BAB II
DASAR TEORI

2.1. Perseroan Terbatas (PT) Genero Pharmaceuticals

PT. Genero Pharmaceutical didirikan pada tahun 2000 sebagai perusahaan manufaktur yang berbasis farmasi dan kosmetik. PT. Genero Pharmaceuticals beroperasi yang beralamat di Jalan Industri Selatan 1B, Blok KK. No 1-2. Kawasan Industri Jababeka Cikarang Bekasi Indonesia yang beroperasi dibawah naungan perusahaan dari Arya Group dengan lebih mengkhususkan diri pada bisnis *Contract Development* dan *Manufacturing* area dikenal dengan CDMO.

PT. Genero Pharmaceuticals berdiri pada tahun 2000 sebagai *pharmacor Lab*, telah berevolusi dari pabrik yang mengkhususkan dalam produk dermatologi untuk kebutuhan Erha Group hingga menjadi sebuah perusahaan yang memproduksi berbagai produk farmasi dan kosmetik. PT. Genero Pharmaceuticals pada tahun 2005 menerima sertifikat *Good Manufacturing Process* (GMP) untuk *plant 1*, dan pada tahun 2007 PT. Genero Pharmaceuticals mengembangkan perusahaan dengan membangun *plant 2* yang juga mendapatkan sertifikat *Good Manufacturing Process* (GMP) pada tahun 2010. PT. Genero Pharmaceuticals memiliki tujuan sebagai perusahaan yang bergerak di bidang farmasi dan kosmetik, yaitu :

1. Memberikan kepuasan dan kepercayaan akan produk pelanggan yang dapat meningkatkan usaha mereka secara signifikan, dan
2. Memberikan kepercayaan dan ketenangan kepada para pelanggan dengan kualitas dan persediaan produk.

PT. Genero Pharmaceuticals adalah sebuah perusahaan yang didukung boleh fasilitas yang modern, para ahli yang berpengalaman, dan *after sales service* yang baik. Integrasi ini membuat PT. Genero Pharmaceuticals hadir sebagai sebuah *Center of Excellence*, karena memiliki semua yang dibutuhkan untuk membeuat produk lebih unggul di pasaran.

PT. Genero Pharmaceuticals memiliki divisi *Research & Development* (R&D) yang terletak di *plant 2*, tujuan *Research and Development* adalah

memberikan solusi riset dan inovasi serta membantu agar perusahaan berkembang dengan menciptakan produk yang unggul dan inovatif. Divisi *Research and Development* PT. Genero Pharmaceuticals menawarkan solusi *contract development* dalam skala yang luas yang menangani hak kekayaan intelektualnya selama bertahun-tahun telah memperdalam keahlian di bidang *dermatology*, *skincare/cosmeceuticals*, dan *nutraceuticals*. Suatu produk dari tahap"*idea generation*" hingga didapatkan konsep yang menjanjikan pertumbuhan. Tahapan teknis dimulai dengan pengembangan formula, bersamaan dengan pengembangan metode analisis serta proses seleksi kemasan.

Fasilitas di PT. Genero Pharmaceuticals dijalankan sesuai dengan standar *Good Manufacturing Process* terkini. Operasi produksi di PT. Genero Pharmaceuticals berfokus pada kepatuhan peraturan, perbaikan terus menerus, dan kesempurnaan proses manufaktur di seluruh organisasi. Sistem manajemen mutu sejalan dengan pedoman Indonesia pada cara pembuatan obat yang baik sesuai standar BPOM.

2.2. Logam Timbal

Timbal atau timah hitam adalah sejenis logam lunak berwarna cokelat dengan nomor atom 82, berat atom 207,19 g/mol, titik leleh 327,5ºC, titik didih 1725ºC dan berat jenis 11,4 g/mL. Logam ini dimurnikan sehingga banyak digunakan oleh manusia pada berbagai kegiatan misalnya pertambangan, industri dan rumah tangga. Logam timbal bersifat toksik pada manusia dan dapat menyebabkan keracunan akut dan kronis. Keracunan akut biasanya ditandai dengan rasa terbakar di mulut adanya rangsangan pada sistem gastrointestinal yang disertai dengan diare (Supriadi, 2016).

