

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kluwak (*Penguin edule Reinw*)

1. Sejarah Pohon Pucung

Secara biogeografis, *Pangium edule* memiliki wilayah persebaran yang luas meliputi Indonesia, Malaysia, Filipina, Papua Nugini, hingga Mikronesia dan Melanesia. Tanaman ini memiliki ambang toleransi ekologis yang sangat baik, di mana vegetasinya mampu berkembang pada elevasi berkisar antara 10-1,000mdpl. (Resvi Hardianti *et al.*, 2024) mencatat bahwa pohon ini dapat beradaptasi pada berbagai karakteristik substrat, mulai dari tanah aluvial dan podsolik hingga lahan marginal berbatu atau tanah liat dengan kandungan nutrisi rendah. Habitat alaminya lazim ditemukan di kawasan hutan primer dan sekunder, area riparian (tepi sungai), serta lahan budidaya masyarakat.

Selain nilai ekologisnya, kluwak memegang peranan krusial sebagai agen bio-farmakologis dan bumbu fungsional dalam tradisi kuliner Nusantara. Integrasi kluwak dalam konsumsi harian diyakini memberikan efek proteksi terhadap kesehatan, di antaranya melalui penguatan sistem imun, regulasi sistem pencernaan, serta pencegahan patologi kardiovaskular. Temuan (Paramitasari *et al.*, 2020) juga menyoroti kapasitas tanaman ini sebagai agen proteksi radikal bebas (antioksidan alami), bahan preservasi organik untuk komoditas perikanan, serta kemampuannya dalam reduksi risiko hiperurisemia (asam urat). Sinergi antara kegunaan sebagai rempah dan obat tradisional menjadikan kluwak sebagai komoditas etnobotani yang bernilai tinggi bagi kesejahteraan masyarakat.

Bagian tanaman yang biasa dimanfaatkan sebagai bumbu masakan yaitu biji kluwak, biji tersebut tidak dapat dikonsumsi secara langsung karena mengandung sianida (CN) yang cukup tinggi yaitu sekitar 2400-2800 ppm. Jika dikonsumsi secara langsung dengan dosis CN dalam tubuh mencapai 0,5-3,5 mg per berat badan dapat menyebabkan kematian. Untuk dapat dikonsumsi, biji kluwak harus diolah

dengan cara dicuci, direbus, direndam dan disimpan sehingga kandungan CN dapat turun menjadi sekitar 50 ppm dengan ciri-ciri rasa agak asam, tidak terasa pahit dan tidak beracun bagi manusia.

Menurut (Samudry *et al.*, 2017) cara untuk mengolah kluwak yang baik yaitu dengan cara fermentasi. Sebelum difermentasi, biji kluwak segar direbus selama 4 jam kemudian biji dilumuri menggunakan abu sekam dan difermentasi selama 60 hari. Setelah difermentasi kandungan CN turun menjadi 9 ppm. Kadar tersebut masuk dalam kriteria konsumsi aman menurut FAO yaitu 10 ppm CN. (Ramadhani kurnia andi_2018)

2. Morfologi Tanamam Pucung



Gambar 2. 1 Pohon pucung (*Pongamia edule* Reinw)

Secara arsitektural, pohon pucung merupakan tipe flora berkanopi tinggi dengan habitus yang mampu mencapai elevasi vertikal antara 30-40 m. Karakteristik foliar (*daun*) pada spesies ini bersifat tunggal dan menunjukkan pola tata letak yang terkonsentrasi pada area terminal ranting dengan dukungan petiolus (*tangkai*) yang panjang. Menariknya, (Nurdayati dkk, 2021) mencatat adanya variasi ontogenetik pada bentuk daun; individu muda cenderung memiliki helaian berlekuk tiga, sedangkan pada fase dewasa (pohon tua), morfologi daun bertransformasi menjadi ovate (bulat telur) yang melebar dengan pangkal berbentuk kordat (jantung) serta apeks (ujung) yang meruncing.

Ditinjau dari aspek tekstur, permukaan adaksial (atas) daun tampak licin dengan pigmentasi hijau mengkilap. Sebaliknya, pada sisi abaksial (bawah), terdapat indumentum berupa bulu-bulu halus berwarna kecokelatan yang menyertai

struktur pertulangan daun yang menonjol. Dimensi daun ini tergolong makrofil dengan rentang panjang berkisar 20-60 cm dan lebar antara 15-40 cm. Selain itu, fase generatif ditandai dengan kemunculan infloresensi (bunga) berwarna coklat kehijauan yang tersusun secara terminal pada ujung-ujung percabangan.



