

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Merkuri

Merkuri (Hg) merupakan logam berat berbentuk cair, berwarna putih perak, serta mudah menguap jika disimpan pada suhu ruangan. Umumnya merkuri akan memadat pada tekanan 7.640 Atm. Merkuri (Hg) memiliki nomor atom 80, berat atom 200,59 g/mol, titik beku -39C, dan titik didih 356,6 C. Merkuri (Hg) menempati urutan ke-67 kelimpahannya di bumi di antara elemen lain pada kerak bumi. Merkuri murni sulit didapatkan dalam bentuk bebas di alam, tetapi berupa bijih *cinnabar* (HgS). Dalam keseharian, pemakaian merkuri telah berkembang. Merkuri digunakan dalam bermacam-macam perindustrian, untuk peralatan elektronik, digunakan di berbagai alat pengukuran, dunia pertanian dan keperluan lainnya. Luasnya pemakaian merkuri, mengakibatkan semakin mudah pula organisme mengalami keracunan merkuri (Palar, 2008). Dikenal 3 bentuk merkuri, yaitu:

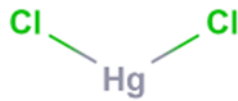
- a) Merkuri elemental : terdapat dalam gelas termometer, tensimeter air raksa, amalgam gigi, alat elektrik, batu batere dan cat. Juga digunakan sebagai katalisator dalam produksi soda kaustik dan desinfektan serta untuk produksi klorin dari sodium klorida.

- b) Merkuri anorganik : dalam bentuk Hg^{++} (*Mercuric*) dan Hg^{+} (*Mercurous*). Senyawa Merkuri Anorganik Logam merkuri termasuk ke dalam kelompok merkuri anorganik. Bentuk logamnya, merkuri berbentuk cair, dan sangat mudah menguap. Uap merkuri dapat menyebabkan efek samping yang sangat merugikan bagi kesehatan. Diantara sesama senyawa merkuri anorganik, uap logam merkuri (Hg) merupakan yang paling berbahaya. Ini disebabkan karena sebagai uap, merkuri tidak terlihat dan

dengan sangat mudah akan terhisap seiring kegiatan pernafasan yang dilakukan. Pada saat terpapar oleh logam merkuri, sekitar 80% dari logam merkuri akan terserap oleh alveoli paru-paru dan jalur-jalur pernafasan untuk kemudian ditransfer ke dalam darah (Palar, 2008).

Toksisitas akut dari merkuri anorganik meliputi gejala muntah, kehilangan kesadaran, sakit abdominal, diare disertai darah dalam feses, albuminuria, anuria, uraemia, ulserasi, dan stomatitis. Sementara toksisitas kronis dari merkuri anorganik meliputi gejala gangguan sistem saraf, antara lain tremor, terasa pahit di mulut, gigi tidak kuat dan rontok, anemia, dan gejala lain berupa kerusakan ginjal, serta kerusakan mukosa usus (Widowati, 2008).

- a. Merkuri klorida (HgCl_2) termasuk bentuk Hg inorganik yang sangat toksik, kaustik dan digunakan sebagai desinfektan
 - b. Mercurous chloride (HgCl) yang digunakan untuk teething powder dan laksansia (calomel)
 - c. Mercurous fulminate yang bersifat mudah terbakar.
- c) Merkuri organik : terdapat dalam beberapa bentuk, antara lain :
- a. Metil merkuri dan etil merkuri yang keduanya termasuk bentuk alkil rantai pendek dijumpai sebagai kontaminan logam di lingkungan. Misalnya terdapat pada ikan yang tercemar zat metil merkuri yang apabila dikonsumsi dapat menyebabkan gangguan neurologis dan kongenital.
 - b. Merkuri dalam bentuk alkil dan aryl rantai panjang dijumpai sebagai antiseptik dan fungisida.



Gambar 2.1 Struktur Merkuri klorida

Senyawa-senyawa merkuri organik telah lama akrab dengan kehidupan manusia. Yang paling terkenal diantaranya adalah senyawa alkil-merkuri. Beberapa senyawa alkil-merkuri yang banyak digunakan, terutama di kawasan negara-negara sedang berkembang adalah metil merkuri klorida (CH_3HgCl) dan etil klorida ($\text{C}_2\text{H}_5\text{HgCl}$). Senyawa-senyawa tersebut digunakan sebagai pestisida dalam bidang pertanian. Sekitar 80% dari peristiwa keracunan merkuri bersumber dari senyawa-senyawa alkil-merkuri.