Logam timbal mudah larut dalam asam nitrat yang kepekatannya 8 M dan terbentuk juga nitrogen oksida (Vogel, 1990):

$$3Pb_{(s)} + 8HNO_{3(l)} \longrightarrow 3Pb^{2+}_{(s)} + 6\ NO_3^-{}_{(g)} + 4H_2O_{(l)}$$

Adanya tambahan asam lain seperti asam sulfat adalah sebagai katalis untuk mempercepat reaksi terputusnya timbal dari senyawa organik yang ada di dalam

sampel. Adapun reaksi yang terjadi ketika penambahan asam sulfat (Nuraini, 2011) :

$$3Pb_{(s)} + 8HNO_{3(l)} \xrightarrow{H_2SO_4} 3Pb^{2+}{}_{(s)} + 6\ NO_3^-{}_{(g)} + 2NO + 4H_2O_{(l)}$$

Asam nitrat, terbentuk lapisan pelindung timbal nitrat pada permukaan logam yang mencegah pelarutan lebih lanjut. Asam nitrat encer atau asam sulfat encer mempunyai pengaruh yang hanya sedikit, karena terbentuknya timbal klorida atau timbal sulfat yang tak terlarut pada permukaan logam itu. Jika endapan dilarutkan dan dicuci dengan cara dekantasi, dan amoniak encer, maka tidak akan terjadi perubahan yang signifikan (perbedaan dari ion merkuri (II) atau ion perak), biasanya perubahan yang terjadi adalah reaksi pertukaran endapan dan terbetuk timbal hidroksida (Vogel, 1990).

Timbal (Pb) merupakan bahan toksik yang mudah terakumulasi oleh organ manusia dan dapat mengakibatkan gangguan kesehatan berupa anemia, gangguan fungsi ginjal, gangguan sistem syaraf otak dan kulit. Selama dalam darah Pb 90% terikat pada sel darah merah, akibatnya sintesis hemoglobin terhambat, karena dapat menghalangi enzim *aminolaevulinic acid dehydratase* untuk proses sintesa tersebut, dan anemia biasa terjadi dan umur sel darah merah lebih pendek. Terhadap syaraf mengakibatkan menurunya kecepatan konduksi syaraf (Suksmerri, 2018).

2.3. Logam Arsen (As)

Arsen (As) merupakan logam berat yang memiliki nomor atom 33 dan memiliki berat molekul 74,92160 g/mol. Arsenik cepat teroksidasi menjadi oksida arsenik yang berbau seperti bau bawang putih. Arsen dan beberapa senyawa arsenik juga dapat langsung tersublimasi, berubah dari padat menjadi gas tanpa menjadi cairan terlebih dahulu. Zat dasar arsenik ditemukan dalam dua bentuk padat yang berwarna kuning dan metalik, dengan berat jenis 1,97 g/cm3 dan 5,73 g/cm3.

Arsen jarang ditemukan dalam bentuk unsur karena Arsen biasanya ditemukan dalam bentuk senyawa kompleks berupa trivalen (As^{3+}) maupun pentavalen (As^{5+}) yang tersebar luas di alam. Unsur arsen sebenarnya tidak bersifat toksik, toksisitas arsen dipengaruhi oleh bentuk senyawa arsen. Unsur As^{5+} memiliki sifat kurang toksik dibandingkan bentuk arsen lainnya. Unsur As^{5+} mudah berubah bentuk menjadi As^{3+} kemudian menjadi metil arsenik yang bersifat lebih toksik pada

mahluk hidup. Arsen anorganik lebih toksik dibandingkan arsen organik seperti metil-arsenik, dimetil-arsenik, dan trimetil-arsenik (Widowati, 2008).

2.4. Logam Kadmium (Cd)

Kadmium adalah logam berwarna putih perak, lunak, mengkilap, tidak larut dalam basa, mudah bereaksi, serta menghasilkan kadmium oksida bila dipanaskan. Kadmium umumnya terdapat dalam kombinasi dengan klor atau belerang. Kadmium membentuk Cd^{2+} yang bersifat tidak stabil. Kadmium memiliki nomor atom 40, berat atom 112,4, titik leleh 321ºC, titik didih 767ºC dan memiliki masa jenis 8,65 g/cm^3 (Widowati dkk, 2008).