Gambar 2. 2 Biji Kluwak

Menurut klasifikasi pangi sebagai berikut.

Kingdom : *Plantae*
 Divisi : *Spermatophyta*
 Sub Divisi : *Angiospermae*
 Kelas : *Dicotyledonae*
 Ordo : *Parietales*
 Famili : *Flacouritaceae*
 Genus : *Pangium*
 Spesies : *Pangium edule Reinw*

Atribut pembeda paling distingtif dari *Pangium edule* terletak pada morfologi buahnya yang berbentuk ovoid atau oblong dengan panjang mencapai 25 cm dan diameter 10-15 cm. Struktur perikarpus (kulit buah) cenderung tebal, bertekstur kasar, serta dilapisi indumentum berupa bulu-bulu halus berwarna coklat. Bagian mesokarpus (daging buah) yang berwarna kuning akan mengalami pelunakan seiring dengan fase maturasi dan dekomposisi. Proses ekstraksi biji—yang berjumlah sekitar 18 butir dengan endokarpus keras per buah—dilakukan melalui mekanisme pembusukan daging buah secara terkontrol yang diikuti dengan pencucian residu organik.

Pemanfaatan tanaman ini dalam ranah etnobotani sangat luas, mencakup aplikasi farmakologis hingga agrikultural. Menurut (Aprianti, 2011), profil utilitas tanaman pucung dapat diklasifikasikan ke dalam empat domain utama:

- a. Agen Antimikroba dan Sanitasi: Ekstrak daun dan biji yang diproses melalui penyeduhan atau maserasi dingin berfungsi sebagai antiseptik dan desinfektan yang efektif untuk memitigasi serangan parasit serta patogen lingkungan.
- b. Toksikologi Perikanan (Ikhtiotosis): Kandungan senyawa aktif pada korteks (kulit kayu) dan daun memiliki sifat toksisitas sistemik terhadap fauna akuatik. Metode penghancuran bagian tanaman ini lazim digunakan sebagai instrumen "tuba ikan" atau racun ikan tradisional.
- c. Terapi Muskuloskeletal dan Dermatologis: Lipid yang diekstraksi dari sarkotesta (daging biji) diaplikasikan sebagai preparat topikal untuk mereduksi inflamasi pada kasus rematik serta gangguan integritas kulit.
- d. Bio-pestisida Volatil: Kapasitas insektisida sistemik yang kuat pada pucung dimanfaatkan dalam pengendalian hama tanaman budidaya. Keunggulan utama dari bio-toksin ini adalah sifatnya yang volatil (mudah menguap), sehingga tidak meninggalkan residu aromatik maupun rasa pada komoditas pangan setelah aplikasi. Selain itu, larutan daging biji segar terbukti efektif sebagai agen ektoparasitisida untuk eliminasi kutu.

B. Sianida

1. Pengertian

Fatalitas sistemik akibat paparan senyawa sianogenik bersumber dari kemampuannya dalam menginterupsi mekanisme pemanfaatan oksigen pada tingkat seluler. Menurut (Umbi *et al.*, 2019), zat ini bertindak sebagai racun mematikan yang menyebabkan jaringan tubuh kehilangan kapasitas untuk mempertahankan homeostasis akibat kegagalan absorpsi oksigen secara sistemik. Secara struktural, entitas kimia ini didefinisikan oleh keberadaan gugus siano yang terdiri dari atom karbon yang terikat secara kovalen rangkap tiga terhadap

atom nitrogen ($C = N$). Gugus fungsional ini memiliki fleksibilitas fase yang luas, mencakup wujud gas, cair, hingga padat, serta dapat ditemukan dalam berbagai konfigurasi molekuler seperti garam ionik, ikatan kovalen, maupun struktur polimerik.

Lebih lanjut, asam sianida (CN) diidentifikasi sebagai asam lemah yang memiliki karakteristik organoleptik berupa aroma yang distingtif dan berwujud cair pada temperatur ruang. Secara kimiawi, senyawa ini sangat reaktif terhadap ion logam, dimana interaksi tersebut akan menghasilkan formasi ligan kompleks yang stabil. Selain itu, sebagai indikator termokimia, senyawa ini akan menghasilkan nyala api berwarna biru saat mengalami proses pembakaran, yang sekaligus menegaskan profil kinetik serta identitas kimianya yang unik dalam ranah kimia analitik.

