

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Tentang Buah Markisa

Markisa adalah salah satu buah lokal yang sangat potensial untuk dikembangkan, karena tanaman markisa memiliki berbagai keunggulan dalam hal budidaya yang tergolong mudah, tidak banyak perawatan, tahan terhadap hama dan penyakit serta dapat tumbuh di dataran tinggi dan dataran rendah (Suswati, Indrawati, & Masitoh, 2018). Di Indonesia, ada empat jenis markisa yang banyak dibudidayakan oleh masyarakat, yaitu markisa ungu (*Passiflora edulis* var. *edulis*), markisa konyal (*Passiflora lingularis*), markisa kuning (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*), dan markisa erbis (*Passiflora quadrangularis*) (Susilo, 2015).

2.1.1 Klasifikasi dan Tata Nama Buah Markisa Kuning

Klasifikasi Buah Markisa Kuning (Rukmana, 2003 dan Karsinah, 2010):

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisio	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Passiflorae
Famili	: Passifloraceae
Genus	: <i>Passiflora</i>
Spesies	: <i>Passiflora edulis</i> Sims. f. <i>flavicarpa</i> Deg.

2.1.2 Morfologi Buah Markisa Kuning



Gambar. 2.1 Buah Markisa Kuning (Krister, 2020)

Adapun morfologi dari buah markisa kuning (Karsinah, *et al.*, 2010) yaitu :

- a. Bentuk daun menjari berukuran lebih besar dan lebih tebal daripada markisa ungu. Daun muda berwarna hijau dengan panjang daun 10-13 cm dan lebar daun 9-12 cm.
- b. Tangkai berwarna hijau kecoklatan dengan panjang tangkai 2-4 cm.
- c. Ruas batang panjang 7-10 cm dan sulur muda berwarna kecoklatan.
- d. Bunga berukuran besar dengan diameter 7-8 cm dengan mahkota tambahan berbentuk benang dan memencar, panjang $\pm 3,5$ cm, pangkalnya berwarna ungu dan ujungnya berwarna putih.
- e. Buah muda berwarna hijau, sedangkan buah tua yang masak berwarna kuning muda-kuning berbintik putih. Buah berbentuk bulat hingga bulat agak lonjong atau oval dengan diameter 5-7 cm dan bobot 55-130 gram. sari buah berwarna kuning dengan rasa asam manis beraroma seperti jambu biji.
- f. Kulit buah agak tebal dan keras.

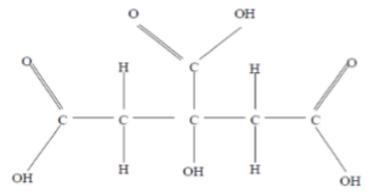
2.1.3 Kandungan Buah Markisa Kuning

Buah markisa asam terdiri dari kulit buah sekitar 45% dan bagian yang dapat dimakan dari bobot buah segar sekitar 55%. Dalam 100 gram bagian buah markisa yang dapat dikonsumsi mengandung 69-80 gr air, 2,3 gr protein, 2,0 gr lemak, 16 gr karbohidrat, 3,5 gr serat, 10 mg Ca, 1 mg Fe, 20 SI vitamin A, sedikit sekali tiamin, 0,1 mg riboflavin, 1,5 mg niasin, dan 20-80 mg vitamin C, dengan nilai energi sebesar 385 kJ / 100 gr (Verheij dan Coronel 1997, Karsinah, *et al.*, 2007 dalam Lesmayati, 2016).

Beberapa kandungan gizi yang terdapat pada buah markisa adalah asam sitrat, asam askorbat, niasin, riboflavin, tiamin, zat besi, karoten, fosfor, mineral, kalsium, serat, energi, lemak dan protein (Sunarjono, 2006 dalam Bethany, Julianti, & Nurminah, 2016). Kandungan fitokimia pada buah markisa antara lain *passiflorine*, *harmin*, *harman*, *harmol*, *harmalin*, *carotenoid*, *vitexin*, *isovitexin*, dan *chrysin*. Adapun kandungan karotenoid sebesar 0,058%, flavonoid sebesar 1,000%, dan alkaloid sebesar 0,700% (Karsinah, *et al.*, 2010). Asam sitrat yang terkandung dalam markisa kuning (*Passiflora edulis* Sims. f. *flavicarpa* Deg.) ditemukan sebesar 409,856 g/L (Sathyan, *et al.*, 2019). Pada buah markisa kuning terdapat asam organik yang dominan yaitu asam sitrat sebesar 55 mg/100g dan dalam 100 gram sari buah markisa mengandung \pm 10-20 mg vitamin C (Hardiansyah, 2004 dalam Kamila, Rachmawan, & Sutardjo, 2015). Rumus kimia asam sitrat yaitu $C_6H_8O_7$ (Ovelando, Nabilla, & Surest, 2013). Struktur asam ini tercermin pada nama IUPAC-nya asam 2 hidroksi-1,2,3-propanatrikarboksilat (Febrianty, *et al.*, 2007 dalam Ovelando, *et al.*, 2013).

Asam sitrat dapat mengikat logam sehingga digunakan untuk memulihkan bahan penukar ion yang digunakan pada alat penghilang kesadahan dengan menghilangkan ion-ion logam yang terakumulasi pada bahan penukar ion tersebut sebagai kompleks sitrat (Ovelando, *et al.*, 2013).

Tabel 2.1 Sifat-sifat umum asam sitrat

Rumus Bangun	
Rumus Kimia	$C_6H_8O_7$, atau $CH_2(COOH) \cdot COH(COOH) \cdot CH_2(COOH)$
Berat Molekul	192,13
Nama Lain	asam 2-hidroksi-1,2,3-propanatrikarboksilat

Sumber : www.wikipedia.com

2.1.4 Habitat dan Persebaran Buah Markisa Kuning

Tahun 1930-1950 markisa ungu dan markisa kuning telah menyebar ke berbagai negara di daratan Amerika, Eropa, Afrika, maupun Asia. Negara penghasil markisa yaitu Brazil, Australia, Selandia Baru, Afrika Selatan, dan Amerika Serikat (Karsinah, *et al.*, 2010). Kultivar-kultivar markisa kuning yang umum dibudidayakan di sebagian besar negara (Limbongan & Nappu, 2015).

