BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

A. Ikan Tongkol

Ikan tongkol merupakan salah satu hasil perikanan yang memiliki nilai ekonomis tinggi serta menjadi komoditas yang banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia. Jenis ikan ini termasuk dalam kelompok ikan pelagis kecil yang umumnya ditangkap di perairan laut tropis. Karena kandungan gizinya yang tinggi, ikan tongkol tidak hanya berperan penting dalam pemenuhan kebutuhan protein masyarakat, tetapi juga menjadi sumber penghidupan bagi nelayan. Namun, sifat daging ikan yang mudah mengalami penurunan mutu akibat aktivitas mikroorganisme dan enzim membuat ikan tongkol rentan cepat membusuk jika tidak ditangani dengan baik dalam proses distribusi (Novita, Rifai and Maliza, 2021). Mn

1. Jenis-Jenis Ikan Tongkol

Ikan tongkol merupakan kelompok ikan pelagis yang termasuk dalam famili *Scombridae* dan terdiri atas beberapa jenis yang umum ditemukan serta dikonsumsi di Indonesia. Jenis-jenis ikan tongkol yang dikenal antara lain tongkol abu-abu (*Thunnus tonggol*), tongkol lisong (*Auxis thazard*), tongkol komo (*Euthynnus affinis*) yang dalam beberapa daerah juga dikenal dengan sebutan krai. Meskipun secara morfologi memiliki kemiripan, setiap jenis tongkol tersebut memiliki perbedaan pada ukuran tubuh, pola warna, dan karakteristik daging. Dalam praktik perdagangan dan konsumsi masyarakat, berbagai jenis ikan ini sering dikelompokkan sebagai ikan tongkol, sehingga penting untuk memahami keragaman jenisnya terutama dalam penelitian yang berkaitan dengan mutu, kandungan gizi, dan potensi cemaran logam berat.

2. Ikan Tongkol Abu-abu (*Thunnus tonggol*)

Ikan tongkol abu-abu merupakan salah satu spesies tuna yang termasuk dalam famili Scombridae dan banyak ditemukan di wilayah perairan tropis dan subtropis di kawasan Indo-Pasifik. Spesies ini dikenal memiliki nilai ekonomi yang penting karena menjadi salah satu hasil tangkapan perikanan yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan pangan oleh masyarakat di berbagai negara. Selain itu, ikan tongkol abu-abu juga

berperan dalam rantai makanan di ekosistem laut sebagai predator bagi berbagai organisme laut yang lebih kecil. Tingginya tingkat pemanfaatan ikan ini menjadikannya salah satu komoditas perikanan yang penting untuk diperhatikan dalam pengelolaan sumber daya perikanan secara berkelanjutan (Griffiths *et al.*, 2020).



Gambar 2.1 Ikan Tongkol Abu-Abu (Thunnus tonggol)

(Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2025).

Ikan tongkol abu-abu merupakan ikan dari famili Scombridae yang memiliki tubuh memanjang seperti torpedo. Warna tubuh bagian punggung umumnya biru keabu-abuan hingga abu-abu gelap, sedangkan bagian perut berwarna perak keputihan. Sirip dadanya lebih panjang dibandingkan beberapa jenis tongkol lainnya dan menjadi salah satu ciri pembeda utama spesies ini. Pada bagian perut tidak terdapat bintik hitam maupun garis-garis mencolok. Ukuran ikan dewasa umumnya berkisar antara 40–70 cm, namun pada kondisi tertentu dapat mencapai panjang lebih dari 100 cm (Griffiths *et al.*, 2020).

a. Taksonomi Ikan Tongkol Abu-abu

Klasifikasi taksonomi ikan tongkol abu abu (Griffiths *et al.*, 2020).

Kingdom : *Animalia*
Phylum : *Chordata*
Class : *Actinopterygii*
Order : *Perciformes*
Family : *Scombridae*
Subfamily : *Scombrinae*
Genus : *Thunnus*
Species : *Thunnus tonggol*

b. Nutrisi Ikan Tongkol Abu-abu

Ikan tongkol abu-abu memiliki kandungan nutrisi yang baik sebagai sumber protein hewani. Berdasarkan hasil analisis proksimat, daging Thunnus tonggol dilaporkan mengandung protein berkisar antara 22,52–24,36%, kadar air sekitar 70,13–74,00%, lemak sebesar 2,34–4,66%, serta kadar abu sekitar 1,37%. Selain itu, ikan ini juga mengandung asam lemak esensial yang berperan penting dalam pemenuhan kebutuhan gizi, sehingga Thunnus tonggol berpotensi sebagai bahan pangan bernilai gizi tinggi (Bahurmiz, 2019).

