

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kedondong Hutan (*Spondias pinnata*)

2.1.1 Klasifikasi

Tanaman kedondong hutan memiliki klasifikasi sebagai berikut :

Divisi	: Spermatophyta
Sub Divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledoneae
Bangsa	: Sapindales
Suku	: Anacardiaceae
Marga	: <i>Spondias</i>
Jenis	: <i>S. pinnata</i> (L. F.) Kurz
Nama Umum	: Kedondong hutan

(Hutapea, 1994)

2.1.2 Deskripsi tanaman

Spondias pinnata merupakan pohon dengan tinggi \pm 20 m, batang tegak, bulat, berkayu, permukaan halus, percabangan simpodial berwarna putih kehijauan. Daun majemuk, lonjong, menyirip ganjil, tersebar, pangkal runcing, ujung meruncing, pertulangan menyirip, tepi rata, panjang 5-8 cm, lebar 2-6 cm, berwarna hijau. Bunga majemuk bentuk malai, di ketiak daun dan di ujung cabang, panjang 24-40 cm, kelopak panjang \pm 5 cm, berwarna ungu, benang sari delapan, kuning, mahkota empat sampai lima, lanset, putih kekuningan (Hutapea *et al.*, 1994).

Tanaman kedondong hutan memiliki buah jenis buni yang berdaging dengan bentuk lonjong berdiameter \pm 5 cm. Buah ini memiliki serat dengan warna hijau kekuningan. Biji dari buah ini memiliki bulat dan mengandung serat kasar. Warna biji tersebut adalah putih kekuningan. Akar dari tanaman kedondong hutan ini memiliki jenis akar tunggang dengan warna coklat tua (Hutapea *et al.*, 1994).

Salah satu bahan makanan yang mengandung vitamin A dan C adalah buah kendondong hutan. Buah kedondong hutan merupakan buah yang berpotensi sebagai sumber energi alternatif (keasamannya) karena mengandung vitamin C. Kandungan vitamin C pada kedondong sebesar 30 mg per 100 g berat dapat dimakan lebih besar dibandingkan jeruk nipis yaitu 27 mg per 100 g berat.

2.1.3 Kandungan kimia

Pada bagian akar *S. pinnata* mengandung steroid, terpenoid, flavonoid, tanin, saponin dan gula (Acharyya *et al.*, 2010). Batangnya mengandung flavonoid, alkaloid, resin, saponin dan steroid, sedangkan buahnya mengandung glikosida flavonoid, tanin, fitosterol, terpenoid, resin, asam malat dan gula pereduksi (Arif *and* Fareed, 2010).

2.2 Buah Apel

Buah apel mengandung karbohidrat dalam jumlah yang cukup. Buah apel banyak mengandung mineral yang berguna bagi kesehatan manusia. Kandungan protein dan lemak relatif sedikit. Komponen terbesar buah apel adalah air. Menurut Susanto dan Saneto (1994), dari segi komposisi kimianya, buah apel mempunyai nilai gizi yang cukup tinggi. Buah yang berpotensi sebagai sumber listrik adalah buah apel. Buah apel juga mengandung karoten, karoten memiliki aktivitas sebagai vitamin A dan juga antioksidan yang berguna untuk menangkal serangan radikal bebas penyebab berbagai penyakit degeneratif (Anonymous, 2005). Apel mengandung banyak vitamin C dan B.



Gambar 2.2 Buah Apel

Sumber : Depkes

Varietas, derajat kemasakan, agronomi dan faktor lingkungan mempengaruhi mutu atau kualitas buah (Pantastico, 1989). Faktor penentu kualitas buah antara lain bentuk, ukuran dan komposisi kimianya.

Menurut Soelarso (1996), karakteristik kualitas buah apel dapat dilihat menurut :

Nilai fisik : Kekerasan, berat jenis dan mudah tidaknya lepas dan tangkai

Nilai visual : Warna kulit, ukuran dan kekompakan buah

Analisa kimia : Kadar pati, soluble solid (total kadar gula), asam, ratio Metode fisiologi : Respirasi

Penaksiran : Umur buah dari bunga

2.2.1 Kandungan Buah Apel Hijau

Di kalangan masyarakat saat ini masih banyak yang belum mengetahui kandungan vitamin atau nutrisi dalam apel hijau. Kandungan kadar air yang lumayan banyak dan daging buah yang segar mengandung vitamin dan zat-zat yang diperlukan untuk memperbaiki sel-sel tubuh yang telah rusak. Lebih lanjut, berbagai macam manfaat dan khasiat buah apel hijau mampu memberikan kesehatan tersendiri di dalam tubuh.

Buah yang memiliki tampilan kulit hijau mulus dan rasa manis pada daging buahnya ini membuat orang yang memakannya merasakan kesegaran

tersendiri. Biasanya buah ini dimanfaatkan sebagai minuman yang disajikan dalam bentuk jus dan dibuat salad.