Tanaman markisa kuning (*Passiflora flavicarva*) adalah jenis markisa yang tumbuh subur di daratan rendah (0-800 m dpl) (Iptek, 2003 dalam (Suswati, *et al.*, 2018). Markisa kuning dapat dibudidayakan di daerah dataran rendah hingga pada ketinggian 600 m dpl dengan curah hujan antara

2.000-3.000 mm/tahun dan suhu 22-32°C. Tanah yang sesuai untuk pertumbuhan markisa adalah tanah yang subur, gembur, banyak mengandung bahan organik, mempunyai pH 5,5 hingga 7,5, mempunyai solum cukup dalam serta memiliki aerasi dan drainase yang baik. (Karsinah, *et al.*, 2010).

Markisa kuning pada umumnya ditanam sebagai tanaman pekarangan dan dapat dijumpai di daerah dataran rendah Indonesia seperti daerah Pelabuhan Ratu, Sukabumi, Bogor, Simalungun, Langkat, Medan, serta beberapa daerah lainnya (Karsinah, *et al.*, 2010).

2.1.5 Kegunaan Buah Markisa Kuning Sebagai Bahan Obat

Di Madeira, jus markisa digunakan sebagai stimulant pencernaan dan pengobatan untuk kanker lambung. Ekstrak yang dikonsumsi dapat mengurangi gejala asma dan meningkatkan daya tahan tubuh. Peneliti di *University of Florida* menemukan bahwa ekstrak markisa kuning dapat membunuh sel kanker secara *in vitro* dengan fitokimia yang berperan sebagai anti-kanker yaitu karotenoid dan polifenol. Sedangkan biji markisa asam menghasilkan minyak sebesar 23%. Minyak tersebut mengandung asam lemak jenuh 8,90% (palmitat, stearate, arachidat, oleat, linoleat, dan linolenat) dan asam lemak tidak jenuh 84,09% (Karsinah, *et al.*, 2010). Markisa digunakan sebagai pereda nyeri, anti kejang, colitis, penenang, anti-radang, gangguan menyerupai sembelit, insomnia, merilekskan saraf saat sakit kepala, meredakan diare (Winkanda, 2013). Markisa termasuk buah berserat tinggi dan dapat dimanfaatkan untuk menjaga kesehatan

pencernaan, termasuk bijinya dapat dikonsumsi karena mengandung serat (Susilo, 2015).

2.2 Tinjauan Tentang Logam Berat Merkuri (Hg)

Raksa / merkuri berasal dari bahasa latin “*hydrargyrum*” yang diberi simbol kimia Hg dan berarti cairan perak (Hadi, 2013). Dibandingkan logam berat lainnya, yang menduduki urutan pertama dalam sifat racun yaitu merkuri (Hg), kemudian diikuti oleh Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn, dan Zn (Sudarmadji, *et al.*, 2006 dalam Marsyalita, *et al.*, 2012).

Merkuri merupakan satu-satunya unsur logam yang berbentuk cair pada suhu kamar (25 °C) dan sangat mudah menguap. Merkuri dapat membeku pada suhu -39°C , memiliki sifat mudah bercampur dengan logam lain menjadi amalgam, dan dapat berfungsi sebagai konduktor yang baik untuk mengalirkan arus listrik (Hadi, 2013). Merkuri (Hg) memiliki nomor atom 80 dengan bobot atom 200,59; bobot jenis $13,55\text{ g/cm}^3$; titik leleh $-38,9^{\circ}\text{C}$; titik didih $357,3^{\circ}\text{C}$; tekanan uap $163 \times 10^{-3}\text{ Pa}$; kelarutan dalam air pada 20°C sebesar $60\text{ }\mu\text{g/l}$ pada 50°C sebesar $250\text{ }\mu\text{g/l}$. merkuri berupa logam cair berwarna putih keperakan, mengkilat, dan tidak berbau (Badan Standardisasi Indonesia 7387, 2009).

Merkuri (Hg) banyak terdapat di udara dari deposit mineral dan area sekitar industri dimana logam Hg terdapat di air dan tanah terutama yang berasal dari deposit alam, buangan limbah, dan aktivitas vulkanik (Agustina, 2014). Dengan adanya perkembangan industri, merkuri (Hg) telah digunakan secara luas dalam pembuatan fungisida, pestisida, komponen elektronik, industri kertas, baterai, dan lain-lain. Merkuri juga digunakan pada

proses Penambangan Emas Tanpa Izin (PETI) untuk membentuk amalgam yang membantu proses pemisahan emas dari material yang tidak diinginkan (Shi, *et al.*, 2007 dalam Purbonegoro, 2014).

2.2.1 Pengaruh Logam Berat Merkuri (Hg) terhadap Kehidupan Biota Air

Kontaminasi merkuri dapat disebabkan karena pembuangan limbah industri yang mengandung merkuri dan mencemari biota air yang hidup di air laut (Agustina, 2014). Terdapat siklus biogeokimia merkuri yang berawal dari merkuri di lingkungan perairan yang terdiri dari tiga bentuk kimia yaitu merkuri elemental atau Hg(0) mudah menguap, merkuri anorganik atau Hg(II), dan merkuri organik atau metil merkuri (Preston & Chester, 2001 dalam Purbonegoro, 2014).

Berbagai sumber merkuri baik itu dalam bentuk alami maupun antropogenik menghasilkan merkuri dalam bentuk Hg(0) yang menguap ke atmosfer dan akan mengalami oksidasi di udara menjadi Hg (II), kemudian berpindah menuju darat dan perairan melalui proses deposisi basah (turun bersama hujan) dan deposisi kering (berikatan dengan partikulat) (Selin, 2009 dalam Purbonegoro, 2014). Selanjutnya melalui proses metilasi oleh beberapa jenis bakteri pereduksi sulfat dan besi akan mengubah Hg (II) menjadi metil merkuri. Sedangkan demetilasi atau degradasi metil merkuri dapat terjadi melalui proses biotik oleh mikroba maupun abiotik melalui proses degradasi oleh keberadaan CO₂ dan cahaya yang mengoksidasi metil merkuri menjadi Hg (II) yang mengalami biomagnifikasi dan bioakumulasi dalam rantai makanan (Selin, 2009 dalam Purbonegoro, 2014).