3. Ikan Tongkol Komo *(Euthynnus Affinis)*

Ikan tongkol komo (*Euthynnus affinis*) merupakan salah satu jenis ikan pelagis dari famili Scombridae yang memiliki nilai ekonomi penting dalam sektor perikanan. Spesies ini banyak dimanfaatkan sebagai komoditas perikanan tangkap dan menjadi salah satu sumber protein hewani yang banyak dikonsumsi masyarakat. Tingginya permintaan terhadap ikan tongkol komo menyebabkan tingkat penangkapan ikan ini terus meningkat di berbagai wilayah perairan. Oleh karena itu, pengelolaan sumber daya ikan tongkol komo perlu dilakukan secara berkelanjutan agar populasi dan ketersediaannya di alam tetap terjaga (Pulungan and Kamal, 2022).



Gambar 2.2 Ikan Tongkol Komo *(Euthynnus Affinis)*

(Sumber: Dokumentasi Peneliti, 2025).

Ikan tongkol komo merupakan ikan pelagis kecil dengan tubuh memanjang dan ramping. Panjang tubuh ikan ini umumnya berkisar antara 30–40 cm, meskipun pada kondisi tertentu dapat mencapai panjang maksimum sekitar 50 cm. Bagian punggung berwarna biru kehitaman dan ditandai oleh garis-garis hitam miring yang khas pada bagian dorsal, serta bintik-bintik hitam di antara sirip dada dan perut. Tubuhnya berbentuk torpedo dengan kepala runcing dan dua sirip punggung yang terpisah,

sehingga mendukung kemampuan berenang cepat. Ciri morfologi tersebut menjadi pembeda utama ikan tongkol komo dengan jenis tongkol lainnya (Hidayat, Noegroho and Chodrijah, 2019)'

a. Taksonomi Ikan Tongkol Komo

Klasifikasi taksonomi ikan tongkol komo (Ahmed *et al.*, 2015).

Kingdom : *Animalia*
Filum : *Chordata*
Kelas : *Actinopterygii*
Ordo : *Scombriformes*
Famili : *Scombridae*
Genus : *Euthynnus*
Spesies : *Euthynnus affinis*

b. Nutrisi Ikan Tongkol Komo

Ikan tongkol komo diketahui memiliki kandungan nutrisi yang tinggi, terutama sebagai sumber protein hewani. Hasil analisis menunjukkan bahwa daging tongkol komo mengandung protein sekitar 23%, kadar air berkisar antara 74–75%, serta kadar lemak yang relatif rendah. Selain itu, ikan ini juga mengandung asam lemak tidak jenuh yang bermanfaat bagi kesehatan, baik pada bagian daging putih maupun daging gelap. Kandungan nutrisi tersebut menunjukkan bahwa tongkol komo memiliki nilai gizi yang baik dan berpotensi sebagai bahan pangan bergizi tinggi (Kannaiyan *et al.*, 2019).

4. Siklus Hidup dan Habitat Ikan Tongkol

Ikan tongkol memiliki siklus hidup yang dimulai dari telur pelagik yang mengapung di permukaan laut, kemudian menetas menjadi larva kecil yang hidup di lapisan atas perairan dan memakan plankton. Seiring pertumbuhan, larva berubah menjadi juvenil yang mulai berenang aktif, hidup bergerombol, dan mengikuti pergerakan arus serta ketersediaan makanan. Setelah dewasa, ikan tongkol melakukan migrasi untuk mencari makan dan menemukan lokasi yang sesuai untuk memijah. Betina mampu menghasilkan ratusan ribu hingga jutaan telur dalam satu musim, sehingga siklus hidupnya berlangsung cepat dan dinamis, mencerminkan adaptasinya

sebagai ikan pelagis yang sangat bergantung pada kondisi lingkungan laut (Siswoyo, 2024).

Ikan tongkol abu-abu hidup di perairan dekat pantai dan laut lepas yang hangat. Ikan ini biasanya ditemukan di daerah laut yang tidak terlalu keruh dan tidak terlalu dekat dengan muara sungai. Tongkol abu-abu dapat hidup pada kedalaman sekitar 10 meter sampai lebih dari 80 meter dan menyukai suhu perairan hangat dengan suhu rata-rata sekitar 26,5 °C. Ikan ini juga sering berpindah tempat mengikuti arus, suhu air, dan ketersediaan makanan. Secara ekologis, ikan tongkol komo hidup di perairan dekat permukaan laut dan termasuk ikan pelagis neritik yang menyukai perairan hangat tropis. Spesies ini umumnya ditemukan di perairan pantai, teluk, dan daerah dekat landas kontinen, meskipun dapat juga dijumpai hingga ke laut lepas. Tongkol komo biasanya hidup pada kedalaman 0–200 meter, tetapi lebih sering ditemukan di lapisan permukaan hingga sekitar 50 meter. Ikan ini menyukai suhu perairan sekitar 18–29 °C dan memiliki pola migrasi aktif mengikuti perubahan arus, suhu, salinitas, serta ketersediaan makanan, sehingga penyebarannya cukup luas di wilayah Indo-Pasifik (Ahmed *et al.*, 2015).

B. Logam Berat

Logam berat merupakan unsur kimia yang memiliki massa atom besar serta densitas yang tinggi. Unsur ini dapat ditemukan secara alami di lingkungan, namun keberadaannya juga bisa meningkat akibat aktivitas manusia, seperti proses industri, pertambangan, maupun penggunaan bahan kimia tertentu (Putra *et al.*, 2023). Logam berat termasuk ke dalam golongan bahan beracun dan berbahaya (B3). Senyawa beracun ini umumnya dapat dijumpai pada limbah rumah tangga, asap kendaraan bermotor, pestisida, serta buangan dari aktivitas pertambangan. Unsur dengan massa jenis lebih dari 5 g/cm^3 digolongkan sebagai logam berat (Juhriah, 2016). Logam berat merupakan zat alami yang terdapat di dalam tanah dan tidak dapat terurai atau dihilangkan. Zat ini dapat masuk ke tubuh manusia melalui makanan, minuman, maupun udara (Permana, 2024).

Logam berat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu logam berat esensial dan logam berat non-esensial. Logam berat esensial merupakan logam yang diperlukan oleh organisme dalam jumlah sangat kecil (kurang dari 0,1% dari volume tubuh) untuk

mendukung fungsi biologis, namun dapat menjadi beracun apabila kadarnya berlebihan. Contoh logam jenis ini antara lain seng (Zn), tembaga (Cu), besi (Fe), dan mangan (Mn). Sementara itu, logam berat non-esensial adalah logam yang belum diketahui perannya bagi tubuh dan umumnya bersifat toksik. Contoh dari logam ini meliputi merkuri (Hg), kadmium (Cd), timbal (Pb), dan kromium (Cr) (Nurfadhilla *et al.*, 2020).

C. Timbal (Pb)

Timbal (Pb) merupakan unsur kimia dengan nomor atom 82 dan massa atom 207,2 yang termasuk dalam golongan logam berat. Logam ini memiliki sifat fisik yang khas, yaitu berwarna abu-abu kebiruan, bertekstur lunak, serta mudah dibentuk. Timbal memiliki kepadatan tinggi sekitar 11,34 g/cm³, titik lelehnya relatif rendah yaitu 327,5 °C, dan titik didih mencapai sekitar 1.740 °C. Dari sisi kimia, timbal cenderung stabil pada bilangan oksidasi +2, meskipun dapat pula membentuk senyawa pada bilangan oksidasi +4. Permukaannya mudah mengalami oksidasi di udara sehingga terlihat menghitam, dan logam ini dapat larut dalam asam kuat seperti asam nitrat atau asam asetat, tetapi sukar larut dalam air murni (ATSDR, 2020).

Timbal merupakan logam berat yang bersifat racun dan berbahaya, serta sering ditemukan sebagai pencemar yang dapat mengganggu kelangsungan hidup organisme perairan. Dampaknya tidak hanya pada biota akuatik, tetapi juga pada manusia karena paparan timbal berhubungan dengan rendahnya berat badan bayi saat lahir. Sementara itu, menurut Harmesa & Cordova (2021), sebagian besar timbal yang terdapat di perairan berasal dari aktivitas transportasi. Kandungan timbal dalam bahan bakar berfungsi sebagai aditif, namun ketika proses pembakaran terjadi, timbal dilepaskan ke atmosfer melalui emisi kendaraan dan kemudian larut ke dalam perairan (Nugraha Putra, Widada and Atmodjo, 2022).

