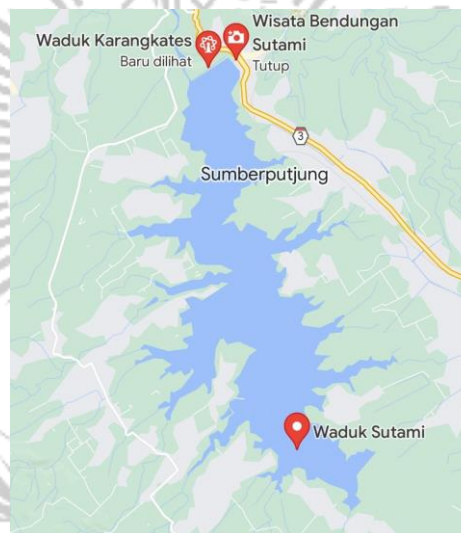


## BAB II KAJIAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Umum Tentang Lokasi Penelitian

Waduk Sutami merupakan salah satu dari tiga waduk di hulu Sungai Brantas yang memegang peranan penting dalam hal pengendalian banjir (Djajasinga et al., 2012). Waduk Sutami terletak di Desa Karangates, Kecamatan Sumber Pucung, Kabupaten Malang. Waduk terbesar di propinsi Jawa Timur ini selain didesain mampu mengendalikan banjir juga dirancang sebagai sumber debit air bagi irigasi daerah hilir dengan debit mencapai 24 m per detik pada musim kemarau. Selain itu waduk Sutami juga merupakan pembangkit listrik dengan daya 3 x 35.000 kwh atau setara dengan 488 Juta kwh/tahun, serta area publik yang bisa dijadikan sebagai tempat pariwisata dan perikanan air tawar (Juantari et al., 2013).



**Gambar 2.1** Waduk Sutami  
(Dokumen Pribadi, 2023)

### 2.2 Ikan Mujair

Ikan mujair adalah sejenis ikan air tawar, pipih, berwarna abu-abu, coklat atau hitam. Badan mujair bertubuh pipih dan ramping, bersisik kecil bertipe stenoid, badan vertical dan sirip ekor berwarna merah (Norra et al., 2021). Ikan mujair merupakan salah satu sumber protein hewani untuk

memenuhi gizi masyarakat Indonesia, sehingga ikan mujair ini menjadi salah satu komoditas ikan tawar yang banyak dikembangkan di Indonesia (Norra et al., 2021). Ikan mujair tergolong jenis ikan yang sangat toleran terhadap perbedaan suhu air antara 14-32° C. Suhu air optimum yang baik untuk pertumbuhan ikan mujair berkisar 22-28° C. Ikan mujair mampu beradaptasi terhadap perubahan kandungan oksigen yang terlarut dalam perairan (Arifin, 2016). Ikan mujair mampu beradaptasi terhadap perlakuan fisik seperti seleksi, penampungan, penimbangan, dan pengangkutan. Sifatnya yang sangat adaptif terhadap lingkungan baru, ikan mujair dengan berbagai strain-nya tersebar hampir di seluruh penjuru duni(Wancik et al., 2022). Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) merupakan ikan tawar yang paling tinggi produksinya dan sudah dibudidayakan di seluruh propinsi di Indonesia. Di Indonesia terdapat beberapa macam strain ikan mujair, yaitu sinyonya, punten, kumpay, majalaya, kancra domas, taiwan dan merah (Purnomo & Chika, 2022).

Klasifikasi ikan mujair berdasarkan ilmu taksonomi hewan (system pengelompokan hewan berdasarkan bentuk tubuh dan sifat-sifatnya) sebagai berikut.

Kingdom : Animalia  
Filum : Chordata  
Kelas : Actinopterygii  
Ordo : Perciformes  
Famili : Cichlidae  
Genus : *Oreochromis*  
Spesies : *Oreochromis mossambicus* (Sufyan et al., 2019)

Menurut (Puspitasari, 2016) Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) juga merupakan bioindikator untuk monitoring polusi yang ada pada air tawar. Ikan mujair (*Oreochromis mossambicus*) mempunyai toleransi yang besar terhadap kadar garam atau salinitas, Ikan Mujair (*Oreochromis mossambicus*) dapat berpotensi mengakumulasi logam berat (Yulaipi & Aunurohim, 2013).

### 2.3 Karakteristik Logam Berat Timbal (Pb)

Timbal (Pb), termasuk dalam kategori logam berat grup IVA dalam tabel periodik unsur kimia, memiliki nomor atom 82 dan berat atom 207,2. Pada suhu kamar, timbal berwujud padat dan memiliki titik lebur sekitar 327,4°C (Gusnita, 2012). Timbal, sering disebut sebagai timah hitam (lead = plumbum) dan dilambangkan dengan simbol Pb, merupakan salah satu logam berat yang dapat mengkontaminasi lingkungan. Selain itu, timbal juga memiliki sifat beracun dan berbahaya bagi kehidupan organisme (Ardillah, 2016).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Putri (2023), timbal merupakan logam yang memiliki sifat toksik terhadap manusia. Paparan timbal dapat terjadi melalui konsumsi makanan, minuman, atau inhalasi dari udara. Selain itu, kontak langsung dengan kulit, mata, dan paparan prenatal juga dapat menyebabkan keracunan timbal yang menghasilkan efek akut maupun kronis. Di dalam tubuh manusia, timbal dapat menghambat aktivitas enzim yang penting dalam pembentukan hemoglobin (Hb). Sebagian kecil dari timbal yang masuk ke dalam tubuh dapat diekskresikan melalui urin atau feses karena sebagian terikat oleh protein, sedangkan sisanya dapat terakumulasi dalam organ-organ seperti ginjal, hati, kuku, jaringan lemak, dan rambut (Umar et al., 2021).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Putri (2023), timbal merupakan logam yang memiliki sifat toksik terhadap manusia. Paparan timbal dapat terjadi melalui konsumsi makanan, minuman, atau inhalasi dari udara. Selain itu, kontak langsung dengan kulit, mata, dan paparan prenatal juga dapat menyebabkan keracunan timbal yang menghasilkan efek akut maupun kronis. Di dalam tubuh manusia, timbal dapat menghambat aktivitas enzim yang penting dalam pembentukan hemoglobin (Hb). Sebagian kecil dari timbal yang masuk ke dalam tubuh dapat diekskresikan melalui urin atau feses karena sebagian terikat oleh protein, sedangkan sisanya dapat terakumulasi dalam organ-organ seperti ginjal, hati, kuku, jaringan lemak, dan rambut (Umar et al., 2021)

Timbal adalah jenis logam yang memiliki sifat lunak dan berwarna coklat kehitaman, serta mudah untuk dimurnikan. Meskipun begitu, timbal merupakan logam berat yang sangat beracun dan dapat terdeteksi secara praktis pada berbagai benda mati di lingkungan dan sistem biologis. Logam ini cenderung tersebar luas lebih mudah daripada logam toksik lainnya, dan secara alami terdapat dalam batuan dan lapisan kerak bumi. Distribusi timbal di alam bisa disebabkan oleh faktor alami seperti debu yang tertiuap angin, kebakaran hutan, letusan gunung berapi, dan larutan garam laut (Zairinayati et al., 2022).

Sifat-sifat seperti fleksibilitas, kekuatan yang tinggi, berat jenis yang besar, ketahanan terhadap radiasi, dan sifat-sifat lainnya membuat timbal menjadi logam yang sangat berguna (Ramlia et al., 2018). Penggunaan timbal sangat luas di berbagai industri, misalnya sebagai aditif dalam bahan bakar, pigmen dalam cat, baterai asam (seperti pada aki), amunisi, solder, dan bahan cetakan. Pelat baja yang dilapisi timbal biasanya digunakan untuk meredam suara dalam konstruksi apartemen, sementara bantalan timbal asbes anti vibrasi digunakan dalam fondasi bangunan untuk mengurangi getaran. Lapisan timbal porselen sering digunakan untuk melindungi dari radiasi dalam reaktor pembangkit nuklir, dan beberapa wadah anti korosif juga menggunakan timbal sebagai bahan pelapis (Ismarti, 2015).