Logam berat merkuri kebanyakan berbentuk ion dalam air dan logam tersebut kemudian diserap oleh kerang secara langsung melewati membran insang atau melalui makanan maupun melalui kulit dan lapisan mukosa yang diangkut oleh darah, sehingga tertimbun dalam jantung dan ginjal kerang. Toksisitas merkuri yang terakumulasi dalam jaringan tubuh dipengaruhi oleh jenis logam berat, jenis biota air, lama pemaparan, serta kondisi lingkungan seperti pH, suhu, dan salinitas (Ibnu, 2005 dalam Kristianingrum, 2009).

2.2.2 Pengaruh Logam Berat Merkuri terhadap Kesehatan Manusia

Manusia menjadi puncak dari rantai makanan yang akan mengkonsumsi metil merkuri dalam jumlah yang cukup besar akibat dari akumulasi dan kontaminasi senyawa merkuri pada organisme yang dimakannya (Taftazani, 2007). Ion merkuri menyebabkan efek toksik karena proses presipitasi protein dan menghambat aktivitas enzim, serta bertindak sebagai bahan yang korosif. Dalam ikatan dengan gugus sulfhidril, fosforil, karboksil, amida, dan amina dapat menyebabkan fungsi enzim terhambat.

Pada tubuh manusia, merkuri memiliki waktu paruh sekitar 70 hingga 90 hari, namun eliminasi jaringan sangat lambat dan tidak teratur, sedangkan akumulasinya sangat mudah menimbulkan gejala toksisitas (Zul, 2006 dalam Hadi, 2013). Absorpsi oleh dinding usus dalam bentuk merkuri organik seperti metil-merkuri sekitar 90% dan dapat menembus *barrier* darah dan plasenta sehingga dapat menimbulkan pengaruh teratogenik dan gangguan saraf. Absorpsi tersebut jauh lebih besar daripada dalam bentuk anorganiknya sekitar 10% (Darmono, 2001 dalam Hadi, 2013).

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 7387:2009, Merkuri (Hg) dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui penyerapan udara yang mengandung bau/uap metalik merkuri, atau saat pangan yang mengandung merkuri tersebut dikonsumsi. Sebagian besar dalam bentuk metil merkuri akan terakumulasi di otak dan dalam waktu singkat dapat menyebabkan berbagai gangguan seperti gangguan keseimbangan tubuh, kurang konsentrasi, tuli, dan berbagai gangguan lain. Merkuri berdampak akut melalui proses penghisapan dari udara atau terakumulasi dan terbawa ke organ tubuh lainnya menyebabkan bronkitis hingga kerusakan paru-paru. Pada tingkat awal keracunan merkuri, pasien merasakan kebal pada mulut sehingga tidak peka terhadap rasa dan suhu, hidung menjadi tidak peka terhadap bau, mudah lelah, dan sering sakit kepala.

Merkuri mempunyai dua sifat toksisitas yang sangat berbahaya bagi manusia, yaitu elemen merkuri dapat menembus membran sel karena sifatnya yang mudah larut dalam lipida sehingga mudah untuk menembus *barrier* darah otak, kemudian elemen merkuri juga sangat mudah teroksidasi membentuk merkuri oksida (HgO) atau ion merkuri (Hg²⁺) yang dapat memberi efek toksisitas kronik dan akan mempengaruhi saraf, otak, dan ginjal (Hadi, 2013).

Merkuri bersifat sangat toksik meskipun dalam jumlah yang cukup kecil karena bersifat kumulatif (dalam jangka waktu yang lama menimbulkan bahaya) karena dapat bercampur dengan enzim di dalam tubuh manusia sehingga enzim kehilangan kemampuan untuk bertindak sebagai katalisator (Kurniawan, 2015).

Bahaya penyakit yang ditimbulkan yaitu kerusakan rambut dan gigi, kehilangan daya ingat, dan gangguan sistem syaraf (Tjahono, 2005 dalam Kurniawan, 2015). Apabila akumulasi terjadi secara berlebihan dapat berakibat pada degenerasi sel-sel saraf di otak kecil yang menguasai koordinasi saraf, gangguan penglihatan, degenerasi pada sarung selaput saraf dan bagian otak kecil (Edward, 2008 dalam Kristianingrum, 2009).

Tanda-tanda toksisitas kronik karena merkuri (Hg) meliputi hilangnya nafsu makan, respon yang berkurang pada intensitas cahaya yang berubah, timbulnya katarak, koordinasi motorik abnormal, dan perilaku menjadi tidak menentu (Eisler, 2006 dalam Purbonegoro, 2014). Persenyawaan HgCl_2 yang termakan dan menimbulkan keracunan dapat merusak sel jaringan hepar, ginjal, saluran pencernaan atau gangguan metabolisme dari jaringan tubuh sehingga tidak dapat bekerja semestinya dan akan menyebabkan kematian (Budiono, 2002 dalam Sutomo & Suwarni, 2004).

Pada tubuh manusia, akumulasi merkuri (Hg) terjadi hampir pada semua bagian tubuh terutama hati, ginjal, darah, dan sistem hormonal sehingga untuk memberi batas aman, *Food and Drug Administration* memberi batas konsumsi merkuri (Hg) maksimal 30 μg / orang/ hari, sedangkan WHO memberi standar 0,3 mg Hg/ orang/ minggu atau 0,2 mg CH_3Hg^+ / orang/ minggu (Soeprijanto dan Hartati, 2003). Adapun tingkat toksisitas merkuri (Hg) sesuai PTWI (*Privisional Tolerable Weekly Intake*) sebesar 0,005 mg/kg BB sebagai merkuri total dan 0,0016 g/kg BB sebagai metil merkuri dan batas maksimum cemaran logam berat merkuri

(Hg) pada produk perikanan bivalvia yaitu 1,0 mg/Kg (Badan Standardisasi Indonesia 7387:2009).

2.3 Tinjauan Tentang Kerang Darah

Kerang Darah (*Anadara granosa*) memiliki kemampuan dalam mengakumulasi logam berat tertentu, salah satunya adalah logam berat merkuri (Hg) dalam skala yang lebih besar jika dibandingkan hewan laut lainnya (Muhajir, 2009 dalam Saleh, *et al.*, 2014). Tingginya akumulasi ini berhubungan erat dengan sifat hidupnya sebagai *filter feeder* yang mampu mengakumulasi logam berat tertentu dengan cara menyaring makanan yang tersuspensi di air, selain itu juga habitat yang menetap, serta lambat dalam pergerakan. Kerang dapat mengakumulasi bahan cemaran tanpa harus mengalami kematian sehingga untuk memonitoring suatu pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh logam berat tertentu, jenis kerang sangat baik dijadikan sebagai indikator (Darmono, 2001 dalam Saleh, *et al.*, 2014).

Bakteri anaerob akan mengubah logam merkuri dalam garam menjadi metil merkuri ($\text{CH}_3\text{-Hg}$) yang cenderung terakumulasi dalam tubuh organisme kecil seperti fitoplankton dan zooplankton, kemudian akan sampai pada kerang melalui rantai makanan. Distribusi pencemaran merkuri (Hg) dalam air laut dapat dipengaruhi oleh jarak antara sumber pencemar. Isi dari penelitian Filipus, *et al.*, 2018) menyatakan bahwa jenis kerang (bivalvia) dan makro algae termasuk juga kerang darah merupakan bioindikator yang paling tepat dan efisien.

Organisme/hewan kecil yang dimakan oleh kerang darah seperti protozoa, larva, telur dan detritus dari substrat sekitarnya. Makanan tersebut dikumpulkan oleh tentakel, kemudian diangkut ke mulut, sehingga Cilia

yang terdapat di rongga mantel akan menghasilkan arus air yang menyedot ke dalam rongga mantel dan keluar melalui sifon pencernaan kemudian dikumpulkan dan diangkut ke pembukaan mulut. Kerang rentan terhadap partikel atau zat-zat berbahaya dalam air yang tercemar oleh limbah industri dan pupuk pertanian, sehingga dalam tubuh kerang akan terjadi penumpukan zat-zat berbahaya yang menjadikan racun masuk ke dalam tubuh kerang (Nordsieck, 2016 dalam Filipus, *et al.*, 2018).

Menurut Mirsadeghi, *et al.*, 2013 dalam Filipus, *et al.*, 2018, proses akumulasi bahan pencemar atau logam berat dari air ke dalam tubuh kerang melalui beberapa cara yaitu melalui saluran pernapasan (insang), saluran pencernaan dan difusi permukaan kulit. Suhu optimal yang dapat ditoleransi oleh kerang darah (*Anadara granosa*) berkisar antara 25-32°C. Apabila suhu tidak sesuai dengan suhu optimum lingkungan kerang darah (*Anadara granosa*), maka dapat terjadi kematian pada kerang tersebut karena suhu dapat mempengaruhi aktivitas metabolisme sehingga dapat mempengaruhi kelangsungan hidupnya (Nasution, 2005 dalam Fathur, *et al.*, 2015).

Tabel 2.2 Hasil pengukuran kualitas air dan kisaran nilai optimum kerang darah

No	Parameter	Nilai	Nilai Optimal	Referensi
1	Suhu	29,5 - 30 °C	25 - 32 °C	(Kusumawati, <i>et al.</i> , 2015)
2	DO	4,7 - 5,3 mg/l	4,6 - 5,3 mg/l	(Suryono, 2015)
3	Salinitas	25 - 27 ppt	15 - 34 ppt	(Atmaja, <i>et al.</i> , 2014)
4	pH	8,3 - 9	7 - 9	(Sari, 2015)

Sumber : (Ilhamudin, *et al.*, 2019)

Menurut Ilhamudin, *et al* (2019) menyatakan bahwa kerang darah (*Anadara granosa*) termasuk organisme yang toleran terhadap salinitas yang

tinggi dan rendah sehingga mampu hidup di daerah dengan salinitas lebih dari 23 ppt, namun pada salinitas yang sangat rendah yaitu 9,4 ppt, kerang darah (*Anadara granosa*) tidak akan tumbuh bahkan akan mengalami kematian. Hal ini dikarenakan salinitas mempengaruhi tekanan osmotik air, sehingga semakin tinggi sehingga biota yang hidup dalam keadaan tersebut harus mampu menyesuaikan diri dengan lingkungan.

2.3.1 Klasifikasi Kerang Darah

Klasifikasi kerang darah (*Anadara granosa*) oleh Linnaeus tahun 1758:

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Moluska
Kelas	: Bivalvia
Ordo	: Arcoida
Famili	: Arcidae
Genus	: <i>Anadara</i>
Spesies	: <i>Anadara granosa</i>

2.3.2 Morfologi Kerang Darah



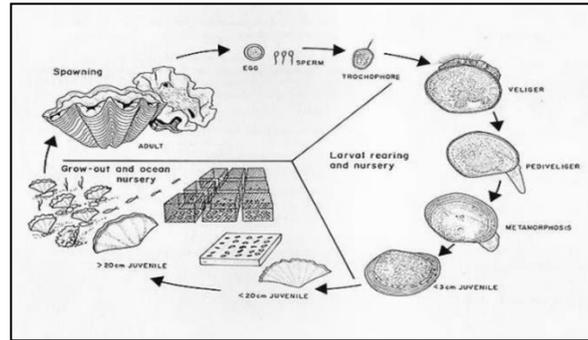
Gambar 2.2 Kerang Darah (Krister, 2019)

Kerang darah (*Anadara granosa*) memiliki pigmen merah hemoglobin dan hemosianin darah yang terkumpul pada tubuhnya. Pigmen tersebut memberi warna darah merah gelap atau ungu pada kerang (Ruppert dan Barnes, 1994 dalam Ali & Rina, 2010). Selain itu, kerang darah (*Anadara granosa*) dapat hidup pada habitat tertentu dengan jenis daerah berlumpur karena mampu membawa oksigen pada jaringan secara efektif daripada spesies bivalvia yang lain (Ali & Rina, 2010).