Pada keracunan kronis yang disebabkan oleh kadmium, umumnya berupa kerusakan-kerusakan pada banyak sistem fisiologis tubuh. Sistem-sitem tubuh yang dapat dirusak oleh keracunan kronis logam kadmium ini adalah sistem urinaria (ginjal), sistem respirasi (pernafasan atau paru-paru), sistem sirkulasi (darah) dan jantung. Disamping semua itu, keracunan kronis tersebut juga merusak kelenjar reproduksi, sistem penciuman dan bahkan dapat mengakibatkan kerapuhan pada tulang (Palar 2008).

2.5. Logam Merkuri (Hg)

Merkuri adalah logam berat berbentuk cair, berwarna putih perak, serta mudah menguap pada suhu ruangan. Merkuri akan menjadi padat pada tekanan 7.640 Atm. Merkuri memiliki nomor atom 80, berat atom 200,59 g/mol, titik beku - 39ºC, dan titik didih 356,6ºC. Logam merkuri mempunyai nama kimia hydragyrum yang berarti cair. Merkuri telah dikenal manusia sejak manusia mengenal peradapan. Logam ini dihasilkan dari bijih sinabar (HgS) yang mengandung unsur merkuri antara 0,1% - 4%.

Merkuri atau air raksa muncul di lingkungan secara alamiah dan berada dalam beberapa bentuk yang pada prinsipnya dapat dibagi menjadi 3 bentuk utama yaitu:

1. Merkuri metal (Hg0) merupakan logam berwama putih, berkilau dan pada suhu kamar berada dalam bentuk cairan. Pada suhu kamar akan menguap dan membentuk uap merkuri yang tidak berwama dan tidak berbau. Makin tinggi

suhu, makin banyak yang menguap. Banyak orang yang telah menghirup merkuri mengatakan bahwa terasa logam dimulutnya. Mekuri metal masih digunakan dalam beberapa herbal dan obat tradisional di Amerika Latin dan di Asia, digunakan juga dalam acara ritual seperti Voodoo, Santeria dan Espiritismo suku Caribia di Amerika Latin. Digunakan juga untuk bahan pembuat themometer, barometer. Merkuri metal banyak digunakan untuk produksi gas klhorin dan kaustik soda dan untuk pemurnian emas. Juga digunakan untuk pembuatan baterai, dan saklar listrik. Untuk bahan penambal gigi biasanya mengandung mekuri metal 50%. Estimasi yang dilakukan oleh WHO menyatakan bahwa sekitar 3% dari total konsumsi merkuri digunakan untuk dental amalgam. Dental amalgam ini merupakan campuran dari merkuri yang dicampur dengan perak, dan tin dengan komposisi 45- 50% merkuri, 25-35% perak, 2-30% tembaga dan 15- 30% tin. Estimasi yang dilakukan terhadap dokter gigi di Amerika menyatakan bahwa penggunaan merkuri rata-rata berkisar 0,9 – 1,4 kg amalgam /tahun.

2. Senyawa merkuri anorganik terjadi ketika merkuri dikombinasikan dengan elemen lain seperti klorin, sulfur atau oksigen. Senyawa-senyawa ini umumnya disebut garam-garam merkuri. Senyawa merkuri anorganik berbentuk bubuk putih atau kristal, kecuali merkuri sulfida (HgS) yang biasa disebut Chinabar adalah berwarna merah dan akan menjadi hitam setelah terkena sinar matahari. Senyawa Hg anorganik digunakan sebagai fungisida. Garam-garam merkuri anorganik termasuk amoniak merkurik klorida dan merkuri iodide digunakan untuk cream pemutih kulit. Merkuri klorida ($HgCl_2$) adalah sebagai antiseptik atau disinfektan. Pada waktu lampau, merkurous klorid digunakan dalam dunia kedokteran untuk obat penjahar (urus-urus), obat cacing dan bahan penambal gigi. Senyawa kimia lain yang mengandung merkuri masih digunakan sebagai anti bakteri. Produk ini termasuk mercurochrome (mengandung 2% merkuri sulfida) dan merkuri oksida digunakan untuk zat warna pada cat, sedangkan merkuri sulfida digunakan pula sebagai pewarna merah pada tattoo. Merkuri klorida juga digunakan sebagai katalis, industri baterai kering, dan fungisida dalam pengawetan kayu. Merkuri asetat digunakan untuk sintesa senyawa

organomerkuri, sebagai katalis dalam reaksi-reaksi polimerisasi organik dan sebagai reagen dalam kimia analisa senyawa-senyawanya banyak digunakan sebagai disinfektan, pestisida, bahan cat, antiseptik, baterai kering, photografi, di pabrik kayu dan pabrik tekstil.

