

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Singkong**

Indonesia adalah negara dengan sumber daya alam yang cukup melimpah berkat iklim tropisnya yang mendukung keanekaragaman hayati. Kondisi ini memungkinkan tumbuhnya berbagai tanaman yang banyak dimanfaatkan oleh manusia, salah satu tanaman tersebut ialah singkong.

Tanaman singkong memiliki klasifikasi sebagai berikut (Wahyudi et al., 2023).

|           |                                    |
|-----------|------------------------------------|
| Kingdom   | : Plantae                          |
| Divisi    | : Spermatophyta                    |
| Subdivisi | : Angiospermae                     |
| Kelas     | : Dicotyledoneae                   |
| Ordo      | : Euphorbiales                     |
| Famili    | : Euphorbiaceae                    |
| Genus     | : Manihot                          |
| Spesies   | : <i>Manihot esculenta</i> Crantz. |



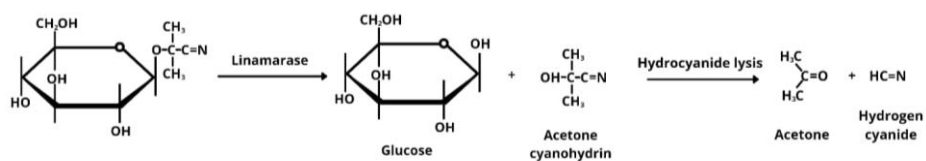
**Gambar 1.** Singkong

Singkong atau dikenal juga dengan ubi kayu (*Manihot esculenta*) adalah salah satu tanaman umbi-umbian yang banyak dibudidayakan oleh masyarakat khususnya di Indonesia. Tanaman ini memiliki batang berdiameter sedang antara 12-25 mm, dengan permukaan beralur berwarna hijau kekuningan dan tidak

bercabang. Daunnya tersusun spiral dengan pola 2/5, dan ruas antar tangkai pendek sekitar 3-5 cm. Panjang tangkai daun bisa mencapai 16-20 cm, berwarna hijau kekuningan dari pangkal hingga ujung di kedua permukaannya. Pada pangkal tangkai daun, terdapat braktea berbentuk segitiga dengan ujung meruncing, berwarna hijau dari pangkal hingga ujung, dan berjumlah dua helai yang berhadapan di sisi kanan dan kiri

Daun muda pada singkong berwarna hijau muda, sementara daun yang telah dewasa tampak hijau tua. Setiap cuping daun berbentuk lebar dengan panjang dan lebar kurang dari 5 cm dan terdiri dari 5 hingga 7 helai berbentuk lanset yang ujungnya meruncing. Pertulangan daun tampak berwarna kuning, baik di permukaan atas maupun bawah, mencakup bagian pangkal, tengah, dan ujung daun. Tanaman ini mulai berbunga setelah sekitar 9 bulan masa tanam. Korteksnya berukuran sedang (2-3 mm) dan berwarna krem yang berbentuk silindris. Sedangkan kulit luarnya berwarna coklat tua, dan dagingnya putih, tidak pahit, serta mudah dikupas. (Ummah, 2019).

Singkong, atau yang sering disebut ubi kayu, dikenal sebagai penghasil pati dengan kadar yang hampir mendekati murni. Daunnya sendiri memiliki kandungan protein sekitar 17%, menjadikannya sumber protein yang bermanfaat, khususnya untuk kebutuhan diet. Namun, selain karbohidrat dan protein, baik umbi maupun daun singkong juga mengandung senyawa beracun yang disebut sianida (Muawanah et al., 2020). Singkong (*Manihot esculenta*) mengandung senyawa beracun berupa sianida yang berasal dari senyawa glikosida sianogenik terutama linamarin dan lotaustralin. Enzim linamarase memecah linamarin menjadi glukosa, aseton sianohidrin, dan hidrogen sianida (HCN), yang merupakan bentuk sianida bebas dan sangat beracun (Ndubuisi & Chidiebere, 2018).