Kerang darah (*Anadara granosa*) memiliki ciri-ciri yaitu mempunyai 2 keping cangkang yang tebal, ellips dan kedua sisi sama, kurang lebih 20 rib, cangkang berwarna putih ditutupi periostrakum yang berwarna kuning kecoklatan sampai coklat kehitaman, dengan ukuran kerang dewasa 6-9 cm (Nurjanah, Zulhamsyah, & Kustiyariyah, 2005).

Cangkang berukuran sedang hingga besar dan umbo; cangkangnya tebal dan berat dengan bagian yang lebih menebal yaitu di bagian ventral; memiliki cangkang luar berwarna putih dengan bagian dalam putih atau krim muda; cangkang tidak berbulu, bentuknya oval menggebu dan tidak seimbang; memiliki rib (sekitar 18) dan lebar antara rib lebih sempit daripada ukuran rib, ditutupi periostrakum berwarna coklat kekuningan sampai coklat kehitaman, sendi tegak lurus, ukuran yang didapatkan 1,7 - 4,3 cm, dan hidup membenamkan diri di dalam lumpur atau lumpur berpasir di daerah litoral (Sari, Hatta, & Permana, 2014).

2.3.3 Siklus Hidup dan Habitat Kerang Darah



Gambar 2.3 Siklus Hidup Kerang

Sumber : www.mrcmekong.org

Kerang darah (*Anadara granosa*) termasuk dalam bivalvia yang memiliki siklus hidup yang diawali dengan fertilisasi. Pada tahap fertilisasi ini terjadi tahap *straight-hinge*, yaitu menetasnya telur menjadi larva *trochophore* yang mengalami perubahan secara bertahap menjadi larva *veliger*. Kemudian setelah beberapa minggu pada saat menetap dan berubah bentuk menyerupai individu dewasa, larva bersifat planktonik dan sangat rentan terhadap predator. Sebagian kecil dari jumlah telur dapat terfertilisasi dan berkembang menjadi larva karena proses pemijahan. Larva memerlukan substrat pada saat larva memasuki tahap akhir (*post larva*) untuk menunjang proses penempelan (*settlement*) (Amalia, 2010).

Kerang darah (*Anadara granosa*) memenuhi kebutuhan nutrisinya dengan cara menyaring air pada media hidupnya atau sering disebut *filter feeder*. Kerang darah (*Anadara granosa*) membenamkan diri dalam sedimen dan menyaring air media disekitarnya dengan menggunakan sifon. Mutu sedimen yang berkurang oleh karena polusi atau kontaminasi bahan-bahan beracun dapat menurunkan preferensi biota bentos seperti

kerang darah untuk membenamkan diri dalam sedimen (Haeruddin, Suprpto, & Rudiyantri, 2017).

Sedimen sebagai adsorben alami mampu mengikat senyawa-senyawa organik dan anorganik dalam konsentrasi tinggi. Namun pada kebanyakan ekosistem perairan, berbagai kontaminan banyak terdapat pada sedimen dengan konsentrasi tinggi yang tergantung pada sifat-sifat adsorpsi dan desorpsi sedimen (US-EPA, 2004 dalam Haeruddin, *et al.*, 2017). Lokasi yang berdekatan dengan sumber pencemar biasanya menghasilkan logam berkonsentrasi tinggi pada permukaan sedimen, dengan laju akumulasi sedimen yang tinggi (Brink, *et al.*, 1997 dalam Haeruddin, *et al.*, 2017). Akumulasi polutan dalam sedimen dapat mengancam kelestarian berbagai jenis biota laut, kesehatan serta keselamatan jiwa manusia yang mengkonsumsi biota laut.

Isi dalam penelitian Intan, *et al.*, 2012 dalam Sari, *et al.*, 2014 menyatakan bahwa kerang darah (*Anadara granosa*) termasuk hewan bentos yang mendiami wilayah pasang surut (zona intertidal) dan biasanya tinggal pada zona bagian *upper* yang merupakan daerah rata-rata pasang tinggi (zona A) dan *middle* yang merupakan daerah pertengahan antara pasang tinggi dan surut (zona B). Kerang darah (*Anaadara granosa*) umumnya hidup berkelompok dan banyak ditemukan pada substrat dengan nutrisi tinggi dan sumber makanan seperti fitoplankton dan algae (Ali & Rina, 2010).

2.3.4 Kandungan Kerang Darah

Dalam penelitian Nurjanah, Zulhamsyah, & Kustiariyah (2005), komposisi kimia kerang darah (*Anadara granosa*) yang dilaporkan yaitu protein 9-13 %, lemak 0-2 %, glikogen 1-7 %, dan 80 kalori dalam 100 gram daging segar. Kerang memiliki kandungan gizi tinggi yaitu Zinc sebesar 75 mg/100 gram yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan kandungan zinc putih telur dan daging ayam yang masing-masing memiliki kandungan zinc 0,02 mg/100 gram dan 1 mg/100 gram (Widowati, 2008 dalam Solang, *et al.*, 2015). Kerang darah merupakan sumber mineral yang berfungsi sebagai antioksidan diantaranya adalah Zn, Fe dan Cu. Selain itu juga merupakan sumber Ca. Dibawah ini disajikan kandungan mineral proksimat dalam kerang darah mentah dan rebus (Nurjanah, 2005).

