang bersifat mineralik dan memiliki kemampuan mengikat logam-logam berbahaya seperti timbal.

Oleh karena itu, penelitian terhadap kadar timbal dalam tulang ikan nila menjadi penting karena tulang memiliki karakteristik kimiawi yang memungkinkan akumulasi Pb dalam jangka panjang, sehingga dapat menjadi indikator yang lebih stabil dibandingkan daging. Selain itu, tulang ikan sering dimanfaatkan sebagai bahan baku tepung tulang untuk produk pangan tambahan, sehingga penting untuk memastikan bahwa kandungan logam beratnya masih dalam batas aman untuk dikonsumsi dan tidak membahayakan kesehatan masyarakat

Paparan timbal dapat menyebabkan kerusakan ginjal, dan penurunan IQ pada anak (Ramadhani., 2023). Berdasarkan (SNI 7994:2014), batas maksimum Pb dalam pangan adalah 0,3 mg/kg. Jika terlampaui, produk dianggap tidak layak konsumsi karena dapat menimbulkan risiko kesehatan jangka panjang.

## **2. Kadar Logam Berat Kadmium (Cd)**

Kadmium (Cd) adalah logam berat yang bersifat toksik, karsinogenik, dan dapat menyebabkan gangguan serius pada kesehatan manusia, termasuk kerusakan ginjal, tulang, serta sistem reproduksi (Muchtaridi et al., 2019). Dalam ekosistem perairan, kadmium dapat masuk melalui berbagai jalur, seperti limpasan lahan pertanian yang menggunakan pupuk fosfat, pembuangan limbah domestik, serta aktivitas industri dan pertambangan yang tidak terkelola dengan baik. Senyawa kadmium mudah larut dalam air dan memiliki afinitas tinggi terhadap jaringan tulang ikan, karena kandungan hidroksiapatit ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) yang mampu mengikat ion logam berat secara stabil (Muchtaridi et al., 2019).

Danau Toba sebagai salah satu danau vulkanik terbesar di dunia yang dikelilingi oleh wilayah pertanian intensif dan permukiman padat, menghadapi risiko pencemaran kadmium yang signifikan. Penggunaan pupuk fosfat yang banyak mengandung kadmium sebagai kontaminan tidak dapat dihindari, sehingga berpotensi mencemari tanah dan air melalui limpasan ke sungai-sungai yang bermuara ke Danau Toba (Simanjuntak et al., 2021). Selain itu, limbah domestik rumah tangga yang tidak dikelola secara optimal turut menambah beban pencemaran logam berat di danau, termasuk kadmium yang berasal dari produk konsumen seperti baterai, cat, dan plastik (Simanjuntak et al., 2021).

Selain aktivitas pertanian dan domestik, penambangan emas tanpa izin (PETI) di wilayah hulu Danau Toba juga menjadi salah satu sumber pencemaran kadmium. Proses penambangan tersebut menggunakan berbagai bahan kimia yang mengandung kadmium dan berpotensi mencemari lingkungan melalui limbah yang dibuang ke perairan (Hasibuan et al., 2020). Akumulasi kadmium yang terjadi di perairan Danau Toba akhirnya dapat terserap dalam jaringan ikan, terutama pada tulang yang memiliki kapasitas pengikatan ion logam berat secara jangka panjang.

Karena tulang ikan nila sering digunakan sebagai bahan baku tepung tulang untuk tambahan pangan dan pakan ternak, pemantauan kadar kadmium di dalamnya

sangat penting untuk menjamin keamanan pangan dan mencegah risiko toksisitas pada manusia (Muchtaridi et al., 2019; Simanjuntak et al., 2021). Analisis ini juga berfungsi sebagai indikator kondisi lingkungan perairan secara menyeluruh dan berkelanjutan.

Uji kadar logam berat kadmium (Cd) bertujuan untuk menentukan konsentrasi kadmium dalam sampel. Hasil analisis dinyatakan dalam satuan miligram per kilogram (mg/kg), yang memberikan informasi penting mengenai kadar kadmium dalam sampel dan membantu menilai keamanan produk (Rosalina, 2021).

### **3. Kadar Logam Berat Merkuri (Hg)**

Merkuri (Hg) merupakan salah satu logam berat yang sangat beracun dan menjadi perhatian utama dalam pencemaran lingkungan akuatik. Dalam perairan, merkuri dapat mengalami transformasi biologis oleh mikroorganisme menjadi metil merkuri, bentuk yang lebih toksik dan mudah terakumulasi dalam jaringan ikan. Meskipun metil merkuri lebih dominan ditemukan pada jaringan lunak seperti otot, beberapa penelitian menunjukkan bahwa jaringan tulang juga mampu mengikat logam berat ini, terutama dalam bentuk anorganik (Handayani et al., 2020).

Danau Toba memiliki beberapa potensi sumber pencemaran merkuri. Salah satunya adalah aktivitas pertambangan emas tanpa izin (PETI) di daerah hulu yang menggunakan metode amalgamasi dengan merkuri. Proses ini dapat menyebabkan pelepasan merkuri ke lingkungan sekitar, termasuk sungai yang bermuara ke Danau Toba. Selain itu, pembakaran bahan bakar fosil dari kendaraan bermotor dan pembangkit listrik menghasilkan emisi merkuri ke atmosfer, yang kemudian dapat mengendap ke perairan dan tanah sekitar Danau Toba. Pembuangan limbah rumah tangga yang mengandung merkuri dari produk seperti kosmetik, obat-obatan, dan baterai juga turut berkontribusi terhadap pencemaran merkuri di danau ini (Girsang & Sipayung, 2022).

Penelitian yang dilakukan oleh Girsang dan Sipayung (2022) menunjukkan adanya peningkatan kadar merkuri dalam sedimen dan biota perairan Danau Toba yang berhubungan dengan aktivitas manusia di sekitar danau. Kehadiran merkuri dalam perairan Danau Toba dapat terakumulasi dalam tubuh ikan, termasuk pada jaringan tulang yang memiliki kemampuan mengikat logam berat dalam jangka

panjang. Oleh karena itu, pemeriksaan kadar merkuri pada tulang ikan nila sangat diperlukan, terutama mengingat tulang ikan sering digunakan sebagai bahan baku tepung tulang untuk fortifikasi pangan.

Merkuri (Hg) menjadi satu logam berat yang sangat toksik bagi tubuh manusia jika terakumulasi dalam jumlah berlebih karena merkuri dapat menyebabkan gangguan sistem saraf, ginjal, dan bahkan kerusakan otak bila dikonsumsi secara terus-menerus dalam kadar tinggi (Arantes et al., 2016). Menurut SNI 7994:2014, ambang batas maksimum merkuri dalam pangan adalah 0,5 mg/kg.

#### 4. pH

Derajat keasaman (*pH*) merupakan salah satu parameter penting dalam karakterisasi tepung tulang ikan karena berpengaruh terhadap stabilitas kimia, kelarutan mineral, serta kesesuaiannya sebagai bahan fortifikasi pangan. Beberapa penelitian melaporkan bahwa nilai pH tepung tulang ikan umumnya berada pada kisaran netral hingga sedikit basa, tergantung pada jenis ikan dan metode pengolahan yang digunakan. Kusumaningrum et al. (2016) dalam *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* melaporkan bahwa tepung tulang ikan belida (*Notopterus sp.*) memiliki nilai pH berkisar antara 6,4–6,9, yang tergolong netral hingga sedikit asam dan dipengaruhi oleh frekuensi perebusan selama proses pembuatan tepung.

Penelitian lain oleh Boronat et al. (2023) yang dipublikasikan dalam *Food Research International* menunjukkan bahwa *fish bone flour* dari beberapa jenis ikan memiliki nilai pH sekitar 7,2, yang dikategorikan sebagai netral hingga basa lemah. Sementara itu, pada pengolahan lanjutan tulang ikan cakalang (*Katsuwonus pelamis*) menjadi nanokalsium, dilaporkan nilai pH yang lebih tinggi, yaitu sekitar 8,3, yang menunjukkan sifat basa akibat proses ekstraksi dan pemurnian mineral (2018). Perbedaan nilai pH antar spesies ikan dan metode pengolahan tersebut menunjukkan bahwa pH tepung tulang ikan bersifat relatif stabil dan umumnya mendekati netral, sehingga sesuai untuk diaplikasikan sebagai bahan fortifikasi pangan tanpa menimbulkan perubahan keasaman yang signifikan pada produk akhir.

**Tabel 6. Interpretasi nilai pH**

| Rentang pH | Interpretasi |
|------------|--------------|
| < 7,0      | Asam         |
| 7          | Netral       |
| >7         | Basa         |

Sumber : Effendi (2016)

#### F. Kerangka Teori

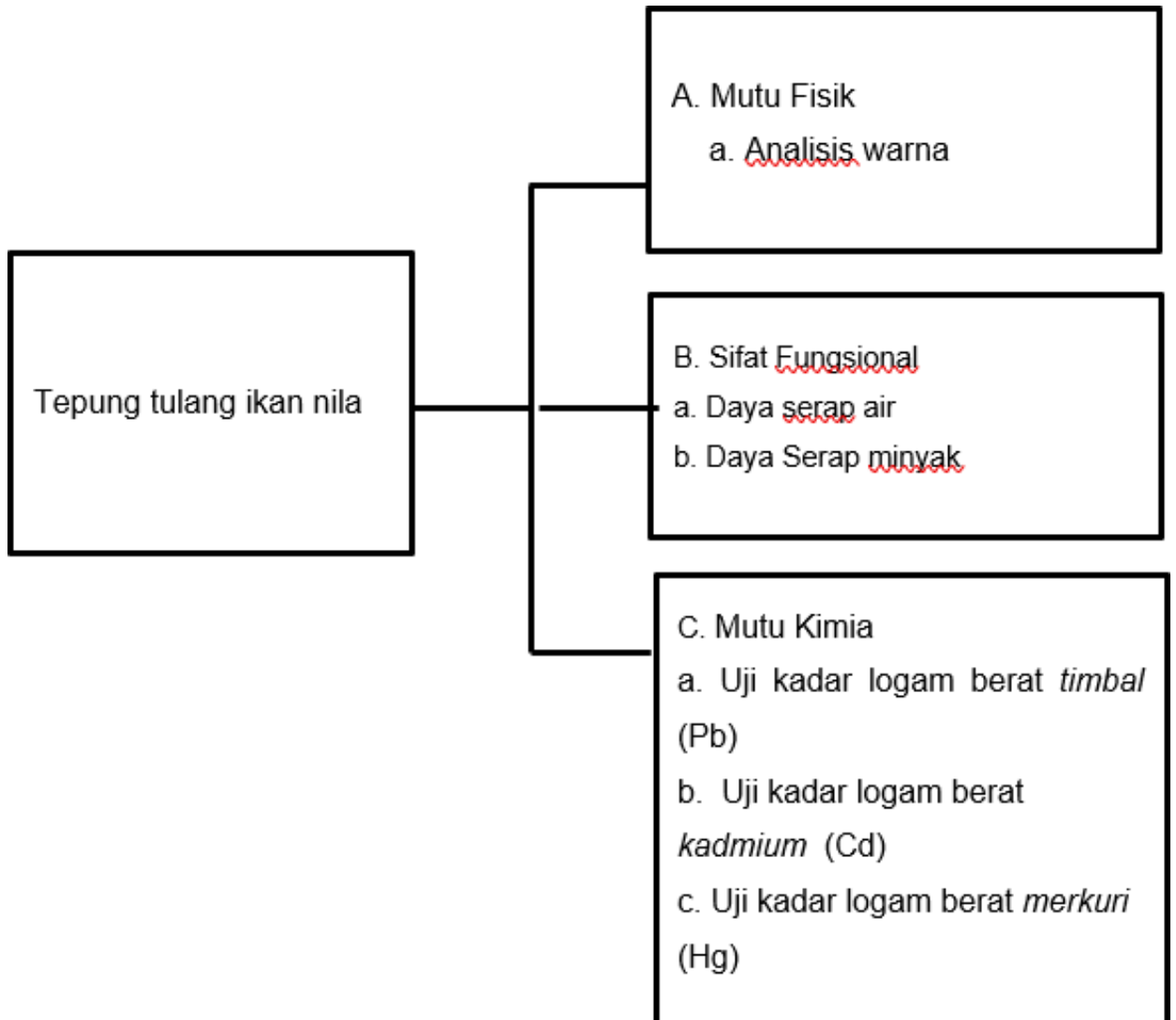


Sumber: (Ratnaningtyas, 2023)