**Gambar 2.** Hidrolisis linamarin untuk menghasilkan sianida

## 2.2 Sianida

Sianida termasuk dalam kelompok senyawa dengan gugus siano ( $C\equiv N$ ) yang terkandung di dalamnya dan dapat terbentuk secara alami dalam berbagai bentuk, seperti sianida bebas, sederhana, maupun kompleks. Sianida bebas yang mencakup ion sianida ( $CN^-$ ) dan hidrogen sianida (HCN) sangat toksik karena mudah larut dan terurai. Pada kondisi pH di bawah 7, hampir semua sianida bebas ada dalam bentuk HCN, yang bersifat sangat beracun. Senyawa ini dapat menghambat enzim respirasi sel, sehingga menimbulkan gangguan pernapasan dan dapat berakibat fatal jika diserap oleh sistem pencernaan sehingga masuk ke aliran darah (Muawanah et al., 2020).

Kandungan sianida dalam singkong sangat bervariasi tergantung pada jenis varietas, usia tanaman, kondisi tanah, dan metode pengolahan. Varietas singkong dibedakan menjadi jenis "pahit" dan "manis" berdasarkan kadar sianidanya; singkong pahit biasanya mengandung HCN dalam jumlah lebih tinggi, hingga mencapai 400 mg/kg, sedangkan singkong manis mengandung sekitar 15-50 mg/kg (Ndubuisi & Chidiebere, 2018). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Lumbantobing et al., 2020), ada beberapa faktor yang menyebabkan kadar sianida dalam singkong semakin meningkat. Diantaranya ialah dengan pengupasan kulit singkong. Disebutkan bahwa singkong yang telah dikupas memiliki kadar asam sianida lebih tinggi dibandingkan dengan singkong yang dibiarkan dengan kulitnya, meskipun disimpan dalam jangka waktu yang sama. Selain itu, lamanya waktu penyimpanan juga mempengaruhi kadar asam sianida (HCN) dalam singkong, semakin lama penyimpanan maka kadar HCN di dalamnya akan semakin meningkat.

## 2.3 Air Kelapa

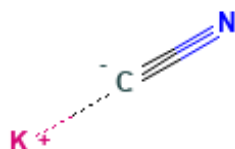
Buah kelapa memiliki dua lapisan, yaitu lapisan luar yang dikenal sebagai endokarp dan lapisan dalam yang disebut endosperma. Endosperma ini memiliki dua bagian utama, yaitu daging kelapa (*white kernel*) serta cairan bening yang dikenal sebagai air kelapa. Volume air kelapa akan mencapai puncaknya pada usia 6-8 bulan, akan tetapi seiring penuaan buah, air ini akan berkurang secara bertahap dan digantikan oleh kernel yang mengeras dan menebal. Ketika

ketebalan kernel mencapai maksimum pada usia 12-13 bulan, volume air kelapa hanya menyisakan sekitar 15% dari total berat buah kelapa (Ibrahim, 2020).

Air kelapa merupakan cairan yang mengandung beragam senyawa, diantara senyawa yang diketahui terkandung dalam air kelapa ialah seperti karbohidrat, lemak, protein, vitamin, serta mineral. Kandungan senyawa tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya varietas, derajat maturitas (umur), dan faktor iklim (Ibrahim, 2020).

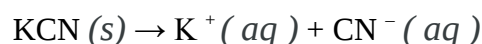
Mineral menjadi senyawa utama yang terdapat dalam air kelapa. Diketahui mineral yang terkandung dalam air kelapa ialah kalium ( $K^+$ ) dan natrium ( $Na^+$ ). Berdasarkan penelitian (Alva, 2022) didapatkan kandungan mineral tertinggi pada air kelapa ialah kalium, di mana ion kalium tercatat sebesar  $321,60 \pm 0,77$  mg/100 mL, sementara ion natrium sebesar  $33,17 \pm 1,85$  mg/100 mL. Pada kelapa dengan varietas hibrida, kandungan ion kalium mencapai  $278,67 \pm 1,53$  mg/100 mL, sedangkan ion natriumnya sebesar  $31,33 \pm 0,83$  mg/100 mL. Penelitian lain oleh (Ibrahim, 2020) menunjukkan bahwa kelapa berumur 6-8 bulan memiliki kandungan kalium tertinggi.

## 2.4 Kalium Sianida



**Gambar 3.** Strukur KCN

Kalium sianida adalah senyawa kimia yang terdiri dari kalium dan sianida, dengan jumlah kation kalium dan anion sianida yang sama. Kalium sianida larut dalam air menghasilkan kation kalium dan anion sianida:



Kalium sianida muncul sebagai gumpalan amorf berwarna putih atau massa kristal dengan sedikit bau almond pahit. Kalium sianida merupakan senyawa yang beracun jika terserap kulit melalui luka terbuka atau jika tertelan. Pemanasan hingga terurai menghasilkan asap beracun. Digunakan untuk ekstraksi emas dan

perak, dalam analisis kimia, untuk membuat bahan kimia lain, dan sebagai insektisida (National Center for Biotechnology Information, 2024).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Sabourin (2016) diketahui dosis KCN sebesar 6 mg/kg mampu memberikan efek toksisitas ringan pada tikus, sedangkan pada dosis 8 mg/kg KCN memberikan efek toksik tetapi tidak mematikan tikus. Kemudian dosis yang mampu menyebabkan kematian pada 50 ekor tikus (LD50) ada pada dosis 10,4 mg/kg untuk tikus remaja dan 11,5 mg/kg untuk tikus dewasa (Sabourin et al., 2016).

Kalium sianida (KCN) adalah zat yang mampu menghambat enzim sitokrom C oksidase di mitokondria, sehingga tubuh tidak dapat menggunakan oksigen untuk menghasilkan energi (ATP) melalui fosforilasi oksidatif. Akibatnya, KCN berdampak terutama pada organ-organ yang membutuhkan banyak energi, seperti otak, jantung, dan paru-paru. Keracunan sianida memiliki dua efek utama: pertama, menyebabkan kekurangan oksigen (hipoksia) yang mempengaruhi organ-organ penting seperti otak, jantung, dan paru-paru; kedua, dapat menyebabkan tekanan darah rendah (hipotensi) dan detak jantung yang lebih lambat (bradikardia), yang tidak hanya dipicu oleh hipoksia. (Sabourin et al., 2016).

## **2.5 Rodentisida**

### **2.5.1 Rodentisida Sintesis**

Rodentisida adalah bahan kimia atau zat yang dapat menghambat pertumbuhan, menghancurkan, atau membunuh hewan pengerat (termasuk kelas mamalia, ordo Rodentia). Rodentisida dirancang untuk mengendalikan hewan pengerat seperti tikus yang sering menyebabkan kerugian pada tanaman, menyebarkan penyakit, atau mengganggu keseimbangan ekosistem.

Rodentisida sintetis secara umum terbagi ke dalam dua kelompok utama, yakni antikoagulan dan non-antikoagulan. Antikoagulan generasi pertama atau disebut juga racun pakan ganda, memberikan efek yang kronis serta memerlukan pemberian pakan ganda selama beberapa hari hingga

seminggu atau lebih untuk menyebabkan kematian. Diantara rodentisida tipe ini ialah warfarin, klorofasinon, dan difasinon. Sedangkan antikoagulan generasi kedua jauh lebih kuat daripada antikoagulan generasi pertama, sehingga efektif dalam mengendalikan tikus dan mencit karena dapat mematikan tikus dalam satu kali pemberian. Diantara rodentisida tipe ini ialah difenacoum, bromadiolone, brodifacoum (Koli et al., 2019).

Sejak awal ditemukan pada tahun 1940-an, rodentisida antikoagulan menjadi bahan yang paling banyak digunakan sebagai pengendali hewan pengerat secara komersial (Koli et al., 2019). Namun, penggunaan bahan kimia memiliki risiko yang tinggi dan kerap memberikan dampak buruk terhadap lingkungan, seperti mencemari udara, air, dan tanah, serta berpotensi membahayakan hewan non-target.

### **2.5.2 Rodentisida Nabati**

Rodentisida nabati merupakan jenis rodentisida bahan alam, seperti tumbuhan dan tanaman yang tersedia di lingkungan sekitar yang dibuat bersama kombinasi bahan alami lainnya untuk digunakan sebagai alternatif dalam mengusir hama. (Zailani, 2015).

Penggunaan rodentisida nabati dipilih karena harganya lebih ekonomis dibandingkan rodentisida kimia dan mampu mengurangi dampak pencemaran lingkungan. Bahan-bahan alami untuk membuat rodentisida ini dapat diolah melalui proses seperti ekstraksi, perendaman, atau pemerasan dari bagian tertentu tumbuhan. Beberapa tumbuhan yang digunakan sebagai rodentisida alami, diantaranya seperti umbi gadung, babadotan dan biji jarak yang dikenal mampu menghasilkan pestisida sehingga mampu mengendalikan hewan rodentia (Viony et al., 2024).

Salah satu rodentisida alami yang mulai banyak digunakan oleh masyarakat ialah singkong. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis singkong sebesar 40 gram sudah cukup untuk menyebabkan kematian 30% mencit. Selanjutnya, pada dosis tertinggi yaitu sebesar 100 g singkong mentah menunjukkan bahwa dosis tersebut dapat mematikan 60% mencit (Viony et al., 2024).

Sedangkan dalam penelitian lain penggunaan singkong sebagai rodentisida dikombinasikan dengan air kelapa untuk meningkatkan efektivitasnya. Seperti pada penelitian (Effendi et al., 2024) yang merebus umbi singkong menggunakan air kelapa dengan perbandingan 1:1 selama 30 menit.

Penggunaan rodentisida nabati telah menunjukkan potensi yang cukup baik terhadap pengendalian hama tikus, meskipun efek toksik yang ditimbulkan dari beberapa spesies tanaman bersifat lambat pada tikus atau mencit (Viony et al., 2024).

## 2.6 Metode Analisis Sianida

Menurut US EPA (*United States of Environmental Protection Agency*) dan ASTM (*American Standard and Testing Materials*) ada tiga metode untuk menganalisis sianida, yaitu:

1. Mengukur CN total menggunakan destilasi yang selanjutnya diukur menggunakan metode titrimetri, metode kolorimetri, atau metode elektroda ion selektif.
2. Mengukur *Amenable* CN, pada metode ini CN total sebelum proses klorinasi dan sesudah proses klorinasi diukur.
3. Mengukur CN WAD (Weak Acid Dissociable) dengan menggunakan destilasi dan CN WAD dengan asam pikrat (Ayuningtyas Widyastani et al., 2023).

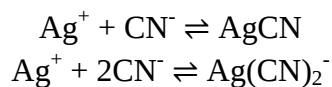
Analisis senyawa sianida secara kualitatif dapat dilakukan dengan kertas pikrat. Kertas pikrat dapat difungsikan menjadi indikator untuk mengidentifikasi adanya sianida dalam sampel. Kertas yang digunakan ialah kertas saring yang direndam terlebih dahulu menggunakan larutan asam pikrat yang jenuh. Pada awalnya kertas pikrat berwarna kuning dan akan berubah menjadi merah bata apabila terpapar uap sianida yang dilepaskan dari maserat. Perubahan warna ini menunjukkan adanya reaksi kimia antara asam pikrat dan uap sianida (Nova, K dan Fatmi, 2018).