3. Senyawa merkuri organik terjadi ketika merkuri bertemu dengan karbon atau organomerkuri. Banyak jenis organomerkuri, tetapi yang paling populer adalah metilmerkuri (dikenal dengan monometilmercuri) CH_3 — Hg — COOH. Pada waktu yang lampau, senyawa organomerkuri yang dikenal adalah fenilmerkuri yang digunakan dalam beberapa produk komersial. Organomerkuri lainnya adalah dimetilmerkuri (CH_3 — Hg — CH_3) yang juga digunakan sebagai standar referensi tes kimia. Di lingkungan ditemukan dalam jumlah kecil namun sangat membahayakan bagi manusia dan hewan. Seperti senyawa merkuri organik, metil merkuri dan fenil merkuri ada dalam bentuk garam-garamnya seperti metal merkuri klorida dan fenil merkuri asetat. Metilmerkuri dihasilkan dari proses mikroorganisme (bakteria dan fungi) di lingkungan. Sampai tahun 1970 an metil merkuri dan etil merkuri digunakan untuk mengawetkan biji-bijian dan infeksi fungi. Ketika diketahui adanya efek negatif terhadap kesehatan dari bahan berbahaya metil merkuri dan etil merkuri, maka penggunaan selanjutnya sebagai fungisida biji-bijian dilarang. Sampai tahun 1991 an penggunaan fenil merkuri sebagai antifungi pada cat dalam maupun cat luar bangunan masih diperbolehkan, tetapi penggunaannya dilarang karena akan terjadi penguapan Hg dari cat-cat tersebut. Sabun dan krem yang mengandung merkuri telah digunakan dalam waktu yang lama oleh masyarakat kulit hitam di beberapa wilayah untuk pemutih kulit.

2.6. Spektroskopi Serapan Atom

Spektrofotometri merupakan suatu metode analisa yang didasarkan pada pengukuran serapan sinar monokromatis oleh suatu larutan yang memiliki gugus kromofor pada panjang gelombang spesifik dengan menggunakan monokromator prisma atau kisi difraksi dengandetektor fototube pada sebuah alat yang disebut

spektrofotometer. Spektrofotomeer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur absorbansi dengan cara melewatkan cahaya dengan panjang gelombang tertentu pada suatu obyek kaca atau kuarsa yang disebut kuvet. Sebagian dari cahaya tersebut akan diserap dan sisanya akan dilewatkan. Nilai absorbansi dari cahaya yang dilewatkan akan sebanding dengan konsentrasi senyawa pada larutan tersebut (Cairns, 2009).

Spektrofotometri merupakan suatu metode analisis kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan banyaknya radiasi yang dihasilkan atau yang diserap oleh spesi atom atau molekul analit. Spektrofotometer Serapan Atom merupakan salah satu jenis spektrofotometri dengan metode analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas. Prinsip kerja Spektroskopi Serapan Atom berdasarkan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung didalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengabsorbsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (*hollow cathode lamp*) yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur menurut panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya. Ketika radiasi elektromagnetik dikenakan suatu atom, maka akan terjadi eksitasi elektron dari tingkat dasar ke tingkat yang lebih tinggi. Besarnya energi dari tiap panjang gelombang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$E = h \cdot \frac{C}{\lambda}$$

E = Energi (Joule)

h = Tetapan Plank ($6{,}63.10^{-34}$ J.s)

C = Kecepatan cahaya (3.10^{8} m/s), dan

λ = Panjang Gelombang (nm)

Cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom-atom bebas yang bersangkutan sebagian cahaya tersebut akan diserap dan intensitas penyerapan akan berbandig lurus dengan banyaknya atom bebas logam yang berada dalam sel. Hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi diturunkan dari :

1. Hukum Lambert

Suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi.

2. Hukum Beer

Intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut.

Dari kedua hukum tersebut diperoleh suatu persamaan :

$$It = Io \cdot e^{-(\varepsilon bc)} \text{ , atau}$$

$$A = -\log \frac{It}{Io} = \varepsilon bc$$

Io = Intensitas sumber sinar

It = Intensitas sinar yang diteruskan

ε = Absorbansi molar

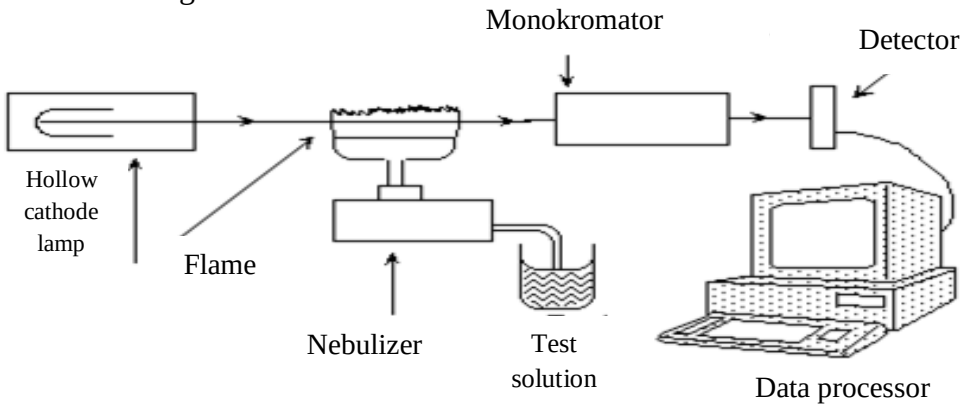
b = Panjang medium

c = Konsentrasi atom-atom yang menyerap sinar

A = Absorbansi

Berdasarkan persamaan di atas, dapat disimpulkan bahwa absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi atom (Day dan Underwood, 1989).

Spektrofotometri serapan atom terdapat dua bagian utama yaitu suatu sel atom yang menghasilkan atom-atom gas bebas dalam keadaan dasarnya dan suatu sistem optik untuk pengukuran sinyal. Skema umum alat spektrofometer serapan atom adalah sebagai berikut :



Gambar 2.1 Skema Umum Komponen Spektrofotometer Serapan Atom

Metode spektrofotometri serapan atom mengubah sampel ke bentuk uap atom yang dinamakan atomisasi. Sampel diuapkan dan didekomposisi untuk membentuk atom dalam bentuk uap. Proses atomisasi melalui tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Pengisatan pelarut

   Proses penguapan pelarut yang akan meninggalkan residu padat.

2. Penguapan zat padat

   Zat padat yang menjadi residu pada tahap pengisatan pelarut akan terdisosiasi menjadi atom-atom penyusunannya mula-mula akan berada dalam keadaan dasar.

3. Eksitasi

   Proses ini adalah proses berpindahnnya elektron karena dikenai oleh sinar dengan panjang gelombang tertentu. Perpindahan electron ini akan memancarkan sebuah energi yang akan terbaca oleh detektor sebagai absorbansi.

1. Sumber Sinar

Sumber sinar yang biasa dipakai dalam sperktrofotometri serapan atom adalah lampu katoda berongga (*hollow cathode lamp*). Lampu ini terdiri dari tabung kaca tertutup yang mengandung suatu katoda dan anoda. Katoda memiliki bentuk silinder berongga yang terbuat dari logam atau dilapisi dengan logam tertentu. Tabung logam ini berisi gas mulia (neon dan argon). Neon digunakan karena memberikan intensitas pancaran lampu yang lebih rendah (Suryati, 2011).

Lampu katoda adalah komponen yang berperan penting dan spesifik. Energi radiasi antara satu lampu katoda dengan lampu katoda lain berbeda tergantung pada jenis logam yang ingin dianalisis. Lampu katoda memancarkan energi radiasi yang sesuai dengan energi yang diperlukan untuk transisi elektron atom. Lampu katoda terdiri dari katoda cekung yang silindris yang terbuat dari unsur yang sama dengan yang akan dianalisis dan anoda yang terbuat dari tungsten (Suryati, 2011).