Sebelum jauh untuk membahas manfaat buah apel hijau, berikut akan kami paparkan kandungan gizi dalam 100 gram buah apel pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Komposisi dalam 100 gram Buah Apel

Komposisi	Jumlah	Satuan
Air	86.67	G
Energi	48	Kkal
Protein	0,27	G
Total lipid (lemak)	0.13	G
Karbohidrat	12,76	G
Serat makanan	1.3	G
Gula, Total	10.1	G
Kalsium, Ca	5	Mg
Besi, Fe	0.07	Mg
Magnesium, Mg	4	Mg
Fosfor, P	11	Mg
Kalium, K	90	Mg
Sodium, Na	0	Mg
Seng, Zn	0.05	Mg
Vitamin C, asam askorbat	4	Mg
Thiamin	0.019	Mg
Riboflavin	0,028	Mg
Niacin	0,091	Mg

Sumber : *Authority Nutrition*

Berbagai olahan dari buah apel tentunya akan menghasilkan produk sampingan seperti kulit apel dan ampas apel yang belum banyak dimanfaatkan. Menurut Achmad dan Subagyo (2010) buangan dari proses olahan apel selama ini hanya digunakan sebagai substitusi pakan ternak dan pemupukan tanaman, padahal buangan olahan apel masih mengandung banyak kandungan seperti pektin, karbohidrat, asam – asam organik seperti asam malat dan senyawa antioksidan seperti flavonoid yang masih bisa dimanfaatkan. Menurut Keputusan Menteri Pertanian 893/Kpts/TP.240 (1984) buah apel mengandung kadar asam malat : 0,956 /100 g. Dalam 100 g ampas apel terkandung pektin sebesar 15-20% dan sisanya merupakan serat pangan (Saparianti dkk., 2009).

2.3 Derajat Keasaman (pH)

Asam sebagai suatu senyawa yang apabila dilarutkan dalam air akan membebaskan ion hidrogen (H^+). Bronsted dan Lowry mendefinisikan asam sebagai senyawa yang dapat memberikan proton pada spesies lain. Lewis mendefinisikan suatu asam sebagai senyawa yang dapat menerima sepasang elektron. Berdasarkan definisi Lewis tentang asam, jelas bahwa terdapat keasaman antara asam dengan pengoksidasi. Kedua-keduanya cenderung untuk menarik elektron. Dinamakan elektrofilik atau elektron *attracting agent*. Asam akan menerima pasangan elektron dari basa membentuk ikatan kovalen, sedangkan pengoksidasi menerima elektron (Bird, 1987). Pada dasarnya skala/tingkat keasaman suatu larutan bergantung pada konsentrasi ion H^+ dalam larutan. Makin besar konsentrasi ion H^+ makin asam larutan tersebut. Umumnya konsentrasi ion H^+ sangat kecil, sehingga untuk menyederhanakan penulisan, seorang kimiawan dari Denmark bernama Sorrensen mengusulkan konsep pH untuk menyatakan konsentrasi ion H^+ . Nilai pH sama dengan negatif logaritma konsentrasi ion H^+ dan secara matematika diungkapkan dengan dengan pH. Selain itu, pH yang merupakan konsentrasi ion hidronium dalam larutan ditunjukkan dengan skala secara matematis dengan nomor 0 sampai 14. Skala pH merupakan suatu cara yang tepat untuk menggambarkan konsentrasi ion-ion hidrogen dalam larutan yang bersifat asam, dan konsentrasi ion-ion hidroksida dalam larutan basa.

Umumnya indikator sederhana yang digunakan adalah kertas lakmus yang berubah menjadi merah bila keasamannya tinggi dan biru bila keasamannya rendah. Selain menggunakan kertas lakmus, indikator asam basa dapat diukur dengan pH meter yang bekerja berdasarkan prinsip elektrolit/konduktivitas suatu larutan. Sistem pengukuran pH mempunyai tiga bagian yaitu elektroda pengukuran pH, elektroda referensi dan alat pengukur impedansi tinggi. Istilah pH berasal dari "p", lambang matematika dari negative logaritma, dan "H", lambang kimia untuk unsur Hidrogen. Definisi yang formal tentang pH adalah negatif logaritma dari aktivitas ion Hidrogen. pH adalah singkatan dari *power of Hydrogen*.

$$pH = -\log[H^+] \quad (1)$$

Asam dan basa adalah besaran yang sering digunakan untuk pengolahan sesuatu zat, baik di industri maupun kehidupan sehari-hari. Pada industri kimia, keasaman merupakan variabel yang menentukan, mulai dari pengolahan bahan baku, menentukan kualitas produksi yang diharapkan sampai pengendalian limbah industri agar dapat mencegah pencemaran pada lingkungan. Pada bidang pertanian, keasaman pada waktu mengelola tanah pertanian perlu diketahui. Untuk mengetahui dasar pengukuran derajat keasaman akan diuraikan dahulu pengertian derajat keasaman itu sendiri.

Pada prinsipnya pengukuran suatu pH adalah didasarkan pada potensial elektro kimia yang terjadi antara larutan yang terdapat didalam elektroda gelas (membrane gelas) yang telah diketahui dengan larutan yang terdapat diluar elektroda gelas yang tidak diketahui. Hal ini dikarenakan lapisan tipis dari gelembung kaca akan berinteraksi dengan ion hidrogen yang ukurannya relatif kecil dan aktif, elektroda gelas tersebut akan mengukur potensial elektro kimia dari ion hidrogen. Untuk melengkapi sirkuit elektrik dibutuhkan elektroda pembanding. Sebagai catatan alat tersebut tidak mengukur arus tetapi hanya mengukur tegangan.

Proses ionisasi adalah apabila suatu atom menerima energi tambahan dari luar, elektron atom itu akan meningkat energi kinetiknya. Hal itu akan memindahkan tingkat energi electron ke tingkat yang lebih tinggi. Elektron akan berpindah menuju kulit yang lebih luar yang akhirnya jika energi yang diterima cukup besar dapat memisahkan electron dari atomnya. Dari atom ini akan didapatkan dua partikel yang masing-masing partikel bermuatan positif dan negatif. Partikel atom yang melepas elektronnya itu disebut ion positif. Atom juga bisa menerima elektron sehingga akan kelebihan electron. Partikel seperti ini juga disebut ion tetapi merupakan ion negatif.

Molekul- molekul suatu zat yang dalam larutannya dapat menghantarkan arus listrik disebut elektrolit. Ion-ion negative bergerak menuju ke anode, oleh karena itu ion negative disebut anion. Ion positif bergerak menuju katode, oleh karena itu ion positif disebut kation. Suatu larutan elektrolit, molekulnya terurai

menjadi ion-ion. Air murni tergolong elektrolit lemah. Sebagian molekulnya terurai menjadi ion H^+ dan OH^- .



Dari persamaan diatas, 1 ion H^+ dan 1 ion OH^- berasal dari penguraian 1 molekul H_2O . Dengan demikian, konsentrasi ion H^+ sama dengan konsentrasi ion OH^- . Larutan air seperti itu dinamakan dengan larutan Netral. Larutan yang mengandung ion H^+ berkonsentrasi lebih besar dari konsentrasi OH^- disebut larutan Asam, sedangkan larutan yang mengandung konsentrasi ion H^+ lebih kecil dari konsentrasi ion OH^- disebut larutan Basa. Larutan asam dapat menerima electron bebas, sedangkan basa dapat memberikan elektron bebas.

Banyaknya larutan yang terurai menjadi ion dinamakan derajat ionisasi. Besarnya berkisar antara 0 sampai 1. Suatu elektrolit yang derajat ionisasinya besar, mendekati 1 disebut elektrolit kuat, sedangkan yang derajat ionisasinya kecil mendekati 0 dinamakan elektrolit lemah. Ionisasi mempunyai tetapan kesetimbangan (K). Misal untuk air, kesetimbangannya dapat dihitung dengan rumus:

$$K = \frac{(H^+) + (OH^-)}{(H_2O)} \quad (3)$$

Karena konsentrasi H_2O relatif besar, maka persamaan ini dapat ditulis menjadi :

$$K(H_2O) = (H^+) \cdot (OH^-) \quad (4)$$

2.3.1 Asam

Asam (sering diwakili dengan rumus umum HA) secara umum merupakan senyawa kimia yang bila dilarutkan dalam air akan menghasilkan larutan dengan pH lebih kecil dari 7. Dalam defenisi modern, asam adalah suatu zat yang dapat memberi proton (ion H^+) kepada zat lain (yang disebut basa), atau dapat menerima pasangan elektron bebas dari suatu basa. Suatu asam bereaksi dengan suatu basa dalam reaksi penetralan untuk membentuk garam. Contoh asam adalah asam asetat (ditemukan dalam cuka) dan asam sulfat (yang digunakan dalam baterai atau aki mobil) Asam umumnya berasa masam, walaupun demikian mencicipi rasa asam terutama asam pekat dapat berbahaya dan tidak dianjurkan. Secara umum Asam memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

Rasa : Masam ketika dilarutkan dalam air
 Sentuhan : Asam terasa menyengat bila disentuh, terutama asam yang kuat.
 Kereaktifan : Asam bereaksi hebat dengan kebanyakan logam, yaitu korosif terhadap logam.

Asam sebagai suatu senyawa yang apabila dilarutkan dalam air akan membebaskan ion hidrogen (H^+). Bronsted dan Lowry mendefinisikan asam sebagai senyawa yang dapat memberikan proton pada spesies lain. Lewis mendefinisikan suatu asam sebagai senyawa yang dapat menerima sepasang elektron. Berdasarkan definisi Lewis tentang asam, jelas bahwa terdapat keasaman antara asam dengan pengoksidasi. Kedua-keduanya cenderung untuk menarik elektron. Dinamakan elektrofilik atau elektron *attracting agent*. Asam akan menerima pasangan elektron dari basa membentuk ikatan kovalen, sedangkan pengoksidasi menerima elektron (Bird, 1987).

2.3.2 Basa

Definisi umum dari basa adalah senyawa kimia yang menyerap ion hydronium ketika dilarutkan dalam air. Basa adalah lawan dari asam, yaitu ditujukan untuk unsur/senyawa kimia yang memiliki pH lebih dari 7. Basa merupakan senyawa yang jika dilarutkan dalam air menghasilkan ion OH^- . Secara umum Basa memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

Rasa : Tidak masam bila dilarutkan dengan air.
 Sentuhan : Tidak terasa menyengat bila disentuh.
 Kereaktifan : Kebanyakan tidak bereaksi terhadap logam.

2.4 Larutan Elektrolit

2.4.1 Pengertian

Larutan adalah campuran yang homogen terdiri dari dua zat atau lebih. Suatu larutan terdiri dari zat terlarut (*solute*), dan pelarut (*solvent*). Zat yang jumlahnya banyak biasanya disebut pelarut, sementara zat yang jumlahnya sedikit disebut zat terlarut (Mulyani dkk, 2003). Larutan ada yang dapat menghantarkan

arus listrik dan tidak dapat menghantarkan arus listrik. Kemampuan larutan untuk menghantarkan arus listrik bergantung pada jumlah ion yang dikandungnya.

Sifat daya hantar listrik menurut Svante August Arrhenius (1859-1927) dari Swedia pada tahun 1884. Ia menemukan bahwa elektrolit dalam pelarut air akan terurai menjadi ion-ion sedangkan non elektrolit dalam pelarut air tidak terurai menjadi ion-ion. Pada larutan elektrolit dapat menghantarkan listrik karena adanya ion-ion yang dapat bergerak bebas. Ion-ion inilah yang dapat menghantarkan arus listrik melalui larutan. Sedangkan pada larutan non elektrolit tidak terurai menjadi ion-ion tetapi berupa molekul netral sehingga tidak bisa menghantarkan arus listrik. Secara kuantitatif, kuat lemahnya suatu larutan elektrolit dapat dinyatakan dengan derajat disosiasi. Derajat disosiasi dari molekul-molekul terlarut menjadi ion-ionnya dilambangkan dengan α (Petrucci, 1992).

$$\alpha = \frac{\text{jumlah mol zat mula mula}}{\text{jumlah mol zat yang terionisasi}} \quad (1)$$

Keterangan :

- 1) Elektrolit kuat memiliki harga $\alpha = 1$, sebab semua zat yang dilarutkan terurai menjadi ion. (terionisasi sempurna).
- 2) Elektrolit lemah memiliki harga $0 < \alpha < 1$, sebab hanya sebagian yang terurai menjadi ion. (terionisasi sebagian).
- 3) Non elektrolit memiliki harga $\alpha = 0$, sebab tidak ada yang terurai menjadi ion. (tidak terionisasi).

Untuk dapat mengidentifikasi suatu zat termasuk elektrolit dan non elektrolit, dapat dilakukan uji daya hantar listrik dalam larutan menggunakan uji elektrolit. Alat ini terdiri dari bola lampu yang terhubung dengan dua elektroda. Bola lampu dihubungkan ke arus listrik, pelarut dan zat terlarut. Baterai sebagai sumber arus searah memberi muatan yang berbeda pada kedua elektrode. Katode bermuatan negatif sedangkan anode bermuatan positif

Pada larutan elektrolit gaya tarik menarik antar molekul-molekul air dengan partikel-partikel zat cukup kuat untuk memutuskan ikatan antar partikel zat sehingga partikel-partikel zat dapat lepas sebagai ion-ion bebas.

2.4.2 Senyawa Pembentuk Larutan Elektrolit

Senyawa yang dalam larutannya dapat menghantarkan arus listrik berupa senyawa ion dan senyawa kovalen polar, karena senyawa-senyawa tersebut dapat terionisasi saat dilarutkan dalam air.

a. Senyawa Ion

Senyawa ion tersusun dari ion-ion yang bentuknya padat dan kering, penyusun senyawa ion dalam pelarutnya akan bergerak bebas sehingga larutan ion dapat menghantarkan arus listrik. Senyawa ion dalam bentuk kristal, ion-ion tidak dapat bergerak bebas sehingga tidak dapat menghantarkan arus listrik. Tetapi bila padatan senyawa ion dilarutkan atau dilelehkan maka senyawa ion tersebut dapat menghantar listrik.

b. Senyawa Kovalen Polar

Senyawa kovalen polar apabila dilarutkan dalam air, maka akan terurai menjadi ion-ion karena mengalami ionisasi, sehingga larutannya dapat menghantarkan listrik. Hal ini terjadi karena antar molekul polar tersebut terdapat suatu gaya tarik menarik yang dapat memutuskan ikatan-ikatan tertentu dalam molekul tersebut. Padatan dan lelehan senyawa kovalen polar tidak dapat menghantarkan listrik karena senyawa tersebut terdiri atas molekul-molekul yang bersifat netral.

2.5 Fermentasi

Fermentasi merupakan suatu cara untuk mengubah substrat menjadi produk tertentu yang dikehendaki dengan menggunakan bantuan mikroba. Produk-produk tersebut biasanya dimanfaatkan sebagai minuman atau makanan. Fermentasi merupakan suatu cara yang telah dikenal dan digunakan sejak lama sejak jaman kuno. Proses fermentasi memerlukan :

1. Mikroba sebagai inokulum
2. Tempat atau wadah untuk menjamin proses fermentasi berlangsung dengan optimal
3. Substrat sebagai tempat tumbuh medium dan sumber nutrisi bagi mikroba.

(Nur, 2009)

Fermentasi dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu spontan dan tidak spontan. Fermentasi spontan adalah yang tidak ditambahkan mikroorganisme dalam bentuk starter atau ragi dalam proses pembuatannya, sedangkan fermentasi tidak spontan adalah yang ditambahkan starter atau ragi dalam proses pembuatannya.

2.6 Energi dan Kelistrikan

2.6.1 Energi

Energi merupakan kebutuhan dasar manusia, yang terus meningkat sejalan dengan tingkat kehidupannya. Bahan bakar minyak (BBM) memegang posisi yang sangat dominan dalam pemenuhan kebutuhan energi nasional. Pertumbuhan penduduk, pertumbuhan ekonomi dan harga energi menjadi dasar asumsi yang dikembangkan untuk memperoleh gambaran mengenai permintaan energi hingga tahun 2050. Berkurangnya produksi energi fosil terutama minyak bumi serta komitmen global dalam pengurangan emisi gas rumah kaca, mendorong Pemerintah untuk meningkatkan peran energi baru dan terbarukan secara terus menerus sebagai bagian dalam menjaga ketahanan dan kemandirian energi.

Listrik merupakan salah satu bentuk energi yang kita gunakan dalam kehidupan sehari-hari. Kata “Listrik” berasal dari Yunani yaitu elektron. Listrik adalah aliran elektron dari satu atom ke atom lainnya pada sebuah penghantar. Secara garis besar listrik dapat dibedakan dalam dua jenis yakni listrik statis dan listrik dinamis, sedangkan listrik dinamis dapat dibedakan menjadi dua macam yakni listrik arus searah (*Direct Current*) dan listrik arus bolak-balik (*Alternating Current*).

2.6.2 Kelistrikan

a. Konduktivitas Listrik

Menurut Saeni (1989), daya hantar listrik menunjukkan kemampuan fluida untuk menghantarkan listrik. Daya hantar listrik suatu larutan bergantung pada jenis dan konsentrasi ion di dalam larutan. Ion yang mudah bergerak mempunyai daya hantar listrik besar. Konduktivitas larutan sangat bergantung pada

konsentrasi ion dan suhu air. Semakin besar nilai daya hantar listrik berarti kemampuan dalam menghantarkan listrik semakin kuat.

b. Daya Listrik

Daya merupakan energi yang diperlukan tiap satuan waktu. Apabila suatu muatan lewat melalui hambatan, maka terjadi proses penurunan potensial. Jika selisih potensial kedua ujung resistor adalah V , maka jumlah energi yang hilang adalah :

$$P = V \cdot I \quad (5)$$

Hilangnya energi dalam resistor adalah sebagai akibat tumbukan yang berulang kali antara muatan yang mengalir dan atom-atom dari resistor. Akibatnya, atom mungkin bergetar disekitar posisi keseimbangannya. Peristiwa ini menyebabkan hilangnya energi dalam resistor dan berganti wujud panas (Tobing, 1996).

$$P = V \cdot I = (I \cdot R) \cdot I = I^2 \cdot R \quad (6)$$

Keterangan :

P : Power/Daya (Watt)

V : Tegangan (Volt)

I : Arus (Ampere)

R : Hambatan (Ohm)

Besaran Listrik

a. Arus Listrik

Apabila muatan listrik dalam keadaan bergerak, disebut arus listrik mengalir. Kuat arus didefinisikan sebagai kuantitas muatan melalui penampang penghantar setiap detik.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (7)$$

Dalam satuan SI, kuat arus I diukur dalam satuan ampere, disingkat A. George Simon Ohm (1789-1854) mengemukakan adanya hubungan antara kuat

arus yang mengalir dalam penghantar dengan selisih potensial kedua ujung penghantar itu, yang dinyatakan sebagai :

$$R = \frac{V}{I} \quad (8)$$

Dengan R merupakan hambatan penghantar, dalam SI, satuannya diukur dalam ohm, dilambangkan dengan Ω . Satu ohm hambatan sama dengan satu volt per satu ampere (Tobing,1996).

b. Beda Potensial Listrik

Dalam arus listrik yang mengalir di suatu penghantar, ada dua hal yang perlu diketahui. Pertama, ada selisih potensial yang menyebabkan muatan dibawa melalui penghantar. Kedua, muatan yang lewat melalui penghantar harus kontinu dan kembali ke titik awal ketika muatan itu mulai bergerak sehingga melalui penghantar dan seterusnya. Diantara keduanya selisih potensial-lah yang membuat muatan bergerak (Tobing,1996). Muatan bergerak dari satu titik ke titik lain melakukan suatu usaha (Wab). Jika Wab adalah usaha yang dikerjakan oleh sebuah partikel bermuatan Q dari titik a ke titik b, maka perbedaan potensial listrik antara titik a dan b, V_{ab} , didefinisikan sebagai :

$$V_{ab} = \frac{W}{Q} = V_a - V_b \quad (9)$$

dengan V_{ab} adalah beda potensial listrik antara titik a dan titik b (Faissler,1991).

Karena potensial listrik adalah energi potensial elektrostatik per-satuan muatan, satuan SI untuk potensial dan beda potensial adalah joule per coulomb volt (V).

$$1V = 1 J/C \quad (10)$$

Karena diukur dalam volt, beda potensial disebut voltage atau tegangan (Tipler, 1996).

2.7 Elektrokimia

Elektrokimia adalah ilmu yang mempelajari aspek elektronika dari reaksi kimia, yaitu ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan reaksi-reaksi kimia yang

menghasilkan energi listrik. Dalam elektrokimia, reaksi kimia yang terjadi adalah reaksi reduksi dan oksidasi atau dikenal dengan reaksi redoks. Proses dasarnya adalah adanya transfer elektron antara permukaan elektroda dengan molekul di dalam larutan yang berpartisipasi dalam reaksi redoks (Wang, 2000)

Dalam sel elektrokimia, dapat menghasilkan energi listrik dengan jalan pelepasan elektron pada suatu elektroda (oksidasi) dan penerimaan elektron pada elektroda lainnya (reduksi). Elektroda yang melepaskan elektron dinamakan anoda sedangkan elektroda yang menerima elektron dinamakan katoda. Jadi sebuah sel elektrokimia selalu terdiri dari dua bagian atau dua elektroda, setengah reaksi oksidasi akan berlangsung pada anoda dan setengah reaksi akan berlangsung pada katoda. Dengan kata lain pada sel elektroda kimia, kedua setengah reaksi dipisahkan dengan maksud agar aliran listrik (elektron) yang ditimbulkan dapat dipergunakan. Salah satu faktor yang menunjukkan sebuah sel adalah gaya gerak listrik (GGL) atau perbedaan potensial listrik antara anoda dan katoda (Bird, 1987).

Reaksi reduksi dan oksidasi adalah reaksi dengan perpindahan elektron dari satu senyawa ke senyawa lain, misalnya $\text{Cu} + 2 \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2 \text{Ag}$. Selain itu, oksidator adalah penerima elektron dan reduktor adalah pemberi elektron. Peristiwa elektrokimia telah dilakukan pada tahun 1737-1798 oleh Volta dan Luigi Galvani yang menghasilkan perdebatan di antara keduanya, dan akhirnya eksperimen Volta menunjukkan bahwa apabila dua elektroda yang memiliki beda potensial dihubungkan melalui elektrolit, maka akan mengalir arus listrik di antara kedua elektroda tersebut.

2.7.1 Reaksi oksidasi – reduksi

Oksidasi ialah perubahan kimia dimana suatu atom atau kelompok atom melepaskan elektron, dan reduksi ialah perubahan kimia dimana suatu atom atau kelompok atom menerima elektron. Transformasi yang mengubah atom netral menjadi ion positif berlangsung dengan melepaskan elektron yang disebut dengan proses oksidasi. Demikian pula, transformasi unsur netral menjadi anion harus diikuti oleh penambahan elektron yang disebut proses reduksi. Oksidasi dan

reduksi selalu berlangsung serentak, dan jumlah elektron yang dilepaskan pada oksidasi harus sama dengan jumlah elektron yang di dapatkan pada reduksi (Rosenberg,1996).

2.7.2 Elektroda-elektroda

Dua jenis elektroda adalah sebagai berikut :

a. Anoda

Anoda adalah tempat terjadinya oksidasi, bermuatan negatif yang disebabkan oleh reaksi kimia yang spontan, elektron akan dilepaskan pada fase ini.

b. Katoda

Katoda adalah elektroda-elektroda tempat terjadinya reduksi berbagai zat kimia. Pada sel galvanik, katoda bermuatan positif bila dihubungkan dengan anoda. Ion bermuatan positif mengalir ke elektroda ini untuk reduksi oleh elektron-elektron yang datang dari anoda (Dogra,1990).

2.7.3 Jenis-jenis sel elektrokimia

Sel Elektrokimia terutama digunakan untuk menghasilkan energi listrik yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Dibawah ini jenis-jenis sel elektrokimia

a. Sel Kering Leclance

Wadah seng dan selubung luar berfungsi sebagai anoda. Ditengah-tengah sel ditempatkan katoda karbon *inert*. Elektrolit yang berupa pasta terdiri dari MnO_2 $ZnCl_2$ NH_4Cl dan *carbon black*. Nilai GGL sel ini adalah kurang lebih 1,5 volt. Sel lenclance dikenal sebagai sel primer karena tidak dapat diisi kembali atau dengan kata lain reaksinya tidak dapat dibalik.

b. Aki (Accu)

Aki merupakan salah satu contoh sel sekunder karena reaksi reduksi yang berlangsung pada sel ini dapat dibalik dengan jalan mengalirkan arus listrik. Aki terdiri dari sebuah elektroda timbal dan sebuah elektroda PbO_2 yang dicelupkan dalam larutan asam sulfat. Kedua elektroda tadi mempunyai permukaan luas dan disusun berdekatan satu dengan yang lain dengan menggunakan rangka yang kaku. Apabila digunakan dalam waktu yang lama, maka kedua elektroda akan dilapisi

oleh lapisan PbSO_4 dan air yang dihasilkan akan mengencerkan asam sulfat yang terdapat dalam sel. Dengan demikian arus listrik dari luar dengan arah yang berlawanan, reaksi yang terjadi akan merupakan kebalikan dari reaksi. Asam sulfat akan terbentuk kembali dan PbSO_4 akan membentuk Pb dan PbO_2 lagi. Jadi dengan mengalirkan arus listrik dari luar dengan arah yang berlawanan, sel akan dapat digunakan lagi.

c. Sel bahan bakar

Suatu sel elektrokimia yang disusun sedemikian rupa sehingga bahan yang digunakan untuk membentuk elektroda secara terus-menerus diubah dalam sel untuk menghasilkan listrik (Bird,1987).

2.8 Sel Galvani

Sel galvani adalah sel dimana energi bebas dari reaksi kimia diubah menjadi energi listrik, disebut juga sebagai sel elektrokimia (Dogra,1990). Sel galvanik terdiri atas dua elektroda dan elektrolit. Elektroda merupakan penghantar listrik yang terdiri dari anoda dan katoda. Anoda adalah elektroda dimana terjadi reaksi oksidasi sedangkan katoda adalah elektroda dimana terjadi reaksi reduksi (Hiskia,1992).

Reaksi oksidasi-reduksi dapat membangkitkan listrik jika bahan pengoksidasi dan pereduksi tidak sama dalam larutan air. Susunan demikian untuk membangkitkan arus listrik. Reaksi oksidasi-reduksi terjadi apabila memiliki syarat sebagai berikut :

- a. Bahan pengoksidasi dan bahan reduksi tidak berada dalam kontak fisik satu sama lain, tetapi terdapat pada jarak yang terpisah, yang disebut setengah sel. Masing-masing setengah sel berisi larutan dan sebuah penghantar dari logam (elektroda).
- b. Bahan pereduksi dan bahan pengoksidasi di dalam setengah sel itu mungkin elektroda sendiri atau zat terlarut dalam larutan di mana elektroda itu berada.
- c. Larutan kedua setengah sel dihubungkan sedemikian rupa sehingga ion-ion dapat bergerak diantara keduanya. Potensial yang terbentuk antara kedua

elektroda itu menyebabkan arus listrik mengalir jika kedua elektroda itu dihubungkan satu sama lain dengan suatu rangkaian luar (Rosenberg,1996).

Sirkuit listrik dalam sel terdiri atas dua bagian, yaitu sirkuit luar (dimana elektron mengalir melalui penghantar logam) dan sirkuit dalam (dimana ion mengangkut muatan listrik melalui elektrolit). Dalam cara kerja sel galvanik sebagai berikut :

- a. Pada anoda terjadi oksidasi dan elektron bergerak menuju elektroda
- b. Elektron mengalir melalui sirkuit luar menuju ke katoda
- c. Elektron berpindah dari katoda ke zat dalam elektrolit, zat yang menerima elektron mengalami reduksi.
- d. Dalam sirkuit dalam, muatan diangkut oleh kation ke katoda dan oleh anion ke anoda (Hiskia, 1992).

2.9 Baterai

Baterai merupakan sel elektrokimia yang mengubah energi kimia yang disimpan menjadi energi listrik (Jayashanta et al., 2012). Baterai adalah suatu alat yang dapat menghasilkan energi listrik dengan melibatkan transfer elektron melalui suatu media yang bersifat konduktif dari dua elektroda (anoda dan katoda) sehingga menghasilkan arus listrik dan beda tegangan. Eksperimen Volta menjadi prinsip kerja baterai (Giancoli, 1998).

Prinsip kerja baterai berarti menggunakan prinsip elektro kimia dengan memanfaatkan proses reduksi-ossidasi dimana elektroda negatif (anoda) akan mengalami reaksi oksidasi sehingga elektron yang berada pada permukaan anoda akan terlepas dan dibawa oleh ion elektrolit menuju elektroda positif (katoda). Transfer elektron oleh ion elektrolit ini kemudian akan menghasilkan beda tegangan dan arus listrik jika dihubungkan atau dirangkaikan dengan komponen elektronika seperti dioda, resistor atau kapasitor (Kartawidjaja et al.,2011)

Baterai berbeda dengan aki, dalam baterai hanya dapat dipakai sekali saja, artinya sesudah baterai itu lemah, harus dibuang dan diganti yang baru. Sedangkan aki yang sudah lemah dapat diisi lagi atau disegarkan kembali. Oleh karena itu baterai disebut sel primer dan aki disebut sel sekunder (Soedoyo, 1998).

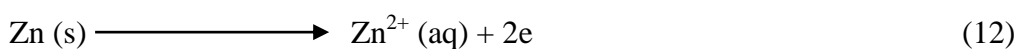
Menurut Alaudina. H. N. (2012) larutan elektrolit dalam air terdisosiasi ke dalam partikel-partikel bermuatan listrik positif dan negatif yang disebut ion (ion positif dan ion negatif). Jumlah muatan ion positif akan sama dengan jumlah muatan ion negatif, sehingga muatan ion-ion dalam larutan netral. Ion-ion inilah yang bertugas menghantarkan arus listrik. Larutan yang dapat menghantarkan arus listrik disebut larutan elektrolit. Larutan ini memberikan gejala berupa menyalnya lampu atau timbulnya gelembung gas dalam larutan. Sedangkan elektrolit dapat dikelompokkan menjadi larutan elektrolit kuat dan elektrolit (Sunanto, 2016).

2.10 Logam

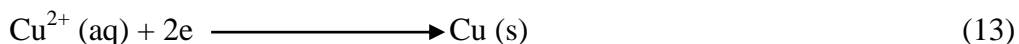
Logam adalah unsur dengan energi ionisasi dan elektronegativitas yang rendah. Logam sangat mudah kehilangan elektron, akibatnya apabila bereaksi dengan unsur nonlogam akan berbentuk ion positif (kation) dan dalam proses ini ia akan teroksidasi. Sehingga logam berperan sebagai zat pereduksi (Brady,1998). Potensial suatu elektroda hanya dapat dinyatakan terhadap potensial elektrode pasangannya. Untuk membandingkan besar potensial elektroda dari berbagai-bagai logam perlu dipilih suatu bahan tertentu terhadap mana potensial elektroda setiap logam akan dinyatakan. Untuk ini dipilahlah H₂ selaku elektroda standart. Hasil pengukuran potensial elektroda berbagai logam terhadap H₂ misalnya 0,34 V untuk Cu, -0,76 V untuk Zn, -1,55 V untuk Mg, 1,36 V untuk Au, 0,8 untuk Ag, -0,12 V untuk Pb dan seterusnya. Dari harga-harga tersebut terlihatlah bahwa potensial elektroda Cu terhadap Zn pada baterai adalah $0,34 \text{ V} - (-0,76) = 1,1 \text{ V}$ (Soedjojo,1998).

Apabila elektroda seng dan elektroda tembaga dihubungkan, maka elektron mengalir dari seng ke tembaga. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :

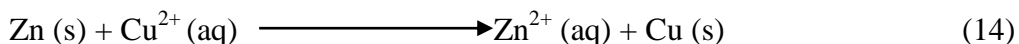
Oksidasi pada elektroda seng.



Reduksi pada elektroda tembaga



Jumlah kedua setelah reaksi di atas adalah



Apabila keduanya dihubungkan dengan alat pengukur voltase dan tidak ada arus yang keluar dari sel maka terdapat perbedaan potensial 1,10 V. Potensial ini disebut Daya Gerak Listrik (DGL). Perbedaan potensial dalam suatu sel merupakan ukuran perbedaan kedua elektroda untuk “mendorong” elektron ke sirkuit luar. Ini adalah “tekanan” listrik dalam menggerakkan elektron dari suatu elektroda ke elektroda lain (Hiskia, 1992).

Tembaga atau cuprum merupakan salah satu unsur kimia yang dilambangkan dengan Cu. Tembaga adalah unsur logam yang berbentuk kristal dengan warna kemerahan dan mempunyai titik didih 2600 °C serta titik leleh 1080 °C. Selain itu, tembaga merupakan konduktor panas dan listrik yang baik. Biasanya digunakan dalam bentuk paduan, karena dapat dengan mudah membentuk paduan dengan logam-logam lain diantaranya dengan logam Pb dan logam Sn (Vliet dkk, 1984).

Seng atau zinc merupakan unsur kimia dengan lambang kimia Zn. Mineral yang mengandung seng di alam bebas antara lain kalaminit, franklinit, smithsonit, wellenit dan zinkit. Logam ini cukup mudah ditempa dan lipat pada suhu 110-150 °C. Seng melebur pada temperatur 410 °C dan mendidih pada temperatur 906 °C. Seng adalah unsur yang paling melimpah dikerak bumi dan memiliki lima isotop stabil. Bijih seng yang paling banyak ditambang adalah seng sulfida. Pelapisan seng pada baja untuk mencegah perkaratan merupakan aplikasi utama seng, aplikasi lainnya meliputi penggunaannya pada baterai. Terdapat berbagai jenis senyawa seng yang dapat ditemukan, seperti seng karbonat dan seng glukonat (suplemen makanan), seng klorida (pada deodoran), seng pirition (pada sampo anti ketombe), seng sulfida (pada cat berpendar), dan seng metil ataupun seng dietil di laboratorium organik. Seng merupakan logam yang memiliki karakteristik cukup reaktif, berwarna putih kebiruan, pudar bila terkena

uap udara dan terbakar bila terkena udara dengan api hijau terang. Seng dapat bereaksi dengan asam, basa dan senyawa non logam (Widiowati dkk, 2008).

Pada rangkaian elektrokimia, elektroda dibagi menjadi dua bagian, yaitu katoda seperti tembaga (Cu) dan anoda seperti seng (Zn). Elektroda seperti Cu dan Zn merupakan kutub-kutub listrik pada rangkaian sel elektrokimia. Larutan ion mengalir melalui sepasang elektroda, elektroda positif menarik ion negatif dan elektroda negatif menarik ion positif. Bahkan elektroda yang ideal memiliki konduktivitas tinggi, luas permukaan spesifik yaitu luas permukaan per unit berat sebesar mungkin untuk penyerapan (Oren, 2007).

2.11 Kelistrikan Buah

Energi listrik dapat dihasilkan dari buah-buahan khususnya buah yang mengandung banyak asam sitrat (Kartawidjaja et al., 2008). Pada dasarnya suatu larutan asam dapat menghantarkan elektron dan menghasilkan arus listrik yang dapat digunakan sebagai bio-baterai. Prinsip bio-baterai hanya melibatkan transportasi elektron antara dua elektroda yang dipisahkan oleh medium konduktif (elektrolit) yang memberikan kekuatan gerak elektro berupa potensial listrik dan arus. Pada elektroda elektrolit, elektron mengalir dibawa oleh ion-ion dan kemudian mengalami elektrolisis. Elektrolisis berarti perubahan kimia yang diproduksi dengan melewati arus listrik melalui elektrolit. Aliran elektron dari katoda melalui elektrolit keanoda. Katoda adalah elektroda negatif, seperti lempengan tembaga, dan anoda adalah elektroda positif, seperti lempengan seng. Proses ini menghasilkan listrik dengan cara yang sama sebagai baterai volta. Lindstrom menyatakan bahwa pada buah dan sayuran yang mengandung asam dapat dijadikan larutan elektrolit.

Bila sepotong kawat penghantar dihubungkan diantara kedua benda yang berbeda muatan menyebabkan terjadinya perpindahan energi diantara benda – benda itu. Peralihan energi ini berlangsung terus selama ada beda potensial yang lebih dikenal dengan tegangan listrik. Terjadinya tegangan disebabkan adanya beda tiap muatan yang mempunyai tenaga potensial untuk menggerakkan suatu muatan lain dengan cara menarik atau menolak.