Sementara itu analisis secara kuantitatif dapat dilakukan salah satunya dengan metode titrasi argentometri (titrasi pengendapan). Argentometri merupakan

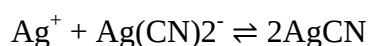
metode penetapan kadar halogenida dan senyawa-senyawa lain yang membentuk endapan dengan perak nitrat ( $\text{AgNO}_3$ ) pada suasana tertentu. Prinsip metode argentometri yaitu pembentukan senyawa yang relatif tidak larut atau endapan. Keuntungan metode argentometri yaitu reagenya mudah didapat, hidrogen sianida ( $\text{HCN}$ ) lebih stabil dan tidak membutuhkan larutan baku hidrogen sianida ( $\text{HCN}$ ) (Mardiyono, 2020).

## 2.7 Titrasi Argentometri Liebig-Deniges

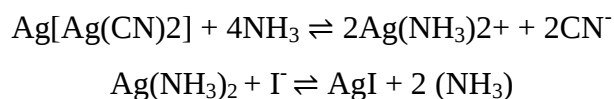
Dalam titrasi ion logam, penggunaan ligan unidentat atau monodentat memang jarang ditemui. Namun, terdapat beberapa metode penting yang melibatkan ligan jenis ini, salah satunya adalah titrasi berdasarkan metode Liebig. Metode ini merupakan pendekatan awal yang dikembangkan untuk menentukan kadar sianida menggunakan larutan perak. Ketika larutan perak nitrat ditambahkan ke dalam larutan yang mengandung ion sianida, akan terbentuk endapan putih berupa perak sianida. Endapan ini kemudian larut kembali dan menghasilkan senyawa kompleks disianoargentat (Lukum, 2022).



Setelah reaksi di atas terjadi dengan sempurna, pada penambahan perak nitrat selanjutnya akan terbentuk endapan perak sianoargentat.



Munculnya kekeruhan atau endapan dalam larutan dapat menjadi petunjuk bahwa titik akhir titrasi telah tercapai. Metode ini kemudian dikembangkan lebih lanjut menjadi metode Liebig-Deniges, yang merupakan modifikasi dari metode Liebig. Dalam metode Liebig-Deniges, digunakan ion iodida sebagai indikator, serta ditambahkan larutan amonia untuk membantu melarutkan senyawa perak sianida yang terbentuk. Baik ion iodida maupun larutan amonia ditambahkan ke dalam sampel sebelum proses titrasi dimulai.



Titik akhir titrasi ditandai dengan terbentuknya endapan perak iodida (kekeruhan) (Lukum, 2022). Namun ada kelemahan dari cara Liebig ini yaitu kesukaran dalam

memperoleh titik akhir titrasi yang jelas disebabkan karena sangat lambatnya endapan melarut pada saat mendekati titik akhir (Mardiyono, 2020).

## 2.8 Validasi Metode

Validasi metode analisis merupakan persyaratan dasar guna memastikan kualitas dan keandalan terhadap beberapa parameter yang ada, hal tersebut bertujuan agar memastikan telah terpenuhinya kriteria parameter yang sesuai dengan tujuan penggunaannya. (Rachmawati, Emawati, et al., 2024).

Terdapat beberapa parameter dalam validasi metode analisis yang harus ditentukan menurut USP diantaranya ialah: spesifisitas, linieritas dan rentang, batas deteksi, batas kuantifikasi, presisi, akurasi, kekasaran (ruggedness) dan ketahanan (robustness). Sedangkan, menurut ICH parameter validasi analisis tersebut meliputi: spesifisitas, linieritas, kisaran (range), batas deteksi, batas kuantifikasi, presisi, akurasi, ketahanan dan kesesuaian sistem (Rachmawati, Emawati, et al., 2024).