1. Pencemaran Timbal (Pb)

Timbal merupakan salah satu logam berat yang tergolong sebagai bahan pencemar utama di lingkungan. Keberadaannya dapat ditemukan pada udara, tanah, air, hingga bahan pangan akibat aktivitas manusia, terutama dari emisi kendaraan bermotor serta limbah industri seperti baterai, cat, dan keramik. Cemaran timbal di udara

umumnya berbentuk gas atau partikel halus yang dapat terhirup masuk ke dalam paru-paru, sedangkan di perairan dan tanah logam ini dapat terakumulasi pada sedimen, tanaman, maupun biota perairan seperti ikan. Kondisi tersebut menimbulkan risiko serius karena timbal yang masuk ke dalam tubuh makhluk hidup akan terakumulasi dan berpotensi menyebabkan gangguan kesehatan pada manusia (Sihol, Naria and Hasan, 2015).

Masuknya timbal ke dalam tubuh ikan dapat melalui insang dan saluran pencernaan. Insang menyerap Pb karena terus kontak dengan air, sehingga ion Pb yang terlarut mudah masuk saat ikan bernapas. Selain itu, ikan dapat menelan air, sedimen, atau makanan yang terkontaminasi Pb, lalu logam tersebut diserap melalui usus dan masuk ke aliran darah. Setelah berada dalam tubuh, Pb akan terbawa ke organ seperti hati, ginjal, dan otot. Kadar Pb dalam tubuh ikan akan meningkat seiring lamanya paparan dan tingkat pencemaran perairan (Simangunsong, Anjaini and Wijaya, 2023).

2. Biotransformasi Timbal (Pb) dan Dampaknya bagi Kesehatan

Biotransformasi timbal adalah proses bagaimana timbal yang masuk ke tubuh mengalami penyerapan, penyebaran, perubahan ikatan dalam jaringan, hingga akhirnya dikeluarkan kembali. Meskipun timbal tidak dapat dimetabolisme seperti senyawa organik, tubuh tetap mengubah bentuk ikatannya dan memindahkannya dari darah ke jaringan lunak dan akhirnya ke jaringan keras. Proses ini sangat penting karena menentukan seberapa besar timbal menumpuk di tubuh dan seberapa lama efek toksiknya bertahan (Rosita, 2018).

a. Absorpsi

Timbal dapat masuk ke tubuh terutama melalui saluran pernapasan dan sebagian melalui saluran pencernaan. Penyerapan di paru-paru dipengaruhi deposisi partikel, pembersihan mukosiliar, dan pembersihan alveolar. Partikel kecil lebih mudah mencapai bagian paru dalam. Sekitar 10–20% timbal yang terhirup dapat terserap, sementara hanya 5–10% dari timbal yang tertelan diserap di saluran pencernaan (Rosita, 2018).

b. Distribusi

Setelah diserap, timbal dibawa oleh darah dan sekitar 95% terikat pada eritrosit. Timbal kemudian disebarkan ke jaringan lunak seperti ginjal, hati, sistem saraf, dan

sumsum tulang, serta ke jaringan keras seperti tulang, gigi, rambut, dan kuku. Akumulasi terbesar biasanya terjadi pada tulang panjang dan gigi, yang menjadi lokasi penyimpanan jangka Panjang (Rosita, 2018).

c. Metabolisme

Dalam tubuh, timbal tidak dimetabolisme seperti senyawa kimia lain, tetapi mengalami perubahan bentuk ikatan ketika berinteraksi dengan protein darah dan jaringan. Setelah masuk, Pb pertama kali berikatan dengan eritrosit, lalu berpindah ke jaringan lunak, dan akhirnya disimpan dalam jaringan keras. Proses ini berlangsung perlahan sehingga timbal dapat bertahan sangat lama di tubuh dan menimbulkan efek toksik dalam jangka Panjang (Rosita, 2018).

d. Ekskresi

Timbal dikeluarkan terutama melalui ginjal (sekitar 75–80% lewat urin), kemudian melalui feses (15%) dan sebagian kecil melalui empedu, keringat, rambut, serta kuku. Proses ekskresi timbal sangat lambat, dengan waktu paruh sekitar 25 hari di darah, 40 hari di jaringan lunak, dan hingga 25 tahun di tulang (Rosita, 2018).

