

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Taksonomi Tanaman Tebu

Menurut Wijