

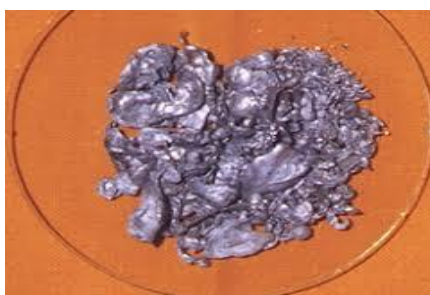
## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Tinjauan Umum Tentang Kadmium (Cd)**

##### **a. Pengertian Kadmium (Cd)**

Kadmium, juga dikenal dengan nama latin Cadmia, adalah unsur kimia dalam tabel periodik dengan nomor atom 48, berat atom 112,4, titik leleh 321oC, dan titik didih 767oC. Massa jenisnya adalah 8,65 gram per centimeter. Menurut Dewi (2020), kadmium (Cd) adalah logam yang dapat menyebabkan kanker dan termasuk dalam polutan udara. Salah satu bagian bahan bakar kendaraan adalah kadmium.



**Gambar 1. Logam Kadmium (Cd)**

Sumber : (Latiffah, 2019)

Kadmium adalah logam berat yang lunak, berwarna putih, mudah dibentuk, dan memiliki warna metal kebiruan yang hampir sama dengan yang dimiliki seng dan merkuri. Menurut Latiffah (2019), logam kadmium memiliki massa jenis 8.65 gram/ml, titik cairnya 321 oC, dan berat atomnya 112.41. Unsur logam kadmium (Cd), yang memiliki nomor atom 48 dan massa atom 112,41, terletak pada periode 5 dalam tabel sistem periodik unsur. Sebagai deposit sulfida, logam kadmium dikenal sebagai unsur chalcophile. Dalam kerak bumi, kadar kadmium sekitar 0,13 g/g. Sifat kadmium dan logam seng mirip, dan keduanya mengalami proses geokimia yang sama (Elfira A., 2023)

Logam kadmium (Cd) dapat ditemukan dalam campuran dengan bahan lain di endapan alam seperti butiran. Logam ini digunakan dalam berbagai industri yang melibatkan pelapisan listrik dan pelapisan listrik, seperti peralatan transportasi, mesin, fotografi, dan sebagainya. (Fauzia, 2014).

#### **b. Sifat dan Karakteristik Kadmium (Cd)**

Logam kadmium sangat reaktif di udara terbuka, menghasilkan uap CdO berwarna coklat saat dipanaskan. Ini karena fakta bahwa logam kadmium tidak larut dalam alkali, tetapi larut dalam H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> encer dan HCl. Ini sangat tahan terhadap korosi.

Kadmium adalah logam lunak, mengkilat, putih keperakan yang tidak larut dalam alkali dan mudah bereaksi ketika dipanaskan. kadmium (Cd) ditemukan dalam kombinasi dengan klorin, yang disebut kadmium klorida, atau belerang, yang disebut kadmium sulfit. Cd<sup>2+</sup> yang tidak stabil diciptakan oleh kadmium. Nomor atom Cd adalah 40, berat atomnya 112,4, titik lelehnya 321, titik didihnya 767, dan massa jenisnya 8,65 gram per centimeter. Warna putih keperakan logam kadmium (Cd) mirip dengan aluminium dan tahan panas. Logam kadmium (Cd) digunakan sebagai pigmen dalam industri cat, enamel, dan plastik serta dalam elektrolisis. Cd biasanya dicampur dengan logam lain. (Festri & Pandebesie, 2014).

#### **c. Masuknya Kadmium Kedalam Lingkungan**

Kadmium adalah bahan kimia yang tidak terurai yang ada di alam. kadmium berada bebas di lingkungan dan dapat ditemukan di udara atau beredar. Kadmium bersama dengan senyawa logam berat lainnya seringkali memengaruhi pembentukan di dalam air. (Latiffah, 2019).

Kadmium dalam tanah dapat berasal dari sumber alami dan antropogenik. Kadmium dapat masuk ke dalam tanah akibat larutnya batuan sumber seperti gletser dan batuan aluvial. Manusia juga berkontribusi terhadap proses masuknya kadmium ke lingkungan, seperti penggunaan pupuk kimia dan pengendapan air limbah akibat aktivitas manusia (Fauzia, 2014).