Keracunan yang bersumber dari senyawa ini adalah melalui pernafasan. Peristiwa keracunan melalui jalur pernafasan tersebut disebabkan karena senyawa-senyawa alkil-merkuri sangat mudah menguap. Uap merkuri yang masuk bersama jalur pernafasan akan mengisi ruang-ruang dari paru-paru dan berikatan dengan darah (Palar, 2008). Waktu paruh dari senyawa alkil-merkuri dalam tubuh adalah 70 hari. Selanjutnya senyawa alkil-merkuri tersebut dikeluarkan dari dalam tubuh sebagai hasil samping metabolisme. Akan tetapi, jumlah yang dikeluarkan sangat kecil jika dibandingkan dengan jumlah uap atau senyawa alkil-merkuri yang masuk ke dalam tubuh. Diperkirakan jumlah alkil-merkuri yang dikeluarkan sebagai hasil samping metabolisme tubuh hanyalah 1%, sedangkan sisanya 99% terakumulasi dalam berbagai organ dalam tubuh (Palar, 2008). Gejala toksisitas merkuri organik meliputi kerusakan sistem saraf pusat berupa anoreksia, ataksia, dismetria, gangguan pandangan mata yang bias mengakibatkan kebutaan, gangguan pendengaran, koma, dan kematian (Widowati, 2008).

2.2 Sifat Sifat logam Merkuri

Sifat-sifat kimia dan fisik merkuri merupakan pertimbangan utama digunakan logam merkuri untuk keperluan kimia dan industri. Merkuri merupakan satu-satunya logam yang berwujud cair pada suhu kamar (25C) ,mempunyai titik beku terendah dibanding logam lain yaitu -39C dan masih berwujud cair pada suhu 396 C . Pada temperatur 396 C ini telah terjadi pemuaiian pada merkuri secara menyeluruh. Merkuri adalah logam yang paling mudah menguap jika dibandingkan dengan logam lain. Merkuri dapat terlarut dalam asam sulfat atau asam nitrit, namun tahan terhadap basa.

Volatilitas merkuri merupakan yang tertinggi dari semua logam yang ada di bumi. Merkuri memiliki ketahanan listrik sangat rendah sehingga merupakan konduktor terbaik dibanding semua logam. Banyak logam yang dapat larut di dalam merkuri membentuk komponen yang disebut dengan amalgam contohnya seperti emas (Au). Namun Merkuri dan komponen-komponennya bersifat racun terhadap semua makhluk hidup (Kristanto, 2002).

Merkuri terdapat di Alam sebagai hasil tambang, merkuri dijumpai dalam bentuk mineral HgS yang disebut sinabar (cinnabar). Terdapat pada batuan dan lapisan batuan yang ada di bumi. Merkuri juga didistribusikan sebagai batuan, abu, dan larutan. Sumber merkuri dari hasil aktifitas manusia antara lain pembuangan tailing pengolahan emas tradisional yang diolah secara amalgamasi, dimana merkuri mengalami perlakuan tertentu berupa putaran, tumbukan, atau gesekan, sehingga sebagian akan membentuk amalgam dengan logam-logam (Au, Ag, Pt) dan sebagian hilang dalam proses (Herman ,2006).

Sumber merkuri juga ditemukan pada tanah akibat dari pembuangan limbah merkuri yang tidak dilakukan penanganan khusus terlebih dahulu. Sehingga merkuri akan tersebar luas pada tanah yang akan mempengaruhi kondisi air tanah dan tumbuh tumbuhan . Pembuangan limbah merkuri ke lingkungan dapat mengindikasikan buruknya pengolahan limbah yang ada pada industri industri yang menggunakan merkuri sebagai salah satu bahan dalam pembuatan

produknya. Selain itu pembuangan limbah merkuri ke lingkungan juga terjadi karena minimnya pengetahuan akan bahaya merkuri bagi lingkungan dan manusia.

