

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### 2.1. Umbi Gadung



**Gambar 2.1 Umbi Gadung**

Taksonomi umbi gadung :

Kingdom	: <i>Plantae</i>
Subkingdom	: <i>Tracheobionta</i>
Superdivision	: <i>Spermatophyta</i>
Devisi	: <i>Magnoliophyta</i>
Class	: <i>Liliopsida</i>
Sub class	: <i>Lilidae</i>
Ordo	: <i>Liliales</i>
Family	: <i>Dioscoreae</i>
Genus	: <i>Dioscorea</i> L
Spesies	: <i>Dioscorea hispida</i> Dennst (Purnama, 2020)

Gadung atau *Dioscorea hispida* adalah umbi-umbian yang asalnya tumbuh di hutan. Selain itu, umbi gadung juga tumbuh di semak-semak. Di hutan, gadung tumbuh di bawah tegakan hutan serta merambat di batang pohon atau tumbuhan berkayu yang ada pada hutan. Panjang tumbuhan gadung ini bisa mencapai 5-10 m dan melilit ke atas, batang pohon gadung berukuran kecil serta berduri. Hal ini

yang mengakibatkan gadung sering menjadi tanaman yang ditanam oleh warga pinggiran hutan di hutan homogen seperti hutan jati atau mahoni. Adanya tumbuhan gadung pada pohon tadi berperan pula melindungi batang kayu yang bernilai ekonomis tinggi tersebut dari pencurian. Umbi gadung memiliki kulit kasar dan berbulu dengan ukuran umbi bervariasi dan beratnya bisa mencapai tiga kilo gram. Kulit umbi gadung berwarna coklat muda, sedangkan daging umbinya berwarna putih kekuningan atau kuning (Estiasih et al., 2017).

Umumnya gadung tidak tahan pada suhu yang sangat tinggi, suhu yang dibutuhkan gadung untuk tumbuh adalah 20-30°C. Jika suhu lebih dari 30°C gadung akan merana, ditambah dengan keadaan udara kering. Meskipun umumnya gadung tahan terhadap kekeringan, namun selama masa pertumbuhan tumbuhan ini membutuhkan kelembapan yang cukup dan ada kolerasi positif antara curah hujan, pertumbuhan merambat dan hasil umbinya. Kelembapan yang cukup ada umur 12 - 14 minggu perlu diperhatikan agar mendapatkan hasil yang optimal. Daerah penghasil utama gadung biasanya memiliki curah hujan 1150 mm/th dan memiliki musim kemarau selama 2-5 bulan. Pada daerah yang memiliki curah hujan dibawah 1000 mm/th akan menghasilkan umbi gadung yang sedikit dan tidak menghasilkan biji (Estiasih et al., 2017).

Biasanya gadung dibudidayakan di dataran rendah dan sedang yakni kurang dari 900 m dpl dan hutan tropis. Sedangkan kondisi tanah yang dikehendaki ialah tanah dengan drainase baik, dalam, remah, struktur liat berpasir dan tidak tahan terhadap penggenangan (water logging). Umbi yang dihasilkan menjadi cacat atau rusak seperti gada (mengeras) jika ditanam pada tanah berat atau mengandung liat yang banyak. Sedangkan pada tanah gersang, akar tidak mampu mendapatkan zat-zat makanan serta air untuk tumbuh secara normal (Estiasih et al., 2017).

Gadung dapat menghasilkan panen berupa umbi sebanyak 19,7 ton/ha. Dengan pengusahaan yang lebih intensif, tanaman ini memungkinkan untuk menghasilkan lebih banyak umbi, khususnya di Indonesia. Karena gadung berkembang dengan baik pada iklim tropis (Estiasih et al., 2017).