Timbal, yang juga dikenal sebagai logam timbal dalam tabel periodik unsur, merupakan salah satu jenis logam berat yang secara alami terdapat di dalam kerak bumi. Logam ini tersebar dalam jumlah kecil di alam melalui berbagai proses alami, seperti letusan gunung berapi dan proses geokimia. Timbal memiliki sifat lunak dan biasanya berwarna kebiru-biruan atau abu-abu keperakan, dengan titik leleh yang terjadi pada tekanan atmosfer. Nomor atom timbal adalah yang terbesar di antara semua unsur yang stabil, yaitu 82 (Palar, 2008).

Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat dapat dibagi menjadi dua jenis. Jenis pertama adalah logam berat esensial, yang berarti keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat diperlukan oleh organisme hidup.

Namun, jika jumlahnya berlebihan, dapat menyebabkan efek toksik. Contoh logam berat esensial adalah besi (Fe), yang keberadaannya dalam air laut dapat berasal dari pengkaratan kapal-kapal laut dan tiang-tiang pancang pelabuhan yang mudah berkarat. Sementara itu, jenis kedua adalah logam berat non-esensial atau beracun, di mana keberadaannya dalam tubuh belum diketahui manfaatnya atau bahkan bersifat racun, seperti timbal (Pb) (Ramlia et al., 2018).

Logam berat non-esensial adalah jenis logam berat yang sangat beracun dan dapat dideteksi secara praktis pada berbagai benda mati di lingkungan, termasuk dalam sistem biologis seperti perairan laut (Zairinayati et al, 2022). Sumber utama pencemaran oleh timbal berasal dari komponen gugus alkil timbal yang digunakan sebagai bahan tambahan dalam bensin, limbah industri, dan deposisi dari pembakaran batu bara. Timbal (Pb) memiliki potensi yang sangat berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan (toksisitas) pada makhluk hidup. Racun ini bersifat kumulatif, yang berarti akan menunjukkan efek toksik ketika terakumulasi dalam jumlah yang cukup besar dalam tubuh organisme.

Timbal digunakan dalam berbagai aplikasi, terutama sebagai bahan pipa, aditif bensin, dalam baterai, sebagai pigmen, dan dalam pembuatan amunisi. Kehadiran timbal dalam air dapat terjadi melalui kontak air dengan tanah atau udara yang terkontaminasi oleh timbal, juga dapat berasal dari air yang terkontaminasi oleh limbah industri atau akibat korosi pipa (Palar, 2008).

#### **2.4 Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) di Perairan**

Pencemaran air adalah kondisi di mana terdapat bahan berbahaya di dalam air. Penyebab pencemaran di perairan seringkali disebabkan oleh masuknya logam berat dalam jumlah yang melebihi batas normal. Salah satu logam berat yang sangat berbahaya bagi lingkungan perairan adalah timbal atau timah hitam (Pb). Limbah timbal secara alami dapat masuk ke dalam perairan melalui proses pengkristalan di udara yang dibantu oleh air hujan. Selain itu, proses korosi mineral akibat hempasan gelombang dan angin juga menjadi salah satu jalur masuknya timbal ke dalam perairan (Faika & Khaerunnisa, 2012).

Timbal memiliki sifat yang tidak dapat terurai dan cenderung mengendap di dasar perairan, sehingga membentuk material yang terkumpul. Karena itu, kadar timbal yang terkumpul ini lebih tinggi dibandingkan dengan yang larut di dalam air, sehingga dapat terikat ke dalam tubuh organisme dan menjadi racun (Garvano et al., 2017). Dalam lingkungan perairan, jumlah logam berat dapat meningkat melalui proses biomagnifikasi. Kontaminasi timbal pada ekosistem perairan seringkali terkait dengan pelepasan limbah dari aktivitas domestik, industri, dan manusia secara umum. Kandungan logam berat dalam perairan dapat memengaruhi rantai makanan biota air di ekosistem tersebut (Setiawan & Subiandono, 2015).

## **2.5 Pengaruh Pb pada makhluk Hidup**

Keberadaan logam berat seperti timbal (Pb) dalam lingkungan merupakan masalah serius yang perlu diberi perhatian. Logam berat termasuk dalam kategori bahan pencemar berbahaya yang dapat mengganggu tatanan ekosistem dan menyebabkan perubahan yang merugikan bagi organisme di dalamnya. Bahan aktif dari logam berat yang bersifat beracun dapat menghambat kerja enzim dalam proses fisiologis atau metabolisme tubuh, mengganggu proses metabolisme yang vital. Akibatnya, bahan beracun tersebut dapat terakumulasi dalam tubuh, menyebabkan gangguan kesehatan yang serius (Palar, 2008).

Timbal, yang sering disebut timah hitam dalam kehidupan sehari-hari, memiliki peran penting dalam bahan bakar minyak sebagai salah satu komponen utama untuk meningkatkan nilai oktan. Namun, penggunaan timbal dalam bahan bakar minyak juga menjadi salah satu sumber utama pencemaran oleh timbal. Selain itu, peralatan rumah tangga seperti sendok, garpu, dan pisau juga dapat mengandung timbal. Di industri, timbal digunakan dalam bentuk oksida timbale sebagai pigmen atau pewarna dalam kosmetik, kaca, dan keramik. Hal ini menunjukkan bahwa kehadiran timbal di lingkungan dapat

berasal dari berbagai sumber yang berpotensi mencemari dan berdampak negatif terhadap kesehatan manusia dan ekosistem.

Pencemaran yang mengandung timbal (Pb) sering terjadi pada produk makanan dalam kaleng. Kontaminasi dapat berasal dari proses pematiran saat penyambungan kaleng atau dari cat yang digunakan untuk melindungi logam kaleng (Palar, 2008). Ketika timbal masuk ke dalam tubuh makhluk hidup, ia dapat menyebabkan berbagai gangguan pada fungsi jaringan dan metabolisme. Gangguan tersebut meliputi sintesis hemoglobin dalam darah, kerusakan pada ginjal, sistem reproduksi, serta gangguan akut atau kronis pada sistem saraf dan paru-paru.

Paparan timbal bahkan dalam kadar yang rendah pun dapat berdampak serius, terutama pada anak-anak. Sebagai contoh, seorang anak dapat mengalami penurunan dua poin pada tingkat kecerdasannya jika kadar timbal dalam darahnya mencapai 10–20 µg/dL. Beberapa penelitian juga menunjukkan bahwa timbal dapat merusak jaringan saraf, fungsi ginjal, serta menyebabkan penurunan kemampuan belajar dan hiperaktivitas pada anak-anak. Timbal dapat diserap oleh berbagai organ tubuh seperti otak, hati, limfa, ginjal, dan sumsum tulang dalam bentuk fosfat timbal, yang kemudian mengalami redistribusi di dalam tubuh (Palar, 2008).

## **2.6 Mekanisme Penyerapan Logam Timbal (Pb) pada Ikan**

Suyanto et al. (2010) menyatakan bahwa ikan, sebagai organisme air, memiliki kemampuan bergerak cepat dan umumnya mampu menghindari dampak negatif dari pencemaran air yang disebabkan oleh aktivitas yang berpotensi merusak lingkungan. Menurut Zairinayati et al. (2022), mekanisme penyebaran logam berat di perairan terjadi ketika logam berat membentuk partikel halus yang kemudian mengendap di dasar air, membentuk material atau pecahan yang kemudian bercampur dengan air (Zairinayati et al, 2022).