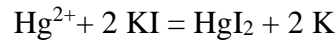
2.3 Analisis merkuri

Logam berat dapat dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif merupakan penelitian yang digunakan untuk menyelidiki, menemukan, menggambarkan, dan menjelaskan kualitas atau keistimewaan dari pengaruh social yang tidak dapat dijelaskan, diukur atau digambarkan (saryono, 2010). Analisis logam berat secara kualitatif dapat dengan langkah melihat perbedaan kelarutan antara kation logam berat dengan kation lain seperti klorida, sulfida dan karbonat (Shevla et al, 1990). Sedangkan analisis logam berat secara kuantitatif dapat menggunakan spektrofotometri serapan atom yaitu dengan melihat serapan yang diberikan oleh sampel selama pegujian dilakukan. Analisis logam juga dapat dilakukan dengan mengukur absorbansi dari logam yang telah dikomplekskan dengan agen pengompleks yang memberikan warna khas dan dapat diukur dengan Spektrofotometri UV-visibel . Selain itu analisis kuantitatif dapat dilakukan dengan menggunakan titrasi kompleks yaitu direaksikan dengan EDTA (Ethilen diamin tetra asetat). Pembentukan senyawa kompleks terjadi disebabkan oleh kemampuan logam berat untuk berikatan dengan ligan. Ligan dapat bertindak sebagai donor elektron sedangkan logam berat bertindak sebagai aseptor elektron sehingga ikatan yang terbentuk dapat berupa ikatan koordinasi (Basset et al, 1994; Oxtoby et al, 2003).

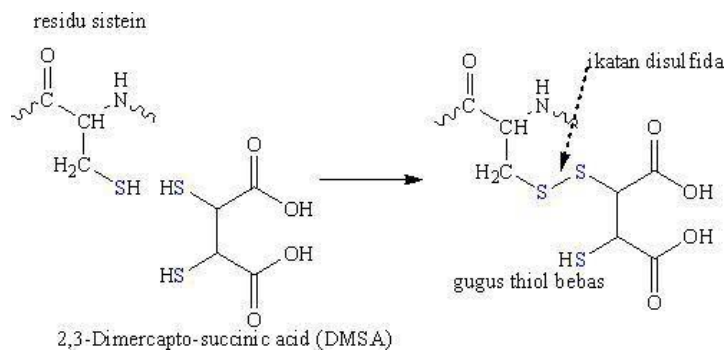
- a) Analisis merkuri secara kualitatif dan kuantitatif dengan reagen pengompleks

Merkuri merupakan logam yang dapat bereaksi membentuk suatu kompleks dengan beberapa agen pengompleks. Kompleks yang dihasilkan dapat berupa larutan tak berwarna maupun larutan yang memiliki warna yang khas pada merkuri. Beberapa agen pengompleks yang dapat membentuk kompleks dengan merkuri diantaranya :

- a. Kompleks merkuri dengan larutan kalium Iodida membentuk endapan jingga.

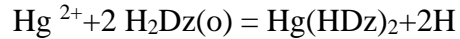


- b. Kompleks merkuri dengan DMSA

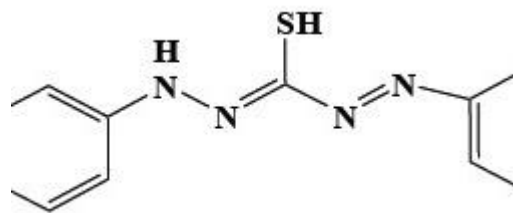


Gambar 2.2 Kompleks merkuri dengan DMSA

- c. Kompleks merkuri Ditizon



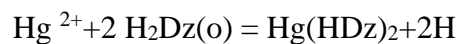
- b) Ditizon



Gambar 2.3 Struktur ditizon

Ditizon merupakan pereaksi kompleks. Memiliki rumus molekul $\text{C}_{13}\text{H}_{12}\text{N}_4\text{S}$, Warna dari pereaksi ini adalah hijau yang dapat dilarutkan di dalam ammonia encer, kloroform dan karbon tetraklorida. Penyimpanan ditizon dapat dengan menggunakan botol *lead-free* yang terpoteksi dari cahaya dan disimpan pada temperatur tidak lebih dari 4°C . Langkah yang dapat diambil untuk mengubah selektifitas ditizon

dapat dengan penambahan zat pengompleks atau dengan penyesuaian pH (Shevla et al, 1990; Basset et al, 1994). Logam yang dapat bereaksi dengan ditizon yaitu Ag, Cu, Au, Zn, Cd, Hg, Tl, Sn, Pb, Bi, Mn, Co, Ni, Pd, dan Pt dan akan memberikan warna yang khas (Ntoi et al., 2017; White, 1936). Ditizon dan merkuri akan bereaksi secara kompleks menghasilkan warna orange hingga jingga. Dengan reaksi berjalan sesuai:



Menurut Danwiyattakul ditizon dengan konsentrasi 0,003% dapat mendeteksi ion merkuri sampai 0,057 ppb. Sehingga dasar inilah yang digunakan untuk pengembangan deteksi merkuri menggunakan ditizon dengan pencitraan digital.

c) Metode Pencitraan digital

Image processing adalah suatu metode yang digunakan untuk memproses atau memanipulasi gambar dalam bentuk 2 dimensi *image processing* dapat juga dikatakan segala operasi untuk memperbaiki, menganalisa, atau mengubah suatu gambar (Gonzalez, 2002). Konsep dasar pemrosesan suatu objek pada gambar menggunakan pengolahan citra diambil dari kemampuan indera penglihatan manusia yang selanjutnya dihubungkan dengan kemampuan otak manusia.

Sejarahnya, pengolahan citra telah diaplikasikan dalam berbagai bentuk, dengan tingkat kesuksesan cukup besar. Seperti berbagai cabang ilmu lainnya, pengolahan citra menyangkut pula berbagai gabungan cabang-cabang ilmu, diantaranya adalah optik, elektronik, matematika, fotografi, dan teknologi komputer (Gonzalez, 2002). Pada umumnya, objektifitas dari pengolahan citra adalah mentransformasi atau menganalisis suatu gambar sehingga informasi baru tentang gambar dibuat lebih jelas. Ada empat klasifikasi dasar dalam pengolahan citra yaitu *point*, *area*, *geometric*, dan *frame* (Gonzalez, 2002).

- a. Point memproses nilai pixel suatu gambar berdasarkan nilai atau posisi dari *pixel* tersebut. Contoh dari proses *point* adalah *adding*, *subtracting*, *contrast stretching* dan lainnya.
- b. Area memproses nilai pixel suatu gambar berdasarkan nilai *pixel* tersebut beserta nilai *pixel* sekelilingnya. Contoh dari proses area adalah *convolution*, dan *blurring*.
- c. *Geometric* digunakan untuk mengubah posisi dari *pixel*. Contoh dari proses *geometric* adalah *scaling*, *rotation*, dan *mirroring*.
- d. Frame memproses nilai pixel suatu gambar berdasarkan operasi dari dua buah gambar atau lebih. Contoh dari proses *frame* adalah *addition*, *subtraction*, dan *and/or*.

Selain itu masih ada 3 tipe pengolahan citra yaitu:

- a. Low-level process: proses-proses yang berhubungan dengan operasi primitif seperti *image pre-processing* untuk mengurangi *noise*, menambah kontras dan menajamkan gambar. Pada *low-level process*, *input* dan *output* - nya berupa gambar.
- b. *Mid-level process* : proses-proses yang berhubungan dengan tugas-tugas seperti segmentasi gambar (membagi gambar menjadi objek-objek), pengenalan (*recognition*) suatu objek individu. Pada *mid-level process*, input pada umumnya berupa gambar tetapi output-nya berupa atribut yang dihasilkan dari proses yang dilakukan gambar tersebut seperti garis, garis *contour*, dan objek- objek individu.
- c. *High-level process*: proses-proses yang berhubungan dengan hasil dari *midlevel process* (Gonzalez, 2002).

Pengolahan Citra Digital Pengolahan citra digital merupakan sebuah teknologi visual yang digunakan untuk mengamati dan menganalisis suatu objek tanpa berhubungan langsung dengan objek yang diamati tersebut. Teknologi ini dapat digunakan untuk mengevaluasi mutu suatu produk tanpa merusak produk itu sendiri atau dikenal dengan istilah Non-Destructive Evaluation (NDE) (Suhandy,

2003). Proses pengolahan citra digital dan analisisnya, banyak menggunakan persepsi visual. Data masukan dan keluaran yang dihasilkan oleh proses ini adalah dalam bentuk citra. Citra yang digunakan adalah citra digital, karena citra jenis ini dapat diproses oleh komputer digital.