Meskipun beracun, gadung dapat dimanfaatkan sebagai bahan makanan pokok setelah mengalami pengolahan seperti memotong umbinya dan dicuci dengan air mengalir selama 3-4 hari. Selain sebagai makanan pokok, umbi gadung dapat diolah menjadi makanan kecil seperti kerupuk yang diperjual belikan di Desa Pelem, Campurdarat, Kab. Tulungagung. Umbi gadung dimanfaatkan sebagai bahan pangan pada saat musim paceklik oleh masyarakat di beberapa daerah Indonesia bagian Timur. Kandungan gizi umbi gadung dapat di lihat pada table di bawah ini (Estiasih et al., 2017).

Tabel 2.1. Kandungan Gizi dalam 100 g Umbi Gadung Mentah

<b>Zat Gizi</b>	<b>Satuan</b>	<b>Nilai Gizi</b>
Energi	Kkal	100
Protein	g	0.9
Lemak	g	0.3
Karbohidrat	g	23.5
Serat	g	2.1
Abu	g	0.9
Kalsium	mg	79
Fosfor	mg	66
Besi	mg	0.9
Karoten total	mg	-
Vitamin A	SI	-
Vitamin B1	mg	0.23
Vitamin C	mg	1.9
Air	g	74.4
Bdd	%	85

Selain digunakan sebagai makanan, umbi gadung juga dapat digunakan untuk berburu, yaitu sebagai umpan beracun untuk binatang buruan atau mengambil racunnya untuk dioleskan pada anak panah. Kegunaan lain dalam pertanian adalah sebagai insektisida. Getah gadung dapat digunakan dalam proses pembuatan tali rami dan pemutih pakaian. Bunga gadung kuning yang harum

memiliki potensi sebagai bahan baku pembuatan parfum atau kosmetik. Orang Bali biasanya menggunakan bunga gadung untuk mengharumkan baju, rambut dan kepal (Estiasih et al., 2017).

Umbi gadung memiliki kandungan sapogenin steroid yang berhubungan dengan hormone sex dan coretcosteroid. Zat tersebut dimanfaatkan sebagai sumber diosgenin yang memiliki manfaat untuk pembuatan hormone sex, kontrasepsi oral dan kesehatan kelenjar hormone. Tanaman gadung biasanya digunakan sebagai antiseptic oles, sedangkan air rebusannya bermanfaat sebagai obat rematik kronis. Di daerah pantai Kalimantan Barat gadung dimanfaatkan sebagai obat kusta (lepra), terutama pada masa permulaannya. Selain itu, kombinasi gadung parut atau cincang dengan seduhan gadung cina (*Smilax cina*) dapat mengobati borok sifilis. Khasiat lainnya adalah ekstrak gadung dapat mengobati kencing manis (Estiasih et al., 2017).

#### 2.1.1. Budidaya

##### 2.1.1.1. Bibit dan Waktu Tanam

Gadung diperbanyak menggunakan biji atau umbinya meskipun memungkinkan perbanyak dengan stek. Tetapi panen yang dihasilkan kurang memuaskan dibanding dengan menggunakan umbi. Perbanyak dengan biji juga jarang diterapkan (Estiasih et al., 2017).

##### 2.1.1.2. Pengolahan Tanah Produksi Tanaman

Tanaman gadung tumbuh pada tanah dengan drainase yang baik serta subur, tekstur tanah ringan dan memiliki kandungan bahan organik yang tinggi. Sebanyak 3-4 buah umbi ditanam di lubang pada guludan-guludan. Penanaman dilakukan di awal atau akhir musim hujan, tergantung pada jangka waktu pertumbuhan menuju kematangan dan kultivar. Jarak tanam yang digunakan yakni guludan berjumlah 30-36 tiap kompleks, sedangkan jarak antara tanaman ialah 37,5-50 cm, tergantung besar *habitus* tanamannya. Selanjutnya tanaman muda ditutupi menggunakan rumput kering saat penanaman berlangsung. Disarankan tanaman

muda diikat pada bambu yang dipasang saat penanaman (Estiasih et al., 2017).

#### 2.1.1.3. Pemeliharaan

Beberapa hari sebelum penanaman, area pertanaman dipupuk menggunakan pupuk NK. Hama yang sering mengganggu tanaman gadung adalah *yam beetle* (*Heterogilus caludius*) dan *yam shoot beetle* (*Criocerts livisa*). Kedua hama tersebut saat larva memakan jaringan umbi, daun muda dan tajuk. Hama pertama ditanggulangi dengan melakukan penanaman lambat (late planting) dan rotasi tanaman. Hama kedua ditanggulangi dengan pemusnahan tanaman yang terinfeksi atau eradikasi dan rotasi tanaman. Sedangkan penyakit yang menyerang tanaman gadung adalah mosaic virus. Virus tersebut menyebabkan penyakit *yellow guinea yam*, *white yam*, *water yam* dan *Chinese yam*. Gejala yang ditimbulkan yakni terhambatnya pertumbuhan atau tanaman menjadi kerdil. Cara yang dianjurkan untuk mencegah serangan penyakit tersebut ialah memilih umbi yang sehat, pemusnahan tanaman liat dan tanaman yang terinfeksi (Estiasih et al., 2017).

Umbi gadung dapat di panen setelah berumur 12 bulan. Pemanenan dilakukan setelah adanya penguningan daun yang terjadi pada sebagian besar tanaman. Panen terdiri dari panen pertama (*first harvest*) dan panen kedua (*second harvest*). Panen pertama dilakukan kira-kira 4-5 bulan setelah tanam, yakni saat pertengahan bulan. Pemanenan dilakukan dengan menggali tanah disekeliling tanaman kemudian umbi diangkat agar tidak merusak sistem perakaran. Kemudian potong umbi di bagian bawah dimana kepala umbi terhubung. Selanjutnya tanam kembali tanaman tersebut agar tanaman dapat membentuk lebih banyak umbi di sekitar luka lagi setelah panen pertama (re-tuberisasi). Ketika tanaman akhirnya menua pada musimnya, panen kedua dilakukan. Saat ini tidak ada perlakuan khusus untuk memelihara

sistem akar. Gadung biasanya dipanen dengan metode pertama atau dengan cara tunggal (Estiasih et al., 2017).

### 2.1.2. Penyimpanan

Setelah dipanen, umbi gadung yang tidak diproses lebih lanjut harus disimpan dalam keadaan segar. Untuk membantu meningkatkan cirkulasi dan pengobatan luka pada kulit umbi, sebelum disimpan umbi dipanaskan terlebih dahulu dalam suhu 29-32°C dengan kelembapan relative. Agar penyimpanan berlangsung efektif, terdapat 3 faktor yang perlu diperhatikan, yakni :

a. Aerasi dijaga dengan baik

Aerasi diperlukan untuk mengurangi serangan mikroorganisme dengan menjaga kelembapan kulit umbi. Selain itu aerasi dilakukan agar umbi bisa bernafas dan menghilangkan panas akibat respirasi.

b. Suhu dijaga antara 12-15°C

Umbi akan mengalami kerusakan dan berubah warna menjadi abu - abu jika disimpan pada suhu rendah. Sedangkan penyimpanan pada suhu tinggi menyebabkan umbi kehilangan banyak berat keringnya.

c. Pengawasan dilakukan secara teratur

Sebelum menginfeksi umbi lain, umbi yang rusak segera dikeluarkan dari penyimpanan dan mengawasi serangan serangga atau tikus (Estiasih et al., 2017).

### 2.1.3. Hasil Olahan

Umbi gadung yang telah dipanen biasanya dipasarkan dalam bentuk segar. Umbi gadung jarang diolah menjadi olahan lanjut. Salah satu olahan umbi gadung yang digemari masyarakat ialah keripik umbi gadung. Cara pembuatan keripik gadung yakni mengupas kulit umbi menggunakan pisau kemudian dicuci hingga bersih. Selanjutnya gadung dipotong tipis – tipis dan di rendam dalam bumbu sesuai selera. Setelah itu, digoreng menggunakan minyak. Keripik umbi gadung siap dikemas dan dikonsumsi atau dijual (Estiasih et al., 2017).