Timbal (Pb) adalah salah satu jenis logam berat yang dapat menyebabkan pencemaran dalam perairan. Dalam suatu perairan yang tercemar oleh timbal (Pb) akan berdampak negatif didalam organisme perairan. Logam

timbal (Pb) dapat masuk ke dalam tubuh makhluk hidup melalui rantai makanan, insang atau difusi melalui permukaan kulit, akibatnya toksit ikan itu dapat terserap dalam jaringan, tertimbun dalam jaringan (bioakumulasi) dan pada konsentrasi tersebut akan dapat merusak organ dalam jaringan tubuh (Palar, 2008). Toksisitas logam timbal (Pb) terhadap organisme air dapat menyebabkan kerusakan jaringan organisme khususnya pada organ ikan seperti insang dan usus kemudian ke jaringan bagian dalam seperti hati dan ginjal tempat logam tersebut terakumulasi (Darmono, 2011). Oleh karena itu timbal (Pb) berbahaya mencemari lingkungan perairan, menyebabkan toksistas pada organisme di dalamnya dan makhluk hidup lain yang mengkonsumsi organisme tersebut (Yulaipi & Aunurohim, 2013).

## **2.7 Efek Paparan Timbal (Pb) pada Kesehatan Manusia**

Logam berat memiliki kemampuan untuk terakumulasi dalam tubuh suatu organisme dan dapat bertahan dalam jangka waktu yang lama sebagai zat beracun (Gusnita, 2012). Logam tersebut dapat tersebar ke berbagai bagian tubuh manusia dan sebagian akan terus terakumulasi melalui berbagai jalur, salah satunya adalah melalui makanan yang terkontaminasi oleh logam berat. Jika kondisi ini berlangsung secara berkelanjutan dalam jangka waktu yang panjang, dapat mencapai kadar yang membahayakan kesehatan manusia.

Keracunan oleh timbal (Pb) merupakan kondisi serius karena senyawa tersebut bersifat toksik, di mana efek paparannya bisa timbul tanpa gejala yang jelas. Efek paparan timbal bersifat kronis, yang berarti semakin lama seseorang terpapar, dosisnya akan terus meningkat secara perlahan namun pasti. Paparan timbal yang berlangsung dalam jangka waktu yang panjang dapat mengganggu berbagai sistem organ dalam tubuh manusia, seperti sistem darah, saraf, ginjal, reproduksi, dan pencernaan (Suksmerri, 2008).

Menurut Sahetapy (2011), kandungan timbal (Pb) dalam tubuh dengan konsentrasi yang tinggi dapat menghambat aktivitas enzim. Hal ini terjadi melalui pembentukan senyawa antara logam berat dan gugus sulfhidril (S-H), yang berdampak pada fungsi enzim dalam tubuh.



Adanya kandungan timbal (Pb) yang berlebihan dalam makanan yang dikonsumsi dapat meningkatkan risiko efek negatif terhadap kesehatan, karena dapat menghambat kerja enzim dan mengganggu metabolisme tubuh, serta menyebabkan reaksi alergi (Hananingtyas, 2017). Ketika timbal (Pb) masuk ke dalam tubuh melalui saluran pencernaan akibat konsumsi makanan, ia dapat terbawa ke dalam darah dan berikatan dengan eritrosit, kemudian diolah oleh tubuh dan masuk ke dalam tubulus proksimal ginjal. Hal ini dapat mengganggu fungsi ginjal, selain itu, timbal yang berada dalam darah juga dapat menghambat pembentukan heme, yang mengurangi produksi hemoglobin dalam darah dan dapat menyebabkan gangguan kesehatan lainnya (Mulyadi et al., 2015).

Batas maksimum cemaran timbal dalam makanan yang dikonsumsi manusia, seperti ikan dan hasil olahannya, telah ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional tahun 2009 sebesar 0,3 mg/kg. Oleh karena itu, jika kadar timbal pada ikan dan hasil olahannya melebihi batas tersebut dan dikonsumsi dalam jumlah yang banyak, dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan dan gangguan di dalam tubuh manusia.