**Gambar 2. Kerangka Teori**

### G. Kerangka Konsep

Judul penelitian ini menghasilkan kerangka konsep sebagai berikut :



Gambar 3. Kerangka Konsep

## H. Definisi Operasional

**Tabel 7. Definisi Operasional**

| No | Variabel           | Definisi Operasional                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Skala |
|----|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1  | Tepung Tulang Ikan | Tulang ikan yang diolah menjadi tepung, yang diperoleh dari PT Aquafarm Nusantara Sei Buluh Sei Rampah. Tulang ikan nila bersih, tanpa sirip, ekor dan daging sebanyak 29 kg, dicuci sampai bersih. Tulang ikan nila direndam menggunakan cuka 50 ml dalam 1 kg per 1 liter air selama 10 menit. Kemudian di presto selama $\pm$ 2 jam, hasil yang diperoleh 19,003 gram. Tulang yang sudah dipresto dikeringkan di cabinet dryer dengan suhu 60°C selama 5 jam, Hasil diperoleh 10,335 gram Tulang yang sudah kering digiling menggunakan mesin hingga halus lalu diayak menggunakan ayakan 100 mesh di laboratorium MSPM jurusan Gizi Lubuk Pakam. | -     |
| 2. | Analisis warna     | Uji warna tepung tulang ikan di uji di Fakultas Teknologi Hasil Pertanian (FTHP) Laboratorium Teknologi Pangan Universitas Brawijaya (UB) menggunakan alat color test.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Rasio |
| 3. | Daya serap air     | Daya serap air pada tepung tulang ikan nila di uji di laboratorium Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara menggunakan metode sentrifugasi.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Rasio |
| 4. | Daya serap minyak  | Daya serap minyak pada tepung tulang ikan nila di uji di laboratorium Fakultas Farmasi Universitas Sumatera Utara menggunakan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Rasio |

| No | Variabel             | Definisi Operasional                                                                                                                                                                   | Skala |
|----|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
|    |                      | metode sentrifugasi                                                                                                                                                                    |       |
| 5. | Kadar logam berat Pb | Kadar logam berat Timbal (Pb) pada tepung tulang ikan di uji di laboratorium PT Saraswanti Indo Genetech di Bogor dengan metode ICP MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry). | Rasio |
| 6. | Kadar logam berat Cd | Kadar logam berat Kadmium (Cd) pada tepung tulang ikan di uji di laboratorium PT Saraswanti Indo Genetech di Bogor dengan metode ICP MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) | Rasio |
| 7. | Kadar logam berat Hg | Kadar logam berat Merkuri (Hg) pada tepung tulang ikan di uji di laboratorium PT Saraswanti Indo Genetech di Bogor dengan metode ICP MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) | Rasio |
| 8  | pH                   | pH pada tepung tulang ikan nila di uji di laboratorium FTHP Universitas Brawijaya Malang dengan pH meter.                                                                              | Rasio |

## I. Hipotesis Penelitian

H<sub>0</sub>: Tepung tulang ikan nila (*Oreochromis niloticus*) memiliki karakteristik warna, daya serap air, daya serap minyak, dan kadar logam berat *timbal* (Pb), *kadmium* (Cd), *merkuri* (Hg) dan pH yang tidak sesuai dengan standar mutu bahan pangan dan batas aman logam berat yang ditetapkan.

H<sub>a</sub>: Tepung tulang ikan nila (*Oreochromis niloticus*) memiliki karakteristik warna, daya serap air, daya serap minyak, dan kadar logam berat *timbal* (Pb), *kadmium* (Cd), *merkuri* (Hg) dan pH yang sesuai dengan standar mutu bahan pangan dan berada di bawah batas aman logam berat yang ditetapkan.