1) Dampak Timbal bagi Kesehatan Anak

   Paparan timbal sangat berbahaya bagi bayi dan anak-anak karena jaringan tubuh mereka masih lunak dan lebih rentan dibandingkan orang dewasa. Bahkan pada kadar rendah, timbal dapat menimbulkan gangguan serius seperti masalah perilaku, kesulitan belajar, hingga penurunan IQ. Jika terpapar pada kadar tinggi, anak-anak berisiko mengalami kerusakan otak maupun ginjal yang dapat berujung pada kematian (Putra *et al.*, 2023).

2) Dampak Timbal bagi Kesehatan Orang Dewasa

   Pada orang dewasa, terutama usia lanjut, paparan timbal dalam jangka panjang dapat menurunkan fungsi kognitif, memicu anemia, serta meningkatkan tekanan darah. Kadar timbal yang tinggi juga dapat menyebabkan kerusakan otak dan ginjal dengan dampak fatal. Pada wanita hamil, paparan timbal dapat meningkatkan risiko keguguran, sedangkan pada pria paparan kronis berpotensi menurunkan kesuburan (Putra *et al.*, 2023).

D. Metode Analisis Timbal

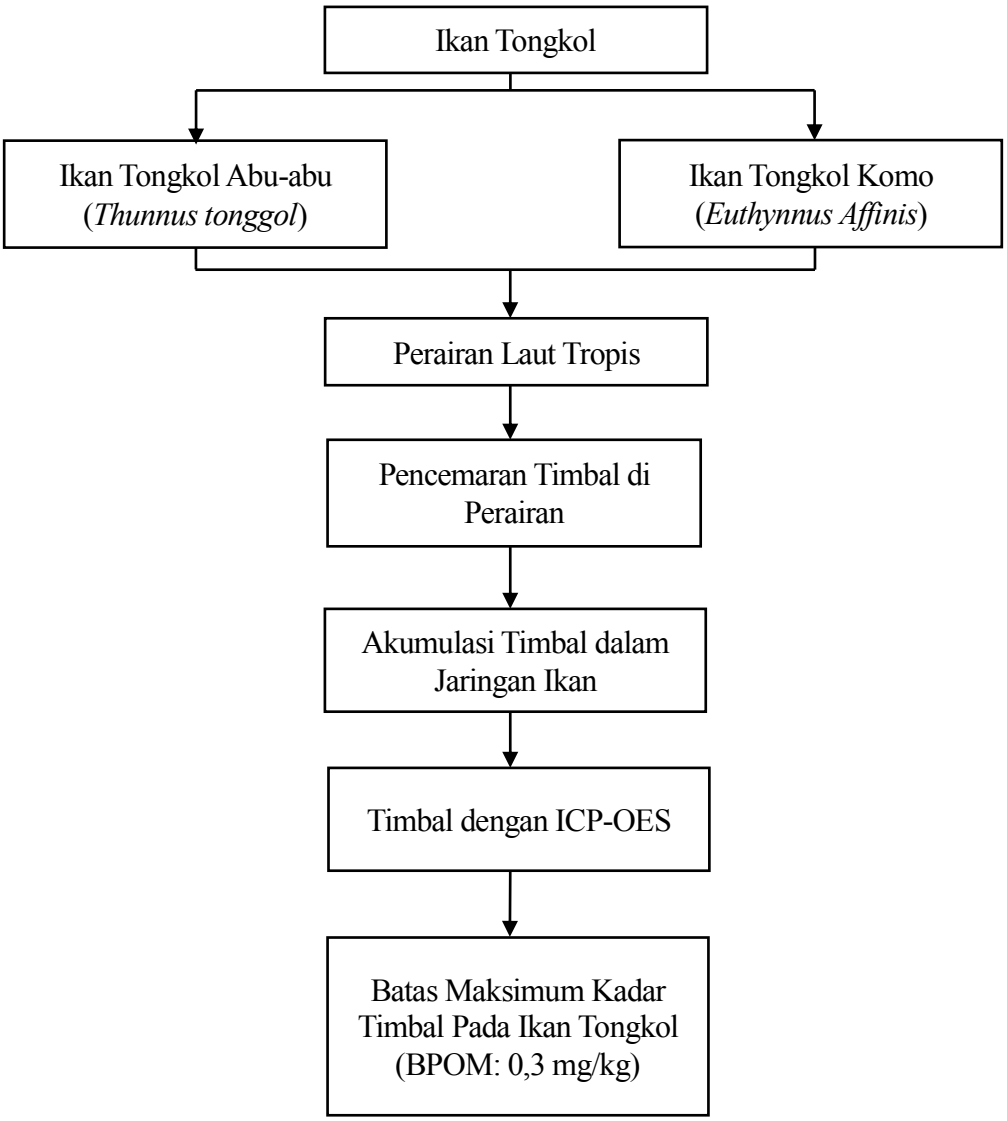
Uji kualitatif Pb dilakukan dengan menambahkan larutan KI, NaOH dan NH_4OH ke dalam sampel, kemudian diamati adanya perubahan warna atau terbentuknya endapan sebagai indikator keberadaan timbal. Pada penambahan KI biasanya terbentuk endapan kuning, sedangkan NaOH dan NH_4OH menghasilkan endapan putih sebagai tanda positif. Hasil dianggap positif apabila minimal tiga reagen memberikan perubahan warna atau endapan khas yang menunjukkan keberadaan Pb dalam sampel (Arifiyana and Ferry, 2018).