2. Tempat sampel

Analisis sampel pada Spektrofotometer Serapan Atom sampel diubah menjadi bentuk gas dengan bantuan nyala api yang dinamakan atomisasi. Alat yang

digunakan untuk menubah sampel menjadi bentuk gas yaitu nyala (*flame*) dan dengan atau tanpa (*flamless*).

3. Nyala (*flame*)

Nyala digunakan untuk mengubah sampel yang berupa padatan atau cairan menjadi bentuk uap atomnya, dan juga berfungsi untuk atomisasi. Nyala berfungsi untuk mengeksitsikan atom dari tingkat dasar ke tingkat yang lebih tinggi. Jenis nyala dalam spektrofotometer serapan atom bergantung pada sifat-sifat unsur yang akan dianalisis. Jenis-jenis nyala pada spektrofotometer serapan atom adalah:

1) Nyala udara-asetilen

Nyala udara asetilen adalah yang paling sering dan paling umum digunakan untuk analisis menggunakan spektrofotometer serapan atom. Temperatur nyala asetilen lebih rendah dari yang lain yang mendorong terbentuknya atom netral dan dengan nyala yang kaya bahan bakar pembentukan oksida dari banyak unsur dapat diminimalkan. Nyala asetilen juga mempunyai transmitan rendah pada daerah panjang gelombang yang pendek. Namun, unsur-unsur oksidanya mempunyai energi disosiasi tinggi sehingga sensitivitasnya rendah.

2) Nitrous oksida-asetilen (N_2O-asetilen)

Nyala ini digunakan untuk penentuan unsur-unsur alumunium, boron, molibden, silikon, titanium, vanadium dan wolfram. Daya pereduksinya yang kuat sehingga N_2O asetilen dapat digunakan untuk analisis yang unsurnya sulit diuraikan atau sulit dianalisis dengan nyala lain. Namun, jika unsur yang biasa diukur dengan nyala udara-asetilen, maka sensitivitasnya akan menurun. Hal ini desebabkan oleh jumlah atom dalam keadaan tereksitasi bertambah sedangkan atom-atom yang teruarai akan terionisasi lebih lanjut oleh kenaikan suhu.

3) Nyala udara-hidrogen

Nyala ini mempunyai transmitan yang baik pada daerah panjang gelombang pendek yaitu untuk analisis spectrum pada daerah 230 nm. Nyala ini biasa digunakan untuk analisis unsur timbal, kadmium, timah dan seng karena memiliki sensitivitas tinggi pada unsur tersebut. Namun, nyala ini memiliki interferensi lebih besar dari nyala udara-asetilen karena temperaturnya yang lebih rendah.

4) Nyala argon-hidrogen

Nyala ini memiliki transmitan yang baik pada panjang gelombang pendek nyala ini biasa digunakan untuk analisis unsur As pada panjang gelombang 192,7 nm dan Se pada panjang gelombang 196 nm. Interferensi yang diperoleh akan lebih besar dibandingkan dengan nyala yang lainnya, karena suhu nyala yang sangat rendah.

Larutan sampel diaspirasikan ke suatu nyala dan unsur-unsur di dalam sampel diubah menjadi uap atom sehingga nyala mengandung atom unsur yang dianalisis. Sebagian atom akan tereksitasi secara termal oleh nyala, tetapi kebanyakan atom tetap tanggal sebagai atom tetap tanggal sebagai atom netral dlam keadaan dasar (*ground state*). Atom *ground state* kemudian menyerap radiasi yang diberikan oleh sumber radiasi yang terbuat dari unsur-unsur yang akan dianalisis. Panjang gelombang yang dihasilkan oleh sumber radiasi adalah sama dengan panjang elombang yang diabsorbsi oleh atom nyala. Atom-atom pada ground state ini kemudian menyerap radiasi yang diberikan oleh sumber radiasi yang terbuat dari unsur yang bersangkutan. Panjang gelombang yang diberikan oleh sumber radiasi adalah sama dengan panjang gelombang yang diabsorbsi oleh atom (Suryati, 2011).

4. Tanpa nyala (*flameless)*

Tanpa nyala adalah teknik atomisasi yang melalui tiga tahap yaitu pengeringan yang membutuhkan suhu yang tinggi karena untuk menghilangkan matriks kimia dengan mekanisame votilasi atau pirolisis, dan pengatoman (Suryati, 2011).