## 2.2. Sianida

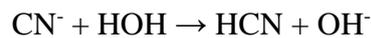
Sianida ialah kelompok senyawa yang mengandung gugus siano ( $-\text{C}\equiv\text{N}$ ) yang terdapat dalam bentuk yang berbeda.



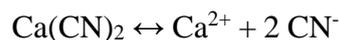
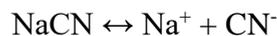
**Gambar 2.2 Struktur Kimia Asam Sianida**

### 2.2.1. Klasifikasi Sianida

Di alam, sianida diklasifikasikan sebagai sianida sederhana, sianida bebas, kompleks sianida dan senyawa turunan sianida. Sianida bebas ialah penentu ketoksikan senyawa sianida yang dapat didefinisikan menjadi bentuk molekul (HCN) serta ion ( $\text{CN}^-$ ) dari sianida yang dibebaskan melalui proses pelarutan dan disosiasi senyawa sianida. Kedua spesies ini berada pada kesetimbangan satu sama lain yang bergantung pada pH sehingga konsentrasi HCN dan  $\text{CN}^-$  dipengaruhi oleh pH. Pada pH dibawah 7, keseluruhan sianida berbentuk HCN sedangkan di pH diatas 10,5, keseluruhan sianida berbentuk  $\text{CN}^-$ . Reaksi antara ion sianida dan air ialah :



Sianida sederhana bisa didefinisikan menjadi garam-garam anorganik sebagai hasil persenyawaan sianida dengan kalium, natrium, kalsium serta magnesium. Sianida sederhana bisa pula didefinisikan menjadi garam asal HCN yang terlarut dalam larutan membentuk kation alkali bebas dan anion sianida.



Bentuk sianida sederhana umumnya dipergunakan pada leaching emas. Sianida sederhana bisa larut pada air serta terionisasi secara cepat dan sempurna membentuk sianida bebas dan ion logam. Kompleks sianida termasuk kompleks menggunakan logam tembaga, cadmium, perak, nikel dan seng (Pitoy, 2015).

Kompleks sianida ketika terlarut membentuk HCN dalam jumlah yang sedikit atau bahkan tidak sama sekali tergantung pada stabilitas kompleks tersebut. Kestabilan kompleks sianida bervariasi serta bergantung pada logam pusat. Kompleks lemah seperti kompleks dengan sianida menggunakan seng dan cadmium mudah terurai menjadi sianida bebas. Kompleks sedang lebih sulit terurai dibanding kompleks lemah serta mencakup kompleks sianida dengan nikel, tembaga dan perak. Sedangkan kompleks kuat seperti kompleks sianida menggunakan besi, emas dan kobalt cenderung sukar terurai membentuk sianida bebas. Yang termasuk senyawa turunan sianida adalah  $\text{SCN}^-$  (tiosianat),  $\text{CNO}^-$  dan  $\text{NH}_3$  (ammonia) yang umumnya dihasilkan dari sianidasi, degradasi alami dan pengolahan limbah mengandung sianida (Pitoy, 2015).

#### 2.2.2. Toksisitas Sianida

Tingkat ketoksikan sianida dipengaruhi jenis, konsentrasi serta pengaruhnya terhadap organisme hidup. Ketoksikan sianida biasanya berhubungan dengan pembentukan kompleks menggunakan logam yang berperan menjadi kofaktor enzim. Sebagai contoh, sianida berikatan dengan enzim yang mengandung logam yang berperan pada respirasi sehingga proses respirasi terganggu. Enzim Fe (III) sitokrom- oksidase merupakan salah satu contoh enzim dalam proses respirasi yang dihambat oleh sianida (Pitoy, 2015).