Tabel 2.3 Kandungan mineral proksimat dalam kerang darah mentah dan rebus

Komponen	Satuan	Nilai			
		Segar		Rebus	
		Basah	Kering	Basah	Kering
Air	%	74,37		65,69	
Abu	%	2,24	8,74	2,57	7,49
Protein	%	19,48	76,00	23,23	67,70
Lemak	%	2,50	9,75	7,01	20,43
Cu	ppm	3,17	12,37	3,51	10,23
Ca	ppm	698,49	2725	1320,76	3849
Fe	ppm	93,63	365,3	52,38	152,7
Zn	ppm	13,91	54,27	12,99	37,86
Se	ppm	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi	Tidak terdeteksi

Sumber : (Nurjanah, *et al.*, 2005)

2.3.5 Merkuri pada Kerang Darah

Merkuri dalam perairan dapat masuk dan terakumulasi pada ikan-ikan dan biota air lainnya, termasuk kerang darah (*Anadara granosa*). Masuknya merkuri ke dalam tubuh kerang melalui mekanisme penyerapan pada permukaan kulit, melalui insang dan rantai makanan. Merkuri juga dapat terkonsentrasi di dalam hati dan ginjal karena di dalam organ tersebut terdapat protein yang terdiri dari asam amino sistein (Ferdiaz, 1992 dalam Saleh, *et al.*, 2014). Penyebaran merkuri di dalam air dapat terjadi di permukaan pada kedalaman tertentu, maupun mengendap pada sedimen. Jarak antara sumber pencemar dapat mempengaruhi distribusi pencemaran merkuri (Hg) dalam air laut (Saleh, *et al.*, 2014).

Setelah merkuri (Hg) diabsorpsi di saluran pencernaan, selanjutnya merkuri akan ditransportasikan ke eritrosit dan protein plasma dan mengalami metabolisme menjadi merkuri anorganik di hati dan ginjal, kemudian melalui proses biotransformasi terjadi akumulasi dan deposit merkuri (Hg) ke organ cangkang dalam waktu paruh biologis sekitar 70 hari dan yang diekskresikan dari tubuh sangat sedikit jumlahnya (kurang dari 1%) (Chamid, *et al.*, 2008 dalam Saleh, *et al.*, 2014).

Pada sedimen laut, merkuri (Hg) akan mengendap, dan dalam kondisi aerobik akan bereaksi dengan sulfid membentuk senyawa kompleks yang tidak terlarut dalam air. Apabila dasar laut dan sedimen teraduk, senyawa merkuri (Hg) akan terlarut (Mukhtasor, 2007 dalam Saleh, *et al.*, 2014). Teraduknya sedimen di dasar perairan memungkinkan perbedaan

kandungan merkuri (Hg) pada masing-masing sampel sedimen maupun air pada tiap titik pengambilan sampel.

Yang merupakan faktor penting dalam kehidupan biota air yaitu kualitas air. Kualitas air dapat dilihat dengan mengukur suhu, pH, salinitas, dan DO. Jika terjadi peningkatan pada suhu perairan yang melebihi nilai akan mengakibatkan konsumsi oksigen pada organisme akuatik meningkat sekitar 2-3 kali lebih tinggi, sedangkan semakin rendah suhu air maka daya toksisitas logam menurun namun semakin tinggi suhu air maka semakin meningkat pula daya toksisitas logamnya karena meningkatkan proses pengendapan yang berakibat pada penyerapan logam berat pada sedimen (Darmono, 2001 dalam Saleh, *et al.*, 2014).

Apabila salinitas naik, maka kelarutan oksigen akan menurun (Mukhtasor, 2007 dalam Saleh, *et al.*, 2014). Sedangkan, salinitas yang rendah mendukung aktivitas sulfat mereduksi bakteri dalam perairan dan oksigen dapat merubah merkuri (Hg) menjadi metil merkuri ($\text{CH}_3\text{-Hg}$) (Chamid, *et al.*, 2008 dalam Saleh, *et al.*, 2014). Hal tersebut menyebabkan akumulasi logam berat akan meningkat pada salinitas yang rendah (Suryono, 2006 dalam Wulandari, *et al.*, 2012).

Berdasarkan penelitian Fauziah, *et al.*, (2012), mengatakan bahwa terdapat korelasi ukuran kerang darah (*Anadara granosa*) dengan konsentrasi logam berat merkuri (Hg). Nilai konsentrasi merkuri lebih sedikit terdapat pada kerang berukuran kecil (<2,5 cm), sedangkan pada ukuran kerang sedang (2,3 cm-3 cm) memiliki nilai konsentrasi merkuri yang lebih sedikit daripada ukuran kerang besar (>3 cm). Hal tersebut

menunjukkan bahwa semakin besar ukuran kerang, maka konsentrasi merkuri (Hg) juga semakin tinggi. Korelasi antara ukuran kerang darah dengan konsentrasi merkuri (Hg) terjadi karena merkuri (Hg) pada sedimen cenderung lebih mudah masuk ke dalam tubuh kerang.

2.3.6 Pengendalian Merkuri (Hg) pada Kerang Darah

Terdapat beberapa upaya yang dilakukan untuk mengurangi konsentrasi merkuri pada kerang, yaitu dengan menggunakan jeruk nipis dan nanas yang dibuat larutan maupun perasan. Hal tersebut dikarenakan terdapat asam sitrat sebagai zat pengikat logam sehingga menyebabkan logam kehilangan sifat ionnya dan mengurangi daya toksisitas logam tersebut (Suwignyo, 2005 dalam Herawati & Soedaryo, 2017).

Pada asam sitrat terdapat gugus fungsional $-OH$ dan $COOH$, sehingga ion sitrat dapat bereaksi dengan ion logam membentuk garam sitrat. Ion logam yang terakumulasi pada kerang akan diikat oleh ion sitrat sehingga ion logam pada kerang terikat sebagai kompleks sitrat. Konsentrasi larutan dan lama perendaman ikut berperan dalam proses reaksi. Semakin tinggi konsentrasi suatu larutan, maka semakin cepat larutan tersebut bereaksi dengan senyawa lain. Dan semakin lama waktu suatu zat berinteraksi dengan senyawa lain, maka semakin cepat reaksi antara asam sitrat dengan logam (Rusli, 2010 dalam Nasution, *et al.*, 2015). Hal ini juga dibahas dalam penelitian Buwono (2005) yang menyatakan bahwa waktu perendaman dengan larutan asam berpengaruh nyata terhadap penurunan logam pada kerang (Sari, *et al.*, 2014).