### 2.8.1 Batas deteksi dan batas kuantifikasi (KV)

Batas deteksi (BD) ialah konsentrasi terkecil analit pada sampel yang masih bisa terdeteksi serta mampu menghasilkan respon yang berbeda secara signifikan apabila dibandingkan dengan blangko. Nilai ini dihitung berdasarkan respon blangko ditambah tiga kali simpangan baku dari blangko (Rachmawati, Emawati, et al., 2024).

$$BD = \frac{3 \times Sy/x}{b}$$

Batas kuantifikasi (BK) ialah konsentrasi terendah suatu analit pada sampel yang dapat ditentukan secara kuantitatif dengan presisi serta akurasi yang memadai, sesuai kondisi operasional suatu metode. Batas kuantitasi adalah salah satu parameter dalam analisis renik yang merujuk pada jumlah minimum analit pada sampel tetap dapat memenuhi standar cermat dan juga seksama (Rachmawati, Emawati, et al., 2024).

$$BK = \frac{10 \times Sy/x}{b}$$

### 2.8.2 Akurasi (kecermatan)

Akurasi adalah ketepatan suatu metode analisis, yaitu sejauh mana hasil pengukuran mendekati nilai sebenarnya atau nilai rujukan. Pengukuran akurasi dilakukan dengan menilai jumlah analit yang berhasil diperoleh kembali dalam pengujian melalui penambahan analit ke dalam sampel. Akurasi dinyatakan sebagai persentase perolehan kembali (% recovery). (Rachmawati, Emawati, et al., 2024).

Terdapat dua metode untuk menguji akurasi:

1. Penambahan baku: Analit yang diuji ditambahkan ke dalam sampel, dicampurkan, kemudian dianalisis. Perbedaan antara hasil yang diperoleh dan acuan dibandingkan.
2. Simulasi: Zat baku dicampurkan dengan plasebo, campuran tersebut dianalisis, lalu hasil pengukuran dibandingkan dengan jumlah analit yang ditambahkan sebagai nilai sebenarnya (Rachmawati, Emawati, et al., 2024).

Menurut pedoman ICH, akurasi diuji melalui sembilan pengukuran pada tiga konsentrasi berbeda, dilaporkan sebagai persentase perolehan kembali. Uji dilakukan pada minimal lima sampel analit dan plasebo dengan kadar 50-150% dari konsentrasi target (Rachmawati, Emawati, et al., 2024).

$$\% \text{ perolehan kembali} = \frac{C_{\text{total}} - C_{\text{sebenarnya}}}{C_{\text{yang ditambahkan}}} \times 100\%$$

Atau

$$C = S \left[ \frac{R1}{R2 - R1} \right]$$

C = kadar analit di dalam sampel

S = kadar analit yang ditambahkan dalam sampel

R1 = Respon dari sampel

R2 = Respon dari campuran yang ditambahkan analit

### 2.8.3 Presisi (keseksamaan/ketepatan)

Presisi adalah parameter yang mengukur sejauh mana hasil analisis dari beberapa pengujian Pada sampel homogen yang serupa, hasilnya cenderung mendekati satu sama lain. Evaluasi presisi biasanya dilakukan pada tiga tingkat yang berbeda, yaitu:

- a. **Keterulangan (repeatability)** adalah ketepatan hasil pengujian yang dilakukan dalam kondisi yang sama, seperti personalia, alat, tempat, dan waktu. Uji ini dilakukan 6-15 kali.
- b. **Presisi antara (intermediate precision)** adalah ketepatan hasil pengujian dalam kondisi yang berbeda, seperti personalia, alat, tempat, atau jangka waktu yang diperpanjang. Uji ini juga dilakukan 6-15 kali.
- c. **Ketertiruan (reproducibility)** adalah konsistensi hasil dari laboratorium lain.

Pada pengukuran standar (baku) dilakukan 5-6 kali oleh satu analis pada alat, hari, serta laboratorium yang sama. Sedangkan, pada sampel analisis dilakukan 5-6 kali pada 3 jenis matriks berbeda dengan 1-3 konsentrasi yang bervariasi, oleh satu analis pada alat, hari, serta laboratorium yang sama.

Keberterimaan diperoleh dengan rumus berikut, dengan syarat keberterimaan  $<2\%$ .