Uji kuantitatif timbal dapat dilakukan dengan berbagai metode instrumental, seperti Inductively Coupled Plasma–Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES), Spektrofotometri Serapan Atom (SSA/AAS), spektrofotometri UV-Vis, dan titrasi kompleksometri. Di antara teknik-teknik tersebut, ICP-OES merupakan salah satu metode analisis logam yang memiliki sensitivitas tinggi, batas deteksi rendah, serta mampu menganalisis beberapa unsur secara simultan. Prinsip kerja ICP-OES yaitu sampel diubah menjadi aerosol oleh nebulizer dengan bantuan gas argon, kemudian masuk ke plasma bersuhu tinggi sehingga atom logam mengalami eksitasi. Atom yang tereksitasi akan kembali ke keadaan dasar (ground state) sambil memancarkan emisi cahaya atau sinyal radiasi pada panjang gelombang tertentu yang khas untuk setiap unsur. Intensitas emisi yang dihasilkan sebanding dengan konsentrasi logam dalam sampel (Afifah and Huda, 2019).

Kemampuan ICP-OES untuk menganalisis beberapa unsur secara simultan didukung oleh penggunaan larutan standar multi elemen sebagai larutan kalibrasi yang mengandung beberapa unsur dalam satu larutan standar. Penggunaan larutan ini meningkatkan efisiensi analisis karena beberapa unsur dapat dikalibrasi secara bersamaan sehingga mengurangi waktu preparasi, penggunaan reagen, dan tahapan kerja. Pada proses analisis, instrumen akan mendeteksi dan memisahkan panjang gelombang masing-masing unsur sehingga beberapa logam dapat dianalisis secara bersamaan dalam satu kali pengukuran. Pemilihan panjang gelombang optimum dilakukan berdasarkan intensitas emisi tertinggi dan gangguan spektral yang minimal agar hasil analisis lebih selektif dan akurat. Dengan demikian, meskipun menggunakan larutan standar multi elemen, setiap unsur tetap dapat dibedakan dan teridentifikasi secara spesifik (Pirdaus *et al.*, 2018).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa metode destruksi basah menggunakan asam nitrat (HNO_3) merupakan salah satu teknik yang paling umum dan efektif dalam analisis logam berat, termasuk timbal (Pb). HNO_3 dikenal sebagai pengoksidasi kuat yang bersifat sangat korosif, sehingga mampu menguraikan matriks organik kompleks pada sampel biologis maupun pangan. Dalam perbandingan beberapa metode destruksi asam, penggunaan HNO_3 baik secara tunggal maupun dikombinasikan dengan asam lain terbukti menghasilkan pelarutan logam Pb yang lebih optimal dan stabil. Sifat oksidatif HNO_3 memungkinkan senyawa organik teroksidasi menjadi bentuk sederhana, sehingga logam berat seperti Pb dapat terlepas dari ikatan jaringan dan larut dalam bentuk ion. Oleh karena itu, HNO_3 sering digunakan dalam proses destruksi sampel sebelum analisis logam berat menggunakan teknik instrumental seperti AAS maupun ICP-OES (Uddin *et al.*, 2016).

E. Kerangka Konsep



Gambar 2.3 Kerangka Konsep