Sianida pada bentuk hidrogen sianida (HCN) bisa mengakibatkan kematian yg sangat cepat bila dihirup pada konsentrasi tertentu. Konsentrasi HCN yang fatal bagi manusia bila dihirup selama 10 menit ialah 546 ppm. Beberapa gangguan di sistem pernapasan, jantung, sistem pencernaan dan sistem sirkulasi darah berhubungan dengan paparan terhadap sianida pada manusia pada konsentrasi tertentu telah terdeteksi (Pitoy, 2015).

Selain itu, sistem saraf juga menjadi target utama sianida. Paparan HCN secara lama pada konsentrasi tinggi bisa menstimulasi sistem saraf pusat yang kemudian diikuti oleh depresi, kejang-kejang, lumpuh

serta kematian. HCN bisa terserap cepat ke dalam tubuh serta terbawa sampai ke dalam plasma (Pitoy, 2015).

Garam sianida dan larutan sianida mempunyai taraf ketoksikan yang lebih rendah dibandingkan HCN sebab masuk ke tubuh hanya melalui mulut. Tetapi demikian, ketoksikannya bisa disebut sebanding dengan HCN sebab mudah membentuk HCN (Pitoy, 2015).

Kompleks sianida kurang toksik jika dibandingkan menggunakan sianida bebas. Sianida sederhana secara cepat bisa membebaskan sianida bebas serta menjadi sangat toksik, sedangkan kompleks sianida yang stabil tidak bersifat toksik selama tidak terurai menjadi sianida bebas. Ketoksikan kompleks sianida bervariasi tergantung kemampuannya untuk membebaskan sianida bebas. Kompleks sianida yang kuat mirip kompleks sianida menggunakan besi bisa dikatakan tidak toksik, namun dengan kehadiran radiasi ultraviolet bisa terurai membentuk sianida bebas yang toksik (Pitoy, 2015).

### 2.2.3. Gejala Klinis Keracunan Sianida

Efek utama keracunan sianida adalah timbul hipoksia jaringan secara progresif. Tanda dan gejala fisik sangat bergantung pada: (1) dosis sianida; (2) jumlah paparan; (3) jenis paparan; dan (4) jenis komponen sianida.

Sianida menimbulkan banyak gejala pada tubuh, termasuk padasaraf pusat, jantung, tekanan darah, penglihatan, paru, sistem otonom, sistem endokrin dan sistem metabolisme. Umumnya penderita akan mengeluh kesulitan bernafas karena sianida mengiritasi mukosa saluran pernafasan dan timbul rasa pedih dimata karena iritasi. Apabila terpapar dalam konsentrasi tinggi gas sianida sangat berbahaya. Tubuh akan merespon dengan *hyperpnea* dalam waktu 15 detik, setelah itu seseorang akan kehilangan kesadarannya. Setelah 3 menit akan mengalami apnea yang dalam jangka waktu 5-8 menit, karena hipoksia aktifitas otot jantung terhambat dan berakhir dengan kematian. Efek sianida baru muncul sekitar 15-30 menit dalam konsentrasi rendah ,

sehingga masih bisa diselamatkan dengan pemberian antidotum (Chairani, 2013).

Tanda-tanda awal keracunan sianida adalah: (1) Hipernea sementara; (2) Sakit kepala; (3) Dispnea; (4) Mengalami kecemasan; (5) Perilaku berubah seperti agitasi dan gelisah; (6) Banyak berkeringat, kulit kemerahan, tubuh lemah dan juga bisa muncul vertigo.

Tanda terakhir ciri-ciri adanya penekanan terhadap CNS adalah koma dan dilatasi pupil, aritmia, tremor, kejang-kejang, koma penghambatan pada pusat pernafasan, gagal bernafas hingga henti jantung, namun gejala ini tidak spesifik bagi seseorang yang keracunan sianida sehingga mempersulit penyelidikan bila penderita tidak memiliki riwayat terpapar sianida (Chairani, 2013).