5. Monokromator

Monokromator digunakan untuk memisahkan dan memilih panjang gelombang yang digunakan dalam analisis. Berkas cahaya dari lampu katoda dilewatkan melalui celah sempit kemudian menuju monokromator. Monokromator akan memilih panjang gelombang yang sesuai berdasarkan unsur yang akan dianalisis (Anshori, 2005).

6. Detektor

Detektor adalah alat yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik, yang memberikan sinyal listrik berhubungan dengan daya radiasi yang diserap oleh permukaan yang peka. Detektor digunakan untuk mengukur cahaya yang melalui

tempat pengatoman. Detektor digunakan untuk mengukur intensitas cahaya yang melalui tempat pengatoman (Suryati, 2011).

7. *Readout*

Pembacaan adalah alat penunjuk atau sistem pencatat hasil. Pencatatan hasil dengan suatu alat yang telah terkalibrasi untuk pembacaan tranmisi atau absorbansi. Hasil pembacaan berupa angka maupun kurva dari suatu recorder yang menggambarkan absorbansi atau intensitas emisi. Sampel yang dianalisis dengan spektrofotometer serapan atom harus berbantuk cairan dengan preparasi sesuai dengan senyawa yang akan dianalisis. Larutan yang dibuat harus larut dengan sempurna tanpa ada endapan. Larutan juga harus dilarutkan dengan pelarut yang sesuai. Selain itu, sampel juga dapat dilarutkan dengan auatu asam. Sampel dapat juga dilarutkan dalam basa atau dilebur dahulu dengan basa kemudian hasil leburan dilarutkan dengan pelarut yang sesuai (Suryati, 2011).

Analisis menggunakan spektrofotometer serapan atom memiliki beberapa metode penentuan yang digunakan, yaitu :

1. Metode kurva kalibrasi

Metode kurva kalibrasi adalah metode yang menggunakan seri standar dengan berbagai konsentrasi dan absorbansi dari larutan tersebut dianalisis dengan spektrofotometer serapan atom. Absorbansi standar dibuat grafik dengan konsentrasi standar dan didapatkan persamaan regresi. Persamaan regresi digunakan untuk mencari konsentrasi sampel dengan memasukan absorbansi sampel dalam persamaan regresi linier (Muhammad, 2015).

Metode ini berdasarkan hukum Lambert Beer yaitu :

$A_{std} = \varepsilon \cdot B \cdot C_{std}$

A_{std} = Absorbansi standar

ε = Tetapan absortivitas

B = Tebal kuvet

C_{std} = Konsentrasi standar

2. Metode adisi standar

Metode adisi standar adalah metode yang biasa dipakai untuk mengukur suatu zat yang konsentrasinya sangat kecil dalam suatu sampel. Metode ini mampu

meminimalisasi kesalahan yang disebabkan oleh perbedaan kondisi lingkungan, sampel dan standar. Metode ini dilakukan dengan mengukur absorbansi sampel tanpa penambahan standar dan sampel yang ditambahkan standar dengan volume yang berbeda membentuk suatu deret (Christina, 2006).

Menurut hukum Beer akan berlaku hal berikut:

$AT = k (Cs + Cx)$

Cx = konsentrasi zat sampel

Cs = konsentrasi zat standar yang ditambahkan kelarutan sampel

Ax = absorbansi zat sampel tanpa penambahan standar

Ar = absorbansi zat sampel + zat standar

Konsentrasi zat dalam sampel dapat dihitung dengan membuat persamaan garis linier dari grafik antara absorbansi dan konsentrasi standar (Christina, 2006).

2.7. Metode destruksi

Destruksi basah yaitu pemanasan sampel (organik) dengan adanya pengoksidasi kuat seperti asam-asam kuat baik tanggal maupun campuran. Prinsip destruksi basah adalah sampel ditambahkan larutan pengoksidasi, lalu dipanaskan pada temperature yang cukup tinggi dan jika pemanasan dilakukan secara kontinu pada waktu yang cukup lama, maka sampel akan teroksidasi sempurna sehingga meninggalkan berbagai elemen - elemen pada larutan asam dalam bentuk senyawa anorganik yang sesuai untuk dianalisis (Ervina, 2013).