#### **d. Sumber Kadmium yang Berasal dari Bensin**

Keberadaan kadmium di alam terkait erat dengan keberadaan logam timbal dan seng. Kadmium selalu dibuat sebagai produk sampingan dalam proses pemurnian industri mineral timbal dan seng dan dilepaskan ke lingkungan. Meskipun logam ini tidak terlalu banyak, ia semakin meningkat di lingkungan karena limbah industri dan penggunaan minyak sebagai bahan bakar. Selain itu, produk sampingan kadmium selalu ada di zona mineral seng, timbal, dan tembaga. Baik seng maupun kadmium memiliki afinitas tinggi terhadap belerang, sehingga mineral sulfida adalah sumber utama keduanya, mengandung hingga 5% kadmium. Kandungan kadmium pada bahan bakar dan minyak pelumas adalah 0,5 ppm, kandungan kadmium pada batu bara adalah 2 ppm, dan pupuk superfosfat mengandung kadmium hingga 170 ppm. (Fauzia, 2014).

#### **e. Jalur Masuknya Kadmium Dalam Tubuh**

##### **a) Sistem pernapasan (Inhalasi)**

Paparan kadmium melalui pernapasan biasanya terjadi di tempat kerja. Senyawa kadmium dihirup dalam bentuk partikel, baik dalam bentuk debu atau asap yang sangat kecil. Penyerapan senyawa kadmium setelah paparan inhalasi sangat berbeda dan bergantung pada ukuran partikel dan kelarutan kadmium. Partikel debu berukuran besar (diameter >10  $\mu\text{m}$ ) cenderung masuk dan menembus alveoli, tetapi senyawa kadmium terlarut seperti  $\text{CdCl}_2$  dan  $\text{CdSO}_4$  memiliki serapan yang lebih sedikit daripada partikel. Sekitar 5% dari partikel berukuran 10  $\mu\text{m}$  yang akan mengendap dan diserap di alveoli. Penyebab utama kadmium di paru-paru adalah ukuran partikel.

##### **b) Sistem pencernaan (Oral)**

Kadmium masuk melalui sistem pencernaan dalam bentuk makanan yang terkontaminasi kadmium. Zat-zat tersebut dalam saluran cerna akan diserap melalui bantuan transporter, sedangkan yang tidak terserap akan dikeluarkan melalui feses. Penyerapan kadmium di

saluran pencernaan biasanya sekitar 5%. Status gizi yang lebih rendah lebih mudah terpapar kadmium.

**c) Kontak kulit**

Penyerapan kadmium melalui kulit sangat rendah, sekitar 0,5%. Kontak kulit akan memburuk jika terpapar selama beberapa jam atau lebih lama (Fauzia, 2014).

**f. Waktu Paruh dalam Tubuh**

Ada beberapa efek kadmium, termasuk merusak ginjal dan bersifat karsinogenik, yang dapat menyebabkan tumor. Ginjal mengumpulkan logam kadmium dan membentuk kompleks dengan protein. Waktu paruh kadmium di dalam tubuh adalah 7–30 tahun, dan masuk ke ginjal, terutama setelah kerusakan, selama 10–30 tahun di lingkungan. Kekurangan kalsium dalam tubuh dapat menyebabkan osteomalacia (nyeri pada persendian tulang belakang dan kaki) dan tulang punggung (kerusakan tulang) karena kadmium mengganggu metabolisme kalsium. (Fauzia, 2014).

Logam kadmium (Cd) memiliki kemampuan untuk mengubah atau bahkan merusak sistem kerja ginjal. Munculnya asam ketuban dan glikosuria, serta perubahan dalam kandungan asam urat, kalsium, dan fosfor dalam urin adalah tanda-tanda kerusakan ginjal akibat logam kadmium (Cd). Kadar atau jumlah protein dalam urin adalah indikator kerusakan pada sistem ginjal. (Palar, 2016).