2. Toksisitas Sianida Terhadap Manusia

Fatalitas paparan sianida berakar pada afinitas ligan ini yang sangat kuat terhadap metaloenzim, khususnya yang mengandung ion ferri (Fe^{3+}) dan kobalt. Mekanisme toksisitas utamanya terjadi ditingkat intraseluler, dimana sianida berikatan dengan enzim sitokrom oksidase didalam mitokondria. Interaksi ini menyebabkan inhibisi pada rantai transpor elektron, sehingga sel kehilangan kemampuan untuk memanfaatkan oksigen dalam proses respirasi aerobik. Akibatnya, terjadi penurunan drastis dalam utilisasi oksigen jaringan yang secara langsung memicu kondisi hipoksia sitotoksik dan asfiksia seluler, terutama pada organ yang sangat bergantung pada suplai oksigen konstan seperti jaringan otak.

Secara sistemik, sianida yang terabsorpsi melalui traktus gastrointestinal akan didistribusikan secara cepat oleh aliran darah ke seluruh kompartemen tubuh dalam hitungan detik. Meskipun sering dikaitkan dengan gangguan hemoglobin, dampak yang lebih krusial adalah kegagalan sistem respirasi sistemik akibat hilangnya integritas struktural dan efektivitas enzim pernapasan. Manifestasi klinis yang muncul merupakan refleksi dari kegagalan multiorgan tersebut, yang meliputi takipnea (respirasi cepat), hipotensi, takikardia (denyut nadi

cepat), serta gangguan neurologis seperti kejang, disorientasi mental, hingga koma.

Mengingat agresivitas toksisitasnya, otoritas kesehatan melalui BPOM (2006) jumlah sianida yang masuk ke dalam tubuh tidak boleh melebihi 1 mg/kg berat badan/hari. Sianida yang masuk kedalam tubuh dengan cepat didistribusikan keseluruh tubuh oleh darah dengan cepat pada jaringan dan berikatan dengan organ target dalam beberapa detik Salim 2011. Sianida dapat berikatan dan mengaktifkan beberapa enzim, terutama yang mengandung besi dalam bentuk Ferri (Fe^{3+}) dan kobalt. Kombinasi kimia yang dihasilkan mengakibatkan hilangnya integritas struktural dan efektivitas enzim. Sianida akan mengikat Fe^{3+} / Fe^{2+} yang terkandung enzim sitokrom oksidase didalam mitokondria sel. Menyebabkan penurunan dalam pemanfaatan oksigen dalam jaringan. Organ yang sensitif terhadap kondisi kurangnya O_2 akan sangat menderita terutama jaringan otak sehingga dapat menimbulkan asfiksia, hipoksia dan kejang (Sari *et al.*, n.d.)

C. Spektrofotometer UV-Vis

1. Pengertian



Gambar 2. 3 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur absorbansi dengan cara melewatkan cahaya dengan panjang gelombang tertentu pada suatu objek kaca atau kuarsa yang disebut kuvet. Sebagian dari cahaya tersebut akan diserap dan sisanya akan dilewatkan. Nilai absorbansi dari cahaya yang di serap sebanding dengan konsentrasi larutan di dalam kuvet (Saputra, 2019)

Spektrofotometer merupakan salah satu metode analisis instrumental yang menggunakan dasar interaksi energy dan materi. Spektrofotometer dapat dipakai untuk menentukan konsentrasi suatu larutan melalui intensitas serapan pada panjang gelombang tertentu. Panjang gelombang yang dipakai adalah panjang gelombang maksimum yang memberikan absorbansi maksimum. Salah satu prinsip kerja spektrofotometri didasarkan pada fenomena penyerapan sinar oleh spesi kimia tertentu di daerah ultra violet dan sinar tampak (visible) (Hasanuddin, H (Doctoral dissertation, 2016).

(Ismail & Kanitha, 2020). Kelebihan dari metode Spektrofotometri UV-Vis yaitu analisis lebih sederhana, cepat, ekonomis, dan sensitif dibandingkan dengan metode HPLC yang memerlukan instrumentasi relatif mahal dan rumit (Abriyani *et al.*, 2023)

2. Prinsip Kerja Spektrofotometer

Mekanisme absorpsi radiasi pada daerah ultra ungu (UV) dan sinar tampak secara fundamental didorong oleh dinamika transisi elektronik di dalam molekul. Seluruh entitas molekuler memiliki kapasitas untuk menyerap energi radiasi karena keberadaan elektron baik dalam konfigurasi ikatan kovalen maupun pasangan elektron bebas yang dapat dipindahkan ke tingkat orbital energi yang lebih tinggi (tereksitasi). Menurut (Yahya, 2013), besarnya kuantitas energi yang diperlukan untuk proses eksitasi ini ditentukan oleh stabilitas termodinamika ikatan elektron tersebut; misalnya, elektron pada ikatan kovalen tunggal yang terikat kuat memerlukan paparan foton berenergi tinggi dengan panjang gelombang yang lebih pendek.

Secara sistematis, spektrum elektromagnetik merepresentasikan kontinum panjang gelombang yang sangat luas, bertransformasi dari radiasi gamma yang memiliki frekuensi tinggi dan energi masif hingga ke zona gelombang mikro dengan panjang gelombang yang lebih besar. Sebagaimana dijelaskan oleh Marzuki Asnah (2012), profil pita absorpsi yang terbentuk terutama yang bersifat lebar pada daerah UV-Vis menjadi instrumen analitis krusial untuk mengidentifikasi arsitektur molekuler senyawa. Hal ini

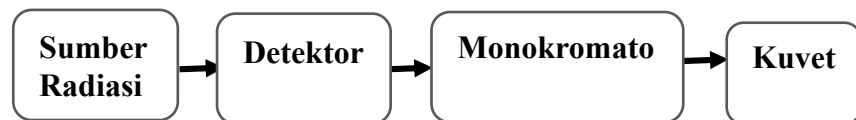
dikarenakan panjang gelombang spesifik yang diabsorpsi merupakan representasi langsung dari kekuatan ikatan dan struktur elektronik unik yang menyusun senyawa tersebut.

3. Cara Kerja Spektrofotometer

Linearitas hubungan antara atenuasi radiasi dengan densitas molar analit merupakan prinsip fundamental dalam analisis spektrofotometri, di mana nilai absorbansi foton berbanding lurus dengan tingkat konsentrasi larutan di dalam media sampel. Guna menjamin akurasi pengukuran, pemilihan wadah sampel atau kuvet menjadi faktor krusial karena setiap material memiliki karakteristik fotometrik yang berbeda dalam menyerap atau mentransmisikan radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang tertentu.

Kualitas sebuah kuvet ditentukan oleh koefisien absorpsi intrinsik dari material penyusunnya; semakin rendah interferensi serapan cahaya oleh dinding kuvet, maka semakin tinggi integritas optik yang dihasilkan. Dalam hal ini, (Mubarok, 2021) menekankan bahwa kuvet berbasis kuarsa memiliki superioritas kualitas dibandingkan kuvet kaca (gelas) karena sifat transparansi optiknya yang jauh lebih tinggi dan penyerapan radiasi yang minimal. Penggunaan material dengan daya serap rendah sangat penting agar cahaya yang dilewatkan benar-benar berinteraksi secara optimal dengan molekul analit di dalam larutan, bukan terdisipasi oleh wadah penampungnya, sehingga data konsentrasi yang diekstraksi memiliki validitas yang presisi.

4. Bagian-bagian spektrofotometer UV-Vis



Gambar 2. 4 Bagian spektrofotometer UV-Vis

a. Sumber Radiasi

- 1) Sumber radiasi deuterium digunakan pada rentang panjang gelombang 190-380 nm atau di wilayah ultraviolet dekat.
- 2) Sumber radiasi tungsten digunakan pada rentang panjang gelombang 380-900 nm. Sumber radiasi ini

terdiri dari filament tungsten dan gas iodine (halogen), sehingga dikenal sebagai sumber radiasi tungsten-iodine.

- 3) Sumber radiasi merkuri merupakan sumber radiasi yang mengandung uap merkuri bertekanan rendah, umumnya digunakan untuk memeriksa atau mengkalibrasi panjang gelombang pada Spektrofotometri UV-Vis dengan panjang gelombang 365 nm.

b. Detektor

Perangkat yang berfungsi menangkap cahaya yang melewati sampel dan mengubahnya menjadi arus listrik.

c. Monokromator

Alat yang berfungsi sebagai penyeleksi panjang gelombang, mengubah cahaya dari sumber sinar polikromatis menjadi cahaya monokromatis. Perangkat yang umumnya digunakan untuk menghasilkan radiasi dengan satu panjang gelombang.

d. Kuvet

Perangkat yang berfungsi sebagai wadah untuk menempatkan sampel. Kuvet biasanya terbuat dari kuarsa atau kaca, dengan kuvet kuarsa yang terbuat dari silika memiliki kualitas yang lebih baik. Secara umum, kuvet memiliki bentuk persegi panjang dengan lebar sekitar 1 cm (Kristina, 2016).