Karena efek racun sianida adalah menghalangi pengambilan dan penggunaan oksigen, maka diperoleh kadar oksigen dalam jaringan rendah. Warna arteri dan vena retina yang terlihat pada pemeriksaan funduskopi adalah merah terang karena penghantaran oksigen untuk jaringan rendah. Kulit akan berwarna seperti "*cherry-red*" karena ada peningkatan kadar oksigen pada pembuluh darah vena, tetapi ciri ini tidak selalu ada (Chairani, 2013).

#### 2.2.4. Degradasi Sianida

Berikut adalah mekanisme degradasi alami sianida:

##### 1. Kompleksasi

28 logam bisa membuat 72 kemungkinan kompleks dengan sianida. Kompleks sianida umumnya merupakan zat antara dalam pembentukan senyawa yang lebih stabil yang mengeluarkan sianida bebas dari lingkungan namun kompleks ini bisa juga terdisosiasi serta balik membentuk sianida bebas.

##### 2. Pengendapan kompleks sianida.

Ion-ion tertentu seperti besi, mangan, nikel, tembaga, timbal, seng, timah, kadmium, serta perak dapat bereaksi menggunakan kompleks

sianida mirip  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  (ferosianida) serta  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$  (ferisianida) menghasilkan garam yang sukar larut (mengendap).

3. Adsorpsi.

Adsorpsi ialah salah satu prosedur atenuasi yang bisa mengurangi konsentrasi senyawa dari larutan yang ada dalam tanah. Dengan kapasitas penukar anion yang tinggi tanah dapat mengadsorpsi sianida.

4. Oksidasi menjadi sianat (CNO).

HCN bisa dioksidasi menjadi CNO yang kurang toksik jika dibandingkan dengan HCN.

5. Volatilisasi.

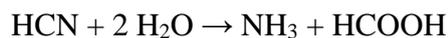
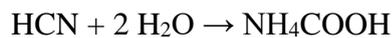
Sianida dari larutan dapat lepas sebagai HCN yang merupakan gas yang tidak berwarna. Gas HCN dapat terjadi karena hidrolisis  $\text{CN}^-$ .

6. Pembentukan SCN.

Sianida bisa bereaksi dengan belerang menghasilkan tiosianat. Proses ini banyak terjadi di saat leaching bijih emas yang banyak mengandung mineral sulfida.

7. Hidrolisis.

Hidrolisis bisa mengelurkan HCN menjadi  $\text{NH}_4\text{COOH}$  (ammonium format) atau  $\text{HCOOH}$  (asam format) menurut reaksi:



Degradasi sianida secara alami bisa terjadi namun berlangsung lambat melalui proses termasuk volatilisasi, oksidasi, dekomposisi cahaya dan biodegradasi. Sianida dalam konsentrasi yang kecil bisa didegradasi oleh mikroba tertentu sebagai gas nitrogen. Contoh mikroba yang bisa mendegradasi sianida ialah *Pseudomonas fluorescens* NCIMB 11764 yang bisa menghidrolisis sianida menghasilkan asam format serta ammonium. Contoh lain ialah *pseudomonas pseudoalcaligenes* CECT5344 yang bisa mendegradasi sianida dengan membentuk amonium yang selanjutnya terinkorporasi dengan asam amino (Pitoy, 2015).

Selain itu, sianida dapat terdegradasi melalui beberapa perlakuan sebagai berikut :

1. Perendaman dengan air

Air akan menguraikan atau merombak HCN dari ikatan glikosida sianogenik sehingga HCN larut dan terbawa oleh air. Saat perendaman menggunakan air juga terjadi proses difusi dan osmosis. Pada saat perendaman difusi terjadi karena zat sisa yang ada pada buah larut dan ditandai dengan air berubah warna atau berbuih (Erinda, 2021).

2. Perendaman dengan NaCl

Dengan tingkat osmotik yang tinggi, NaCl dapat menekan keluar kadar HCN pada bahan (Arianto et al., 2014).