## **2.8 Hasil Penelitian Sebagai Sumber Belajar**

Sumber belajar merupakan segala sumber pendukung untuk kegiatan belajar, termasuk sistem pendukung dan materi serta lingkungan pembelajaran bukan hanya alat dan materi yang dipergunakan dalam pembelajaran, tetapi juga meliputi orang, anggaran, dan fasilitas (Supriadi, 2015). AECT (Association of Education Communication Technology) mengklasifikasikan sumber belajar menjadi enam macam yaitu pesan, orang, bahan, alat, teknik dan lingkungan. Sumber belajar sebagai salah satu komponen sistem pengajaran yang harus bekerjasama, saling berhubungan dan saling ketergantungan dengan komponen-komponen pengajaran lainnya, bahkan tidak dapat berjalan secara terpisah/sendiri tanpa berhubungan dengan komponen lainnya. Dalam arti luas, sumber belajar (*learning resource*) merupakan segala macam sumber yang ada

di luar diri peserta didik yang memungkinkan dan memudahkan terjadinya proses belajar. Adapun syarat-syarat suatu penelitian dijadikan sebagai sumber belajar menurut Susilo (2018) adalah kejelasan potensi, kejelasan sasaran, kesesuaian dengan tujuan belajar, kejelasan informasi yang diungkap dan kejelasan pedoman eksplorasi.

Batas maksimum cemaran timbal dalam makanan yang dikonsumsi manusia, seperti ikan dan hasil olahannya, telah ditetapkan oleh Badan Standardisasi Nasional tahun 2009 sebesar 0,3 mg/kg. Oleh karena itu, jika kadar timbal pada ikan dan hasil olahannya melebihi batas tersebut dan dikonsumsi dalam jumlah yang banyak, dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan dan gangguan di dalam tubuh manusia.

Menurut Munifah (2012), hasil penelitian dapat dijadikan sebagai sumber belajar dalam bidang biologi jika dilihat dari aspek proses dan hasilnya. Hal ini dimulai dari perumusan masalah hingga penarikan kesimpulan yang menghasilkan fakta-fakta selama proses penelitian. Fakta-fakta ini kemudian dapat digeneralisasikan menjadi konsep dan prinsip yang lebih luas. Pemanfaatan hasil penelitian ini sebaiknya disesuaikan dengan konsep yang ingin dicapai dalam kurikulum, sehingga dapat mendukung kebutuhan kurikulum yang digunakan.

Menurut Djohar (2012), setiap benda atau gejala pada dasarnya dapat dijadikan sebagai sumber belajar, namun ada beberapa syarat yang perlu diperhatikan dalam pemanfaatannya. Syarat-syarat tersebut adalah:

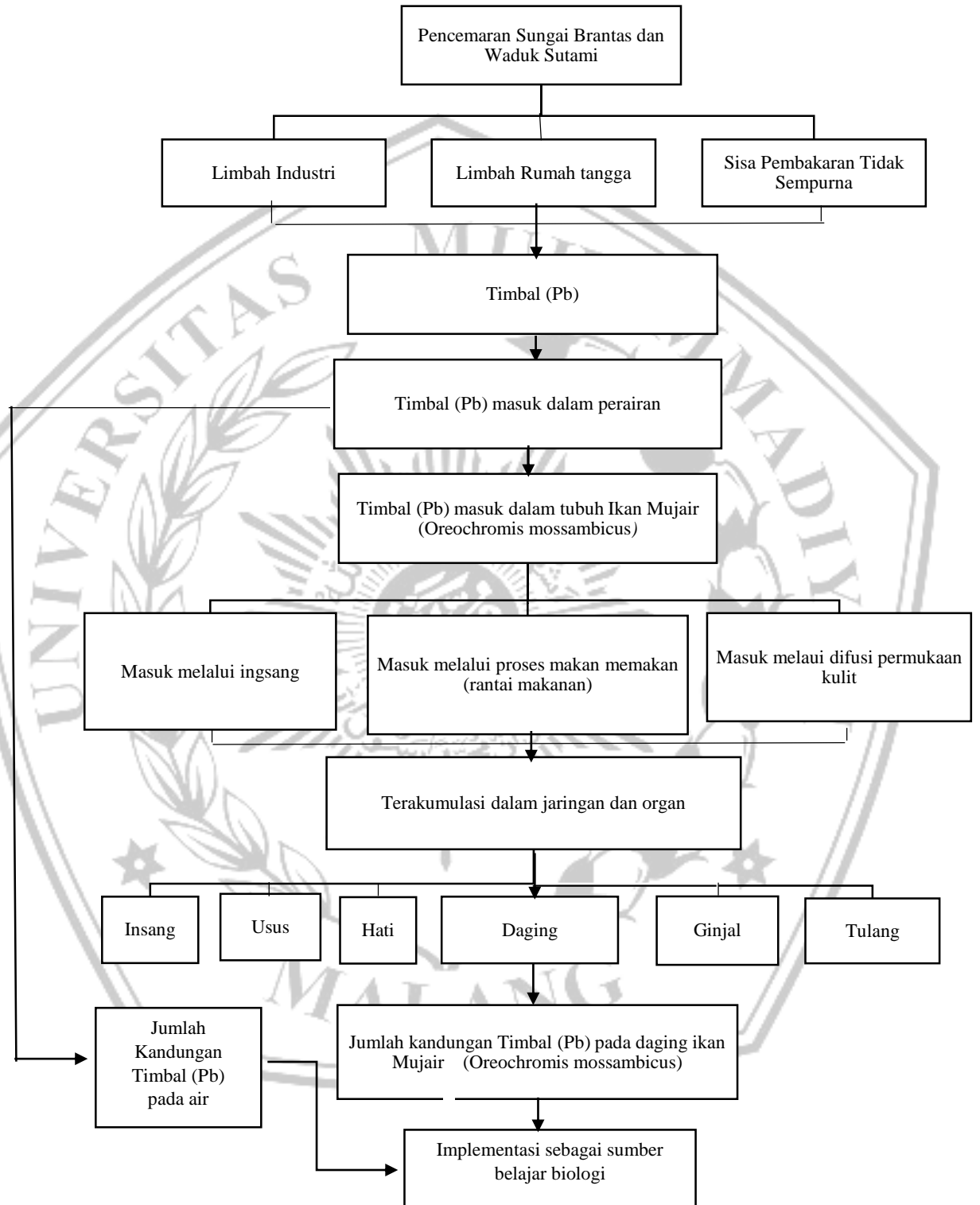
1. Kejelasan potensi: Berdasarkan pada proses dan produk dari kegiatan penelitian yang dapat dijadikan sebagai sumber belajar.
2. Kesesuaian dengan tujuan belajar: Menyelaraskan tujuan penelitian dengan tujuan belajar yang telah dirumuskan sebagai bagian dari kurikulum.
3. Kejelasan sasaran: Berkaitan dengan subjek belajar atau sasaran peruntukan sumber belajar yang diinginkan.

4. Kejelasan informasi yang diungkap: Berdasarkan pada informasi dari hasil penelitian eksplorasi yang mencakup proses dan produk penelitian.
5. Kejelasan pedoman eksplorasi: Terkait dengan proses pelaksanaan penelitian yang dijadikan sebagai sumber belajar.
6. Kejelasan perolehan yang diharapkan: Menyebutkan hal-hal yang diharapkan dapat diperoleh dari kegiatan yang dikembangkan.

Setelah memenuhi keenam syarat tersebut, hasil penelitian dapat digunakan sebagai sumber belajar biologi melalui dua tahapan, yaitu analisis hasil penelitian dan pengembangan penelitian dalam konteks instruksional.



## 1.9 Kerangka Konsep



**Gambar 2.2** Kerangka konsep