**g. Efek Keracunan Kadmium (Cd)**

Efek keracunan kadmium terjadi ketika seseorang menghirupnya dalam jumlah berlebihan. Efek keracunan kadmium pada tubuh bisa berbeda-beda tergantung tingkat paparan dan durasi paparan. Beberapa dampak kadmium yang terjadi antara lain:

**1. Efek keracunan kronis**

Efek kronis keracunan kadmium adalah efek jangka panjang yang terjadi akibat paparan kadmium dalam jangka waktu lama. Kadmium merupakan logam berat yang dapat terakumulasi di dalam tubuh dan

menimbulkan berbagai gangguan kesehatan. Beberapa dampak kronis keracunan kadmium antara lain:

- a. Kerusakan ginjal: Kadmium dapat menyebabkan kerusakan pada ginjal, salah satu organ yang paling rentan terhadap paparan kadmium. Hal ini dapat menyebabkan penurunan fungsi ginjal dan akhirnya gagal ginjal.
- b. Osteoporosis: Keracunan kadmium dapat menyebabkan penurunan kepadatan tulang, sehingga dapat meningkatkan risiko osteoporosis dan patah tulang.
- c. Masalah pernafasan: Jika terhirup dalam jumlah banyak, kadmium dapat merusak paru-paru dan menyebabkan gangguan pernafasan seperti asma dan penyakit paru obstruktif kronik (PPOK).
- d. Kanker: Beberapa penelitian menunjukkan bahwa paparan kadmium dalam jangka panjang dapat meningkatkan risiko berkembangnya beberapa jenis kanker, seperti kanker paru-paru, kanker prostat, dan kanker ginjal.
- e. Kerusakan hati: Kadmium juga dapat menyebabkan kerusakan pada hati sehingga mengganggu fungsi normal organ tersebut.
- f. Gangguan sistem reproduksi: Efek kronis keracunan kadmium pada sistem reproduksi antara lain berkurangnya kesuburan, gangguan hormonal, dan kegagalan perkembangan seksual.

## **2. Efek keracunan akut**

Kadmium merupakan logam berat yang dapat menimbulkan efek keracunan pada manusia jika terpapar dalam jangka waktu lama. Namun, dalam jangka pendek atau akut, keracunan kadmium dapat menimbulkan beberapa gejala, antara lain:

- a. Gangguan saluran cerna : seperti mual, muntah dan diare.
- b. Gangguan pernafasan : jika terhirup dalam jumlah banyak dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan, batuk dan sesak nafas.

- c. Gangguan ginjal: kadmium dapat merusak ginjal dan menyebabkan kerusakan ginjal yang parah.
- d. Gangguan hati: keracunan kadmium dapat mempengaruhi fungsi hati
- e. Gangguan tulang dan sendi: jika terpapar dalam jangka panjang, kadmium dapat menyebabkan osteoporosis dan nyeri sendi.

#### **h. Nilai Ambang Batas Kadmium (Cd) Pada Manusia**

Menurut Menteri Kesehatan (2002) dalam Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1406/MENKES/SK/IX/2002 tentang standar pemeriksaan kadar kadmium pada tubuh manusia yang dapat dilakukan melalui specimen darah, urin, dan rambut. Adapun nilai ambang batas pada masing-masing specimen yaitu:

##### 1. Spesimen Darah

Nilai ambang batas kadar kadmium dalam specimen darah normal adalah 5 mg/l

##### 2. Spesimen Urin

Nilai ambang batas kadar kadmium dalam specimen urin adalah 0,002 mg/l.

##### 3. Spesimen Rambut

Nilai ambang batas kadar kadmium dalam specimen rambut adalah 0,1-0,5 mg/l.

### **B. Tinjauan Umum Tentang Urin**

#### **1. Pengertian urin**

urin adalah cairan limbah yang dihasilkan oleh ginjal melalui proses penyaringan darah. Ginjal mengeluarkan zat-zat sisa metabolisme dan kelebihan cairan dari tubuh, yang kemudian disimpan dalam kandung kemih sebelum dikeluarkan melalui uretra saat buang air kecil. Tes urine sudah ada sejak lama selalu dilakukan karena sampel tersedia dan metode pengujiannya mudah. Pemeriksaan urin rutin, juga dikenal sebagai urinalisis,

dimaksudkan untuk menunjukkan adanya zat yang biasanya tidak ditemukan dalam urin atau perubahan dalam konsentrasi zat yang biasanya ditemukan dalam urin. (Tampubolon, 2022).

Analisis urin (urinalisis) digunakan secara luas dalam diagnostik medis untuk mendeteksi kondisi kesehatan seperti infeksi saluran kemih, penyakit ginjal, diabetes, dan gangguan metabolik lainnya. Tes urin dapat mencakup pemeriksaan fisik (warna, bau, kejernihan), pemeriksaan kimia (pH, protein, glukosa, keton), dan pemeriksaan mikroskopis (sel darah merah, sel darah putih, bakteri). (Tampubolon, 2022).

## **2. Proses Pembentukan Urin**

Proses pembentukan urin terdiri dari tiga tahap, yaitu penyaringan, penyerapan kembali, dan pengumpulan akhir (pengumpulan). Secara lebih rinci, urutan proses pembentukan urin adalah sebagai berikut:

### **a. Filtrasi (penyaringan)**

Filtrasi merupakan proses pertama dalam pembentukan urin. Proses ini terjadi antara glomerulus dan kapsul Bowman. Sekitar 20% darah disaring oleh ginjal. Darah yang terkandung dalam kapiler yang membentuk glomerulus disaring secara mekanis ke dalam kapsul Bowman. Tujuan dari penyaringan ini adalah untuk mengeluarkan produk sisa metabolisme (waste product) dari dalam darah (Rahmawati, 2018).

### **b. Reabsorpsi (penyerapan kembali)**

Proses pembentukan urin selanjutnya adalah reabsorpsi atau penyerapan kembali. Reabsorpsi adalah proses dimana filtrat glomerulus diserap kembali dan masih tersedia untuk digunakan oleh tubuh. Bagian yang berperan dalam proses ini antara lain sel epitel tubulus proksimal, lengkung Henle, dan bagian tubulus distal. Kandungan glukosa dan beberapa ion seperti  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  dan air dalam urin asli diserap kembali. Urine primer ini juga mengalir dan diserap di lengkung Henle. Setelah itu mengalir ke tubulus distal. Urine primer yang mengandung zat-zat seperti ion  $\text{Na}^+$ , ion

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, dan air akan diserap di tubulus distal. Sedangkan zat-zat seperti ion H<sup>+</sup>, ion NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, urea, kreatinin dan obat-obatan disekresikan ke dalam urin oleh tubulus (Rahmawati, 2018).

**c. Sekresi**

Sekresi merupakan tahap akhir dari proses pembentukan urin. Tahapan ini bertujuan untuk menjaga keseimbangan pH asam basa dalam tubuh serta keseimbangan elektrolit dalam darah. Pada tahap augmentasi, urin sekunder akan mengalir ke tubulus distal dan tubulus pengumpul. Dalam proses ini, urin sekunder dari tubulus distal menuju tubulus pengumpul. Selanjutnya di tubulus ini masih terjadi penyerapan ion Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, dan urea. Sisanya merupakan bentuk urin sebenarnya. Zat yang tidak dibutuhkan, misalnya racun dan pigmen, juga dikeluarkan melalui urin. Urin ini akan dibawa ke panggul ginjal. Dari panggul ginjal, urin dikeluarkan melalui ureter hingga mencapai kandung kemih (kandung kemih). Sebagai tempat penyimpanan urin sementara, kandung kemih akan menyimpan urin hingga penuh. Apabila sudah penuh maka urine akan dikeluarkan dari tubuh melalui uretra yang disebut dengan miksi atau buang air kecil (Rahmawati, 2018).

**3. Jenis urin**

**a) Urin Sewaktu**

Urin sewaktu adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan sampel urin yang diambil pada satu titik waktu tanpa memperhatikan waktu spesifik pengambilan. Sampel urin sewaktu sering digunakan dalam tes kesehatan rutin karena lebih mudah dan nyaman untuk diambil oleh pasien. Namun, hasil dari sampel urin sewaktu dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti makanan dan minuman yang dikonsumsi, aktivitas fisik, dan waktu sejak buang air kecil terakhir. Oleh karena itu, dalam beberapa kasus, terutama untuk pengukuran zat tertentu, pengambilan sampel pada waktu yang lebih terkontrol atau menggunakan metode



pengumpulan yang berbeda mungkin diperlukan untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. (Rahmawati, 2018).

**b) Urin Pagi**

Urin pagi pertama adalah sampel urin yang diambil pertama kali setelah bangun tidur di pagi hari. Sampel ini dianggap paling konsentrasi karena urin telah terkumpul dalam kandung kemih selama tidur malam, biasanya sekitar 6-8 jam tanpa buang air kecil.

(Rahmawati, 2018).

**c) Urin 24 Jam**

Urin ditampung selama satu hari penuh. Urine yang dikeluarkan dalam satu hari, misalnya jam 8 pagi hingga jam 8 pagi keesokan harinya, dikumpulkan untuk diperiksa sehingga dapat menggambarkan kondisi Anda selama satu hari. Kelemahannya adalah sulitnya mengumpulkan bahan (Rahmawati, 2018).

**d) Urin Post Prandial**

Urin post prandial adalah sampel urin yang diambil setelah makan. Biasanya, sampel ini diambil sekitar 2 jam setelah makan utama. Urin post prandial digunakan dalam beberapa tes medis untuk mengevaluasi bagaimana tubuh memproses makanan dan mengelola zat tertentu setelah konsumsi makanan. (Rahmawati, 2018).

**4. Penanganan Urin**

Prosedur penanganan urin harus dilakukan dengan benar karena dapat menyebabkan perubahan komposisi urin. Penanganan spesimen urin melibatkan langkah-langkah seperti prosedur pengumpulan urin, penggunaan wadah spesimen yang sesuai, memberikan identifikasi spesimen yang jelas, serta pengiriman dan penyimpanan yang tepat. Jika penanganan tidak dilakukan dengan baik, dapat menyebabkan hasil pemeriksaan menjadi tidak akurat dan tidak sesuai (Rahmawati, 2018).

**a) Wadah Spesimen Urin**

Pemeriksaan urin tentunya harus menampung atau mengumpulkan spesimen urin dan memerlukan wadah. Tempat urine harus tidak kotor,

kering dan steril. Adanya air dan kelembapan atau kotoran pada wadah dapat menyebabkan tumbuhnya bakteri atau mikroorganisme pada urin dan mengubah komposisi urin. Wadah urine yang ideal yaitu pot sampel urin, sehingga urine dapat langsung dikeluarkan ke dalam wadah tersebut. Jika ingin memindahkan urine ke wadah lain, sebaiknya dikocok terlebih dahulu agar endapannya juga ikut berpindah. Jangan lupa untuk memberikan informasi lengkap tentang identitas Anda (Rahmawati, 2018).

#### **b) Identitas Spesimen Urin**

Dalam pengambilan spesimen, identitas di laboratorium sangat penting untuk menghindari kesalahan yang tidak diinginkan, seperti tercampurnya sampel pasien dan memberikan hasil yang salah sehingga pasien tidak dapat mendiagnosis penyakitnya. Sesuai dengan persyaratan Protokol Institusi, informasi identitas pasien dituliskan pada label yang mudah terbaca. Label tersebut setidaknya nama pasien, nomor identifikasi, tanggal dan waktu pengambilan, serta informasi tambahan seperti lokasi, nama dokter, dan usia pasien (Rahmawati, 2018).

#### **c) Pengiriman Spesimen Urin**

Untuk melakukan tes urinalisis, urin yang ideal untuk diperiksa adalah urin yang masih segar (kurang dari 1 jam) atau paling lambat 2 jam setelah buang air kecil atau dikumpulkan. Jadi spesimen urine harus segera dikirim dan tidak lebih dari 2 jam setelah buang air kecil. Jika pemeriksaan tertunda setelah buang air kecil, hal ini dapat mempengaruhi kestabilan dan validitas hasil pemeriksaan.

Apabila pemeriksaan urinalisis terlambat, maka unsur-unsur dalam urin (endapan urin) dalam waktu 2 jam akan hancur dan lisis. Apabila pemeriksaan tidak dapat dilakukan dalam waktu 2 jam, sebaiknya urin disimpan pada suhu 4°C.

## **5. Pengambilan Bahan Uji Urin**

Pengambilan materi ujian harus diperhatikan dan dilaksanakan dengan benar sesuai dengan Standar Operasional Prosedur (SOP). Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pengambilan spesimen urin adalah:

- a. Pada pemeriksaan toksikologi klinik, volume bahan uji urin yang biasa diambil adalah setengah dari pot urin.
- b. Sebelum pengambilan bahan tes, petugas laboratorium akan menjelaskan tata cara pengambilan bahan tes urin.
- c. Sebelum mengumpulkan bahan tes, harus ditentukan terlebih dahulu lokasi pengumpulan bahan tes.
- d. Peralatan yang digunakan untuk mengumpulkan bahan uji harus memenuhi persyaratan antara lain: kering, bersih, dan tidak mengandung bahan kimia yang dapat menyebabkan kontaminasi pada bahan uji serta mempunyai tutup ulir agar bahan uji tidak mudah tumpah (Taurusita dkk, 2017).

## **C. Tinjauan Umum Tentang Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU)**

### **1. Pengertian Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU)**

SPBU adalah singkatan dari Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum, yaitu fasilitas yang menyediakan layanan pengisian bahan bakar untuk kendaraan bermotor, seperti mobil, sepeda motor, dan truk. Selain bahan bakar, SPBU sering kali menyediakan produk lain seperti oli mesin, cairan pendingin, dan gas cair (LPG), serta layanan tambahan seperti toko serba ada (minimarket), toilet, dan tempat istirahat. SPBU memiliki peran penting dalam infrastruktur transportasi dengan menyediakan bahan bakar dan layanan yang diperlukan untuk menjaga kendaraan bermotor tetap beroperasi dengan baik. Meningkatnya jumlah pengguna kendaraan bermotor menyebabkan meningkatnya jumlah SPBU. Meningkatnya jumlah SPBU yang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Paparan kadmium dapat berasal dari buangan gas kendaraan yang melaju atau uap bahan bakar

kendaraan saat mengisi bahan bakar. Kadar kadmium dalam tubuh dapat dideteksi pada darah, rambut, urin, dan kuku (Imiyanti dkk. 2014).

Pekerja SPBU termasuk kelompok yang paling berisiko terkena paparan langsung kadmium yang berasal dari knalpot kendaraan dan menghirup uap bahan bakar saat mengisi bahan bakar. Asap dihasilkan ketika kendaraan membakar bahan bakar yang mengandung logam berat, dan salah satu logam berat yang digunakan dalam pendeteksian adalah kadmium (Cd) (Imiyanti dkk. 2014).

## **2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kadar Kadmium (Cd) pada Operator Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU)**

### **a) Masa kerja**

Jam kerja mengacu pada lamanya seseorang bekerja di suatu perusahaan, yang dapat mempengaruhi penyerapan kadmium dalam tubuh. Kadar kadmium dalam tubuh manusia mungkin dipengaruhi oleh kerja bertahun-tahun dan riwayat paparan langsung kadmium di lingkungan (misalnya knalpot mobil) (Fauzia, 2014).

### **b) Umur**

Usia muda umumnya lebih sensitif terhadap aktivitas kadmium, yang berhubungan dengan perkembangan dan fungsi organ yang tidak sempurna. Pada saat yang sama, sensitivitas orang lanjut usia lebih tinggi dibandingkan orang dewasa biasa, biasanya karena aktivitas enzim biotransformasi menurun seiring bertambahnya usia dan resistensi organ tertentu terhadap efek kadmium (Cd) menurun. (Fauzia, 2014).

### **c) Alat Pelindung Diri (APD)**

Berbagai jenis alat pelindung diri dalam pencegahan paparan zat toksik harus disesuaikan dengan jenis pekerjaan, kondisi lingkungan, faktor agen, pemakaian dan waktu berlakunya. Dalam menjalankan pekerjaannya seorang operator SPBU dapat menggunakan beberapa

APD yang diantaranya masker, sarung tangan dan topi untuk menghindari paparan kadar kadmium ketika bekerja (Fauzia, 2014).

**d) Jenis Kelamin**

Kadmium salah satu logam berat, memiliki efek toksik yang berbeda pada pria dan wanita. Perempuan lebih rentan dibandingkan laki-laki karena perbedaan ukuran tubuh (fisiologi), keseimbangan hormonal, dan metabolisme (Wulandari, 2020).

**D. Tinjauan Umum Tentang Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)**

**a. Pengertian**

Spektrofotometer serapan atom (AAS) adalah alat analisis yang digunakan untuk mengukur konsentrasi unsur-unsur tertentu dalam sampel dengan mendeteksi serapan cahaya oleh atom-atom unsur tersebut. Prinsip dasar AAS adalah bahwa atom-atom dalam keadaan gas dapat menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu yang khas untuk masing-masing unsur (Sumba, 2019).



**Gambar 2. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)**

Sumber : (dokumentasi pribadi, 2024)

**b. Prinsip Kerja Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)**

Interaksi antara cahaya (energi) dan atom (materi) adalah prinsip kerja Spektrofotometer Serapan Atom. Jumlah atom bebas yang terlibat dan

kapasitas atom untuk menyerap radiasi menentukan berapa banyak radiasi yang diserap. Bagian-bagian spektrofotometer serapan atom (SSA) adalah:

**1. Sumber radioaktif**

Atom-atom unsur yang dianalisis dapat menyerap energi dari bagian yang menghasilkan cahaya. Lampu katoda cekung (hallow cathode lamp) biasanya digunakan sebagai sumber radiasi.

**2. Lokasi bahan uji**

Sampel yang akan dianalisis harus dipecah menjadi atom netral yang masih dalam keadaan dasar untuk analisis menggunakan spektrofotometri serapan atom.

**3. Monokromator**

Bagian yang digunakan untuk memisahkan dan memilih panjang gelombang untuk analisis. Selain alat optik, monokromator juga memiliki alat untuk memisahkan radiasi resonansi dan radiasi kontinu.

**4. Detektor**

Komponen ini mengubah energi cahaya menjadi energi listrik, yang dapat digunakan untuk menghasilkan materi yang dapat dibaca oleh mata atau alat perekam lainnya.

**5. Readout**

Ini berfungsi sebagai alat petunjuk dan juga sebagai sistem pencatatan hasil. Pencatatan dilakukan menggunakan alat yang telah dikalibrasi untuk membaca penyerapan atau transmisi. Hasil pembacaan dapat ditunjukkan dalam bentuk angka atau kurva yang menunjukkan intensitas serapan atau emisi. (Sumba, 2019).

**c. Kelebihan yang dimiliki oleh metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)**

1. Menganalisis konsentrasi logam berat dalam sampel secara akurat karena konsentrasi yang terbaca pada alat SSA didasarkan pada banyaknya cahaya yang diserap yang berbanding lurus dengan kandungan zat.

2. Menganalisis sampel pada kadar rendah (ppb), sedangkan metode lain seperti volumetrik hanya dapat menganalisis pada kadar tinggi (ppm).
3. Analisis sampel dapat lebih cepat.

**d. Kekurangan penggunaan metode SSA**

1. Biaya dan Perawatan: Spektrofotometer Serapan Atom memerlukan biaya awal yang tinggi untuk akuisisi dan instalasi. Selain itu, perawatan dan perbaikan rutin juga dapat menjadi mahal. Ini membuat SSA mungkin tidak terjangkau bagi laboratorium atau fasilitas yang memiliki anggaran terbatas.
2. Keterbatasan Spesimen: SSA sering kali memerlukan spesimen yang cukup murni dan homogen. Sampel yang tidak memenuhi persyaratan ini dapat menghasilkan hasil yang tidak akurat atau tidak konsisten.
3. Waktu Analisis: Proses analisis menggunakan SSA seringkali memerlukan waktu yang cukup lama untuk persiapan sampel, kalibrasi instrumen, dan pengukuran sebenarnya. Ini dapat membuat SSA kurang ideal untuk aplikasi di mana waktu respons cepat diperlukan.

Meskipun memiliki beberapa kekurangan, SSA tetap menjadi alat yang sangat berharga dalam analisis kimia untuk mendeteksi dan mengukur konsentrasi unsur-unsur dalam berbagai sampel. Pilihan penggunaan metode SSA harus dipertimbangkan berdasarkan kebutuhan spesifik aplikasi analisis, sumber daya yang tersedia, dan tujuan akhir dari analisis yang dilakukan. (Umami, 2019).

**E. Tinjauan Umum Tentang Spektrofotometri UV-Vis**

Spektrofotometer UV-Vis adalah alat laboratorium yang digunakan untuk melakukan spektroskopi UV-Vis, yaitu metode analisis kimia untuk mengukur absorbansi cahaya pada rentang ultraviolet (UV, 200-400 nm) dan tampak (Visible, 400-800 nm) dari spektrum elektromagnetik. Alat ini sangat penting dalam berbagai bidang ilmu seperti kimia, biokimia, farmasi, biologi, dan lingkungan untuk analisis kuantitatif dan kualitatif berbagai jenis senyawa.

Spektrofotometer UV-Vis merupakan alat yang sangat fleksibel dan serbaguna dalam laboratorium modern, memungkinkan analisis yang cepat dan akurat dari berbagai jenis sampel kimia dan biologis. (Rubiyati dan Setiawan, 2018).



**Gambar 3.** Spektrofotometri UV-VIS  
(Sumber : Rubiyati & Setiawan, 2018 )

**a. Kelebihan Spektrofotometri Uv-Vis**

1. Analisis Kuantitatif: Spektrofotometer UV-Vis digunakan secara luas untuk analisis kuantitatif karena mampu mengukur absorbansi cahaya pada panjang gelombang tertentu. Ini memungkinkan penentuan konsentrasi suatu senyawa dalam larutan dengan tepat dan akurat.
2. Kesensitifan Tinggi: Alat ini memiliki sensitivitas yang tinggi, mampu mendeteksi perubahan absorbansi bahkan pada konsentrasi senyawa yang sangat rendah. Hal ini memungkinkan deteksi dan analisis sampel dengan konsentrasi yang rendah atau trace.
3. Analisis Multi-komponen: Spektrofotometer UV-Vis dapat digunakan untuk analisis simultan terhadap beberapa komponen dalam satu sampel. Ini meningkatkan efisiensi analisis dan memungkinkan penghematan waktu dalam pengujian laboratorium.
4. Rentang Panjang Gelombang yang Luas: Alat ini mampu mengukur absorbansi pada rentang UV (200-400 nm) dan tampak (400-800 nm) dari spektrum elektromagnetik. Rentang yang luas ini memungkinkan penggunaan untuk berbagai jenis senyawa kimia.
5. Kecepatan Analisis: Proses pengukuran absorbansi relatif cepat, memungkinkan analisis yang cepat dan efisien dari banyak sampel



dalam waktu singkat. Ini cocok untuk aplikasi di mana waktu respons yang cepat diperlukan.

6. Biaya Operasional yang Rendah: Meskipun memerlukan investasi awal yang signifikan, biaya operasional dan perawatan spektrofotometer UV-Vis cenderung lebih rendah dibandingkan dengan teknik analisis spektroskopi lainnya seperti spektrometri massa.

**b. Kekurangan spektrofotometri Uv-Vis**

1. Spesifisitas: Spektrofotometer UV-Vis kurang spesifik dalam mengidentifikasi senyawa individual. Hal ini karena banyak senyawa dapat menyerap cahaya pada panjang gelombang yang sama, sehingga interpretasi spektrum sering memerlukan pengetahuan tambahan atau teknik analisis tambahan.
2. Pengaruh Matriks: Konsentrasi matriks atau zat lain dalam larutan dapat memengaruhi hasil absorbansi, terutama dalam sampel kompleks atau dalam kehadiran bahan tambahan yang dapat mengganggu.
3. Batas Deteksi: Spektrofotometer UV-Vis memiliki batas deteksi yang terbatas untuk senyawa dengan konsentrasi rendah, khususnya jika sampelnya memiliki absorbansi alami tinggi atau jika larutan tersebut sangat encer.
4. Pemilihan Solvent: Beberapa senyawa tidak larut dalam pelarut yang sesuai untuk spektrofotometer UV-Vis, membatasi aplikasi teknik ini untuk senyawa tertentu.
5. Rentang Panjang Gelombang: Meskipun spektrofotometer UV-Vis memiliki rentang panjang gelombang yang luas, tidak semua jenis senyawa dapat diukur dengan teknik ini. Contohnya, senyawa yang menyerap di luar rentang UV-Vis akan memerlukan metode analisis spektroskopi yang berbeda.
6. Pemeliharaan dan Kalibrasi: Seperti alat laboratorium lainnya, spektrofotometer UV-Vis memerlukan pemeliharaan dan kalibrasi yang teratur untuk menjaga kinerja dan akurasi. Ini termasuk mengganti lampu, membersihkan optik, dan memeriksa kalibrasi instrumen.

7. Biaya Awal: Meskipun biaya operasionalnya relatif rendah, biaya awal untuk membeli dan menginstal spektrofotometer UV-Vis bisa mahal, terutama untuk unit dengan fitur-fitur tambahan atau untuk aplikasi khusus (Alfiyani & Reni, 2017).