2.4 Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

2.4.1 Pengertian Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

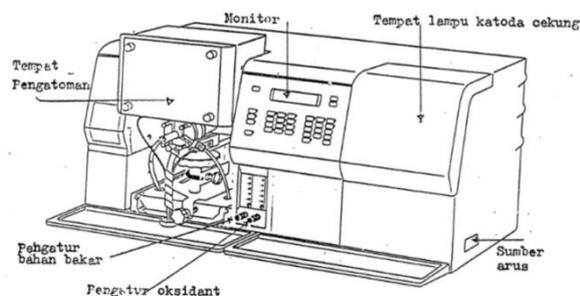
Spektrometri merupakan suatu metode analisis kuantitatif dengan pengukuran berdasarkan banyaknya radiasi yang dihasilkan atau yang diserap oleh spesi atom atau molekul analit. Salah satu bagian dari spektrometri yaitu Spektrometri Serapan Atom (SSA), Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) digunakan untuk analisis kuantitatif unsur-unsur logam dengan jumlah sekelumit (*trace*) dan sangat kelumit (*ultratrace*). Spektrofotometri Serapan Atom didasarkan pada absorpsi energi oleh atom-atom netral dan sinar yang diserap adalah sinar tampak atau ultraviolet. Hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi diturunkan dari Hukum Lambert yang menyatakan apabila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi, selain itu juga diturunkan dari Hukum Beer yang menyatakan bahwa intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut (Anshori, 2005).

2.4.2 Prinsip Kerja Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

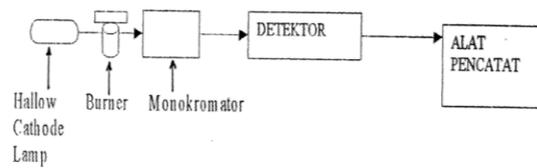
Metode Spektrofotometer Serapan Atom berprinsip pada absorpsi cahaya oleh atom yang menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, tergantung pada sifat unsurnya. Keberhasilan analisis menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom Metode serapan atom hanya tergantung pada proses eksitasi dan cara memperoleh garis resonansi yang cepat.

Dalam metode SSA, sebagaimana dalam metode spektrometri atomik yang lain, sampel harus diubah ke dalam bentuk uap atom (proses atomisasi). Pada proses ini sampel diuapkan dan didekomposisi untuk membentuk atom dalam bentuk uap (sistem pengkabutan), kemudian dimasukkan dalam nyala (sistem pembakaran).

Secara umum pembentukan atom bebas dalam keadaan gas melalui beberapa tahapan yaitu pengisatan pelarut dimana pelarut akan teruapkan dan meninggalkan residu padat, Selanjutnya penguapan zat padat terdisosiasi menjadi atom-atom penyusunnya yang berada dalam keadaan dasar. Beberapa atom akan mengalami eksitasi ke tingkatan energi yang lebih tinggi dan akan mencapai kondisi mampu memancarkan energi (Anshori, *et al.*, 2005). Dalam sistem pengkabut, larutan dihisap melalui kapiler dengan penghisapan pancaran gas bahan bakar dan oksigen kemudian disemprotkan ke dalam ruang pengkabut yang berfungsi mereduksi larutan menjadi titik-titik kabut yang halus, sedangkan titik kabut yang besar dialirkan melalui saluran pembuangan. Didalam nyala api akan terjadi penyerapan pelarut meninggalkan padatan garamnya yang kemudian diubah kedalam bentuk gas yang selanjutnya akan terurai menjadi atom-atomnya (Aziz, Rizky, & Devah, 2015).



Gambar 2.4 Skema alat SSA (Kristianingrum, 2004)



Gambar 2.5 Skema alur kerja SSA (Kristianingrum,2004)

2.4.3 Bagian-bagian Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)



Gambar 2.6 Spektrofotometer Serapan Atom (Krister, 2020)

1. Sumber Sinar

Lampu katoda dipakai sebagai sumber sinar terdiri atas tabung kaca tertutup dan mengandung suatu katoda dan anoda yang diisi dengan gas mulia (neon atau argon). Tegangan tinggi 600 volt menyebabkan terjadinya perpindahan elektron dari katoda dengan kecepatan yang sama (Yulianda, 2010). Sumber cahaya (*hollow cathode lamp*) akan memancarkan radiasi dengan energi yang sesuai dengan energi yang dibutuhkan atom yang dianalisa. Pada nyala tersebut, atom dari zat yang diperiksa akan meresap radiasi sesuai dengan konsentrasi zat.

2. Nebulizer

Nebulizer adalah alat yang digunakan sebagai tempat mencampurkan bahan bakar dan oksigen dengan aerosol tersuspensi sehingga terbentuk campuran yang bersifat heterogen (Ulfa, 2018). Dalam nebulizer ini, sampel dapat diubah menjadi aerosol (butiran seperti kabut dengan ukuran 15-10 μm) yang nantinya aerosol ini yang masuk ke tempat pembakaran nyala (Yatimah, 2015).

3. Sumber Atomisasi

Terdapat dua jenis sumber atomisasi yaitu sistem flame dan tanpa flame. Dengan dua sistem tersebut dapat menentukan kondisi analisis yang sesuai dengan metode emisi, absorbs, maupun fluoresensi. Sistem yang banyak digunakan yaitu sistem flame. Dengan sistem ini, sampel masuk ke dalam flame dalam bentuk aerosol, dengan jenis flame yang sering digunakan untuk pengukuran analitik yaitu flame udara asetilen dan nitrous oksida-asetilen (Ulfa, 2018).

4. Monokromator

Monokromator merupakan suatu alat yang terletak diantara nyala dan detektor pada suatu rangkaian instrumentasi spektrofotometer serapan atom. Monokromator bertujuan untuk memisahkan radiasi yang dihasilkan dari *hollow cathode lamp* sehingga spektrum radiasi lain yang tidak diperlukan tidak akan ikut terbaca oleh detektor (Ulfa, 2018).

5. Detektor

Detektor digunakan untuk mengubah energi cahaya menjadi energi listrik sehingga dapat diketahui isyarat listrik yang berhubungan dengan

penyerapan daya radiasi, sehingga intensitas cahaya yang melalui tempat pengatoman dapat diukur (Ulfa, 2018).

6. Sistem Pembacaan atau *Readout*

Sistem pembacaan atau *readout* merupakan suatu alat petunjuk yang digunakan sebagai pencatat hasil untuk menampilkan data yang dapat dibaca atau dalam bentuk gambar dari sistem pengolah (Ulfa, 2018).

2.4.4 Analisis Kuantitatif Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Untuk melakukan analisis kuantitatif dengan SSA, sampel harus dalam bentuk larutan dengan proses preparasi larutan yang akan dianalisis harus sangat encer, jernih, stabil, dan tidak mengganggu zat-zat yang dianalisis, serta perlakuan sampel yang disesuaikan dari macam dan jenis sampel. Terdapat beberapa cara untuk melarutkan sampel, yaitu: sampel dilarutkan dengan pelarut yang sesuai; sampel dilarutkan dalam suatu asam; sampel dilarutkan dalam suatu basa kemudian hasil leburan tersebut dilarutkan dalam pelarut yang sesuai (Gandjar & Rohman, 2016 dalam Adigunawan, 2019). Terdapat beberapa metode kuantifikasi hasil analisis dengan metode SSA diantaranya dengan menggunakan kurva kalibrasi, perbandingan langsung, menggunakan dua baku, dan menggunakan metode standar adisi (metode penambahan baku). (Gandjar & Rohman, 2012 dalam Adigunawan, 2019).

1. Kuantifikasi dengan kurva baku (kurva kalibrasi)

Spektrofotometri serapan atom merupakan metode analisis yang absolut.

Untuk membuat kurva kalibrasi dalam SSA, maka sejumlah tertentu konsentrasi larutan dimasukkan ke dalam sistem kemudian dilanjutkan

dengan pengukuran. Absorbansi sampel diusahakan tidak melebihi absorbansi baku tertinggi dan tidak kurang dari absorbansi baku terendah, dengan kata lain absorbansi sampel terletak di luar kisaran absorbansi kurva kalibrasi. Oleh sebab itu diperlukan pengenceran atau pemekatan. Ekstrapolasi atau pembacaan absorbansi di luar kisaran absorbansi baku tidak direkomendasikan karena linieritas akan berkurang (Adigunawan, 2019).

2. Kuantifikasi dengan perbandingan langsung

Kuantifikasi dengan perbandingan langsung hanya boleh dilakukan jika telah diketahui bahwa kurva kalibrasi baku yang menyatakan hubungan antara konsentrasi dengan absorbansi linier dan melewati titik nol. Cara kuantifikasi perbandingan langsung dengan mengukur absorbansi larutan baku (A_b) dengan konsentrasi baku tertentu (C_b) pada satu konsentrasi saja yang selanjutnya juga dibaca absorbansi larutan sampel (A_s) sehingga dapat diketahui konsentrasi sampel (C_s) (Adigunawan, 2019).

3. Kuantifikasi dengan cara dua baku

Kuantifikasi dengan cara dua baku merupakan adaptasi dari cara kuantifikasi kurva baku dan perbandingan langsung. Cara ini dilakukan dengan membuat masing-masing 2 buah larutan baku yang konsentrasinya sedikit lebih rendah dan lebih tinggi dari konsentrasi sampel (konsentrasi baku yang dibuat kira-kira konsentrasi sampel -5% dan konsentrasi +5%). Keuntungan kuantifikasi dengan cara dua baku adalah komposisi/ konsentrasi larutan baku mendekati komposisi/

konsentrasi sampel sehingga akan diperoleh presisi dan akurasi yang baik (Adigunawan, 2019).

4. Cara standar adisi (cara penambahan baku)

Cara ini banyak dilakukan pada sampel yang tidak identik dengan standar dalam larutan air karena memerlukan pencampuran matriks dengan matriks standar. Apabila matriks tidak diketahui atau bervariasi dari satu ke yang lain, maka dapat digunakan metode standar adisi (Adigunawan, 2019).

2.4.5 Kelebihan dan Kelemahan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Berbagai teknik analisis yang dapat menjangkau analit dalam jumlah yang relatif kecil antara lain adalah ICP-MS, ICP-AES, GC-AAS, CV-AAS, AFS, dan ASV. Namun biaya analisis untuk instrumen tersebut sangat mahal, cukup rumit prosesnya, dan hanya dimiliki oleh institusi tertentu (Susila, 2009). Spektrofotometer serapan atom memiliki keuntungan antara lain dapat digunakan untuk analisa zat dengan konsentrasi rendah dan logam yang membentuk campuran kompleks, mempunyai sensitifitas tinggi, mudah, murah, sederhana, cepat, dan cuplikan yang dibutuhkan sedikit (Wulandari, *et al.*, 2015). Selain itu spektrofotometer serapan atom ini spesifik, batas deteksi rendah, dari larutan yang sama, dapat mengukur beberapa unsur, output data dapat dibaca secara langsung, cukup ekonomis. Sedangkan kelemahan dari spektrofotometer serapan atom yaitu tidak dapat mendeteksi berbagai jenis merkuri yang ada dalam sampel. Pemilihan pelarut untuk analisis menggunakan spektrofotometer serapan atom ini harus diperhatikan karena akan menentukan keberhasilan dari analisis.

Adapun pelarut yang digunakan biasanya adalah pelarut organik seperti kloroform, karbon tetra klorida, dan n-heksana. Kelemahan lain dari spektrofotometer serapan atom yaitu sampel harus dalam bentuk larutan dan tidak mudah menguap, serta satu lampu katoda hanya digunakan untuk satu unsur saja (Yatimah, 2015).