Citra digital diperoleh secara otomatis dari sistem penangkapan citra digital dan membentuk suatu matriks yang menyatakan intensitas cahaya pada suatu himpunan diskrit dari suatu titik atau citra masukan diperoleh melalui suatu kamera yang didalamnya terdapat suatu alat digitasi yang mengubah citra masukan berbentuk analog menjadi citra digital (Suhandy, 2003).

Alat digitasi ini dapat berupa penjelajahan silod-state yang menggunakan matriks sel yang sensitif terhadap cahaya yang masuk, dimana citra yang direkam maupun sensor yang digunakan mempunyai kedudukan atau posisi yang tetap . Alat masukan citra yang umum digunakan adalah kamera dimana sensor citra dari alat ini menghasilkan keluaran berupa citra analog sehingga dibutuhkan proses digitasi. Komponen utama dari perangkat keras pengolahan citra secara digital adalah komputer dan alat peraga. Komputer tersebut bisa dari jenis komputer multiguna khusus yang dirancang untuk pengolahan citra digital. Pengolahan citra pada umumnya dilakukan dari pixel yang sifatnya paralel pipe lined (Suhandy, 2003).

Model pengolahan warna telah banyak dikembangkan oleh para ahli, salah satu model yang digunakan RGB. Model warna RGB menggunakan dasar tiga buah warna pokok yaitu *Red* (merah), *Green* (hijau), *Blue* (biru). Suatu citra warna yang disimpan dalam memori 8-bit, setiap pikselnya akan mengandung informasi intensitas tiga buah warna tersebut (R, G, dan B) dengan selang nilai 0-255 (Idhawati, 2007). Dalam model warna RGB, intensitas warna setiap piksel pada suatu citra dapat diubah dalam bentuk indeks warna, yaitu indeks warna merah (r), indeks warna hijau (h) dan indeks warna biru (b). Proses ini

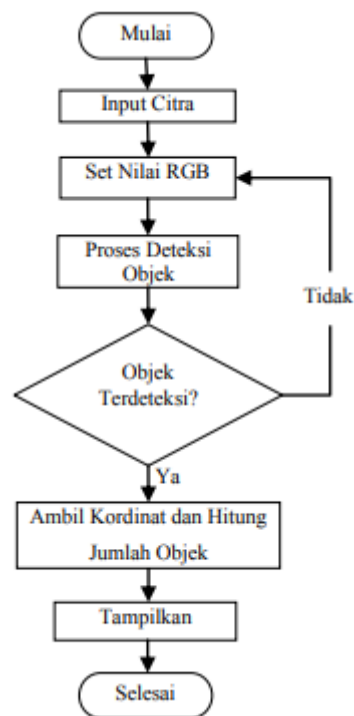
dinamakan normalisasi, dengan cara perhitungan seperti pada rumus dibawah ini:

Dimana:

R, G, B = nilai intensitas warna merah, hijau dan biru.

T, g, b = indeks warna merah, hijau dan biru.

Proses pengolahan citra digital



Gambar 2.4 Proses pengukuran citra

Metode pengolahan citra digital untuk analisis secara kualitatif maupun kuantitatif laboratorium sejatinya memiliki prinsip yang sama dengan spektrofotometri uv-vis, yaitu dengan mengetahui absorbansi dari masing masing citra *Red* (R), *Green* (g), dan *Blue* (b). Citra yang diperoleh dapat dianalisis menggunakan software aplikasi yang dapat mendeteksi serapan dari citra yang dihasilkan. Salah satu aplikasi yang dapat digunakan adalah *Photoshop*. Memiliki kesamaan dengan metode spektrofotometri maka metode pencitraan digital dapat digunakan untuk melakukan analisis logam merkuri secara kuantitatif dengan digunakan

reagen kompleks ditizon yang dapat menghasilkan warna coklat yang dapat diukur serapan *Red* (g), *Green* (g), dan *Blue* (b) untuk diperoleh absorbansi dari larutan yang kemudian dapat dilakukan pengolahan secara matematis untuk menghasilkan data kuantitatif.