Destruksi basah memiliki keuntungan yang salah satunya ialah suhu yang digunakan jauh lebih rendah dibandingkan suhu pada destruksi kering. Suhu yang digunakan menyesuaikan pada titik didih senyawa yang ingin dianalisis. Suhu pemanasan tidak boleh melebihi titik didih dari senyawa yang ingin dianalisis. Penggunaan asam untuk mendestruksi zat organik pada suhu rendah dengan menghindari kehilangn mineral akibat pemanasan (Apriyanto, 1989).

Destruksi kering merupakan perombakan logam organik didalam sampel menjadi logam-logam anorganik dengan pengabuan sampel menggunakan *muffle furnace* dan memerlukan suhu pemanasan tertentu. Suhu yang digunakan pada destruksi kering biasanya berkisar pada 400-800ºC. Suhu yang digunakan bergantung apa jenis sampel yang akan dianalisis dan jenis logam yang ingin

deketahui kadarnya. Desktruksi kering dapat diaplikasikan pada hampir semua jenis logam kecuali merkuri dan arsen (Muhammad, 2015).

2.8. Presisi

Presisi atau *precision* adalah nilai yang menunjukan derajat kesesuaian antara hasil uji individual, diukur melalui penyebaran hasil individual dari rata-rata jika penerapan prosedur dilakukan secara berulang pada sampel-sampel yang diambil dari campuran yang homogen. Presisi diukur sebagai simpangan baku atau simpangan baku relatif (koefisien variatif). Presisi dinyakatan sebagai *repetability* (keterulangan) atau *reproducibility* (ketertiruan). *Repeatability* adalah keseksamaan metode jika dilakukan berulang kali oleh analis yang sama pada kondisi sama dan dalam interval waktu yang pendek. *Reproducibility* adalah keseksamaan metode yang dilakukan pada kondisi yang berbeda (Riyanto, 2016).

Uji presisi berarti kedekatan antar tiap hasil uji pada suatu pengujian yang sama untuk melihat sebaran antara nilai benar. Presisi dipengaruhi nilai acak (*random error*) antara lain ketidakstabilan instrumen, variasi suhu atau pereaksi, keragaman teknik dan operator yang berbeda. Presisi dapat dinyatakan dengan berbagai cara antara lain dengan simpangan baku, simpangan rata-rata atau kisaran yang merupakan selisih hasil pengukuran yang terbesar dan terkecil. Suatu nilai ketelitian dinyataan dalam *relaive standar deviation* (%RSD). Besarnya %RSD menyatakan tingkat ketelitian analis, semakin kecil nilai %RSD yang dihasilkan semakin besar tingkat ketelitiannya (Riyanto, 2016).

Presisi dari metode uji ditentukan dengan rumus :

$$\% \text{ RPD} = \frac{\text{hasil pengukuran} - \text{duplikat pengukuran}}{\bar{x}} \text{ x } 100\%$$

Keterangan

$\bar{X}$: Nilai rata-rata pengukuran

%RPD : *Relative Percent Different*

Kriteria seksama diberikan jika metode memberikan nilai %RPD $\leq$ 10%. Kriteria ini sangat fleksibel tergantung pada konsentrasi analit yang dianalisis, jumlah sampel dan kondisi laboratorium. Nilai RPD atau koefisien variasi meningkat dengan menurunnya kadar analit yang dianalisis (Harmita, 2004).

2.9. *Limit of detection* (LOD) dan *Limit of duantification* (LOQ)

Limit of detection (LOD) adalah jumlah terkecil analit dalam sampel yang dapat dideteksi dan masih memberikan respon signifikan dibandingkan blanko. Sedangkan *limit of quantification* (LOQ) adalah jumlah terkecil analit dalam sampel yang sama dan memenuhi kriteria cermat dan sekesama dengan respon analit 10 kali lebih besar dari respon sinyal blanko. Menurut (Riyanto, 2014) penentuan limit deteksi dan limit kuantitasi terdapat 3 cara yaitu, *signal to noise*, penentuan blanko, dan kurva kalibrasi. Pengujian *limit of detection* (LOD) dan *limit of quantification* (LOQ) kali ini menggunakan kurva kalibrasi, nilai LOD dan LOQ dapat dihitung secara statistik melalui garis linear dan kurva kalibrasi sedangkan simpangan baku blanko sama dengan simpangan baku residual (Harmita, 2004).