5. Analisis Spektrofotometri

Beberapa faktor perlu dipertimbangkan dalam melakukan analisis dengan spektrofotometri, yaitu:

a. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Serapan

Panjang gelombang yang dipilih untuk analisis kuantitatif adalah panjang gelombang dimana serapan mencapai nilai maksimum. Untuk menemukan panjang gelombang serapan maksimum, dilakukan dengan membuat kurva yang menggambarkan hubungan antara absorbansi dan panjang gelombang dari larutan standar pada suatu konsentrasi tertentu (Fahira *et al.*, 2021).

b. Pembuatan Kurva Kalibrasi

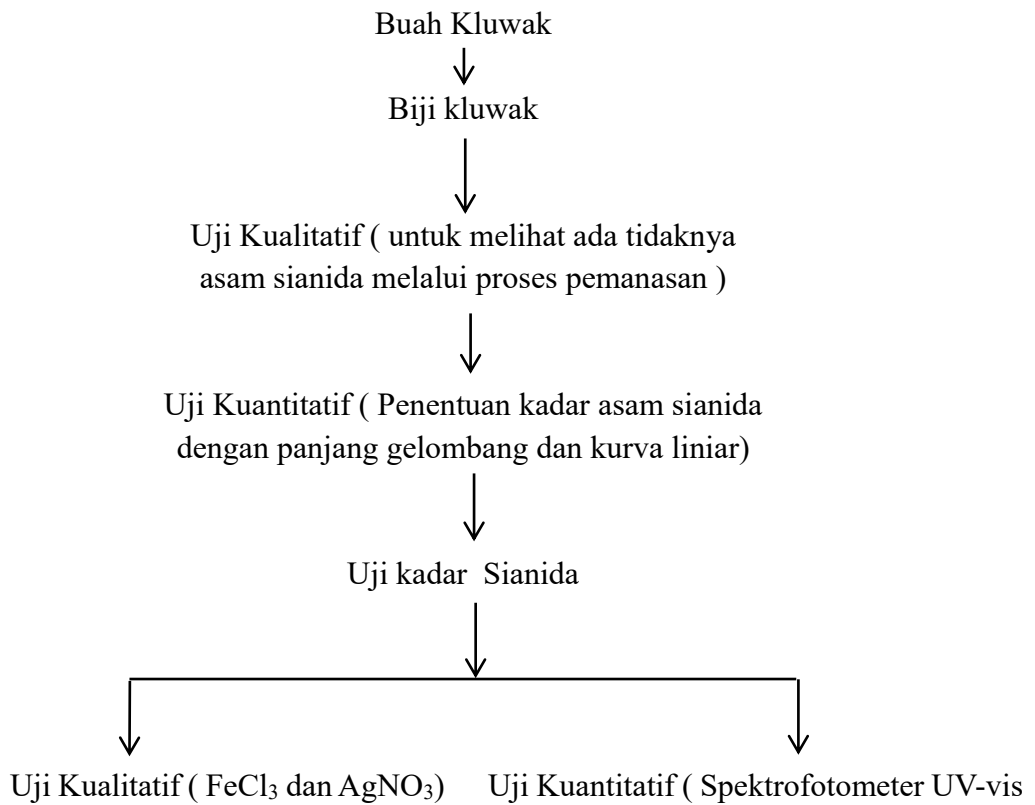
Serangkaian larutan standar dari zat yang akan dianalisis dibuat dengan variasi konsentrasi yang berbeda. Absorbansi diukur, dan kemudian kurva dibuat untuk menunjukkan hubungan antara absorbansi dan konsentrasi. Jika hukum Lambert-Beer terpenuhi, kurva kalibrasi akan berbentuk garis (Fahira *et al.*, 2021).

c. Pembacaan Absorbansi Sampel

Pembacaan absorbansi pada spektrofotometer sebaiknya dilakukan pada rentang transmitansi antara 0,2 hingga 0,8. Disarankan karena pada nilai absorbansi dalam kisaran tersebut, kesalahan fotometrik yang terjadi relatif minimal (Endah Widhihastuti, 2021).

6. Analisis Kuantitatif

Analisis kuantitatif menggunakan spektrofotometri dapat dilakukan dengan metode regresi linier. Metode kuantitatif menggunakan persamaan garis regresi linier yang berdasarkan pada nilai serapan dan konsentrasi standar yang telah dibuat dalam beberapa tingkat konsentrasi. Memerlukan penggunaan 5 tingkat konsentrasi yang berbeda untuk menghasilkan serapan yang bersifat linier. Dengan menggunakan data ini, suatu kurva kalibrasi dapat dihasilkan melalui pemetaan data tersebut. Konsentrasi sampel kemudian dapat dihitung berdasarkan kurva kalibrasi yang telah dibuat (Imas Eva Wijayanti *et al.*, 2022)

D. Alur Penelitian**Gambar 2. 5 Alur penelitian**