3. Perendaman dengan larutan kapur

Di dalam air, larutan kapur ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) akan terurai menjadi ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{OH}^-$  yang bersifat seperti magnet. Larutan kapur merupakan basa kuat yang dapat menurunkan pH mengakibatkan bahan kekurangan air dan terjadi plasmolysis pada membrane sel bahan. Asam sianida yang terurai menjadi  $\text{H}^+$  dan  $\text{CN}^-$  berikatan dengan kapur membentuk  $\text{Ca(CN)}_2$  dan menyebabkan asam sianida pada bahan berkurang (Sihny et al., 2020).

4. Pemanasan

Pemanasan dapat menonaktifkan enzim  $\beta$ -glukoside yang mana enzim tersebut mengkatalisis pembentukan HCN dari glikosida sianogenik yakni prekursornya sehingga asam sianida tidak dapat terbentuk lagi (Paramitha dan Wulan, 2017).

5. Abu sekam

Karbon pada abu sekam akan menarik keluar sianida pada bahan dan berpindah ke pori-pori karbon selanjutnya diserap masuk

ke dalam dinding karbon sehingga kandungan sianida pada bahan berkurang (Paramitha dan Wulan, 2017).

#### 2.2.5. Analisis Sianida

Ada banyak sekali metode yang dikenal pada analisis sianida yang khusus menganalisis kelompok sianida tertentu. US EPA (United States of Environmental Protection Agency) serta ASTM (American Standard and Testing Materials) telah memutuskan metode-metode standard pada analisis sianida.

a. Metode pengukuran CN total menggunakan destilasi.

Sampel mengandung sianida ditambahkan asam kuat ( $\text{pH} < 2$ ) selanjutnya dilakukan destilasi reflux selama 1 jam sehingga sianida lepas menjadi HCN yang ditampung pada larutan NaOH. Sianida yang tertampung kemudian diukur menggunakan kolorimetri, titimetri atau elektroda ion selektif.

b. Metode pengukuran Amenable CN.

Metode ini umum dipergunakan disaat metode analisis CN WAD belum dikenal. Metode ini menggunakan pengukuran CNtotal sebelum dan setelah klorinasi.

c. Metode pengukuran CN WAD dengan destilasi.

Metode ini melibatkan destilasi reflux selama satu jam untuk menguapkan sianida dari sampel yang sudah diatur pH-nya menggunakan larutan penyangga menjadi pH 3. Hasil HCN yang teruapkan diukur dengan kolorimetri, titimetri atau menggunakan elektroda ion khusus.

d. Metode penentuan CN WAD dengan asam pikrat.

Metode ini melibatkan pembentukan senyawa berwarna menggunakan asam pikrat dengan kehadiran nikel yang diikuti dengan pemanasan menggunakan water bath selama 20 menit sebelum selanjutnya diukur menggunakan spektrofotometer vis.

e. Metode penentuan CN free dengan perak nitrat.

Metode ini melibatkan titrasi sampel dengan larutan perak nitrat standard dengan memakai indikator dimetilaminobenzal-rodamine.

- f. Metode penentuan CN free dengan elektroda ion selektif.

Metode ini melibatkan pengukuran langsung sampel memakai voltameter yang selanjutnya dibandingkan dengan elektroda referensi.

- g. Metode ion kromatografi.

- h. Metode penentuan sianida reaktif menggunakan USEPA test.

Metode ini melibatkan penempatan sampel dalam massa yang sedikit kedalam asam sulfat serta melewatkan nitrogen secara terus menerus dalam sampel selama 30 menit. Kemudian HCN dikumpulkan dari gas nitrogen pada dalam wadah berisi NaOH lalu diukur.

Selain metode yang dijelaskan diatas, terdapat pula beberapa metode menggunakan instrument untuk menganalisis sianida. Misalnya analisis sianida berdasarkan pembentukan warna dengan asam pikrat, fenolftalin, reagen klorin-o-tolidin dan asam barbiturate-piridin menggunakan spektrofotometer, analisis sianida dengan memakai ion kromatografi menggunakan detector elektronik kimia dan analisis sianida menggunakan mengukur radioaktivitas asal isotop sianida eksklusif (Pitoy, 2015).

### **2.3. Titrasi Pembentukan Kompleks**

Titration kompleksometri merupakan suatu cara titrasi berdasarkan pembentukan kompleks antara ion logam bervalensi banyak dengan suatu ligand yang larut pada air. Ligand adalah senyawa yang memiliki 2 pasangan electron bebas. Ion logam yang bereaksi ialah ion logam dimana subskala d belum terisi penuh. Reaksi pembentukan kompleks merupakan suatu reaksi asam basa lewis (Lubis, 2018).

Metode yang juga dinyatakan sebagai memungkinkan penentuan analisis pengukuran untuk sejumlah kation bervalensi banyak dalam larutan air. Metode ini atas pembentukan kompleks antara logam bervalensi banyak serta

pembentuk khelat organik yang larut dalam air serta simpel tidak terdiosiasi. Pembentukan khelat ialah anion organik yang pada jarak tertentu memiliki beberapa gugus menggunakan fungsi dasar elektron atau senyawa organik menggunakan 2 atau lebih gugus donor elektron di jarak tertentu. Setiap molekul akan membuat satu atau lebih cincin dengan ion logam bervalensi 2 atau lebih. Kompleks yang terjadi dengan cara ini disebut khelat sebab berbentuk mirip gunting (Lubis, 2018).

Reaksi pengkompleksan menggunakan suatu ion logam, melibatkan penggantian satu molekul pelarut atau lebih yang terkoordinasi, menggunakan gugus-gugus nukleofilik lain. Gugus-gugus yang terikat di ion pusat disebut ligan. Ligan dapat dengan baik diklasifikasikan atas dasar banyaknya titik lekat kepada ion logam. Begitulah, ion-ion sederhana, seperti ion-ion halida atau molekul-molekul  $H_2O$  atau  $NH_3$ , ialah monodentat, yaitu ligan itu terikat di ion logam hanya pada satu titik oleh penyumbangan satu pasangan electron menyendiri pada logam (Lubis, 2018).

Ligan multidentat mengandung lebih dari dua atom-koordinasi permolekul, contohnya asam 1,2-diaminoetanetetraasetat (asam EDTA) yang memiliki dua atom nitrogen-penyumbang dan 2 atom oksigen penyumbang pada molekul, dapat merupakan heksadentat (Lubis, 2018).

Titration kompleksometri yang memakai dinatrium edetat memerlukan pH basa dan suatu penyangga untuk memastikan bahwa proton yang dibebaskan tidak menurunkan pH. Penyangga yang bisa dipergunakan ialah larutan amonia yang menyangga sampai pH kurang lebih 10. Dinatrium edetat ialah senyawa yang stabil dan terlarutkan air, yang memberikan titik akhir yang tajam dan yang terbaik berasal semuanya, bereaksi dengan sebagian besar ion logam pada perbandingan 1 : 1 dengan mengabaikan valensi ionnya. dengan cara ini, ion-ion logam seperti  $Zn^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ , dan  $Al^{3+}$  dapat ditentukan kadarnya pada pada sampel-sampel farmaseutikal (Lubis, 2018).

Indikator logam digunakan sebagai penentu titik akhir titrasi. Indikator logam merupakan suatu zat yang dapat membentuk suatu kompleks dengan ion logam tertentu yang warna kompleksnya berbeda dari indikator logam dalam keadaan bebas. Syarat indikator logam antara lain : (1) warna yang

terjadi spesifik, selektif dan tajam dimana perbedaan warna indikator dalam keadaan bebas dan terikat dengan ion logam bebas; (2) indikator sensitive terhadap ion logam; (3) indikator memiliki banyak electron bebas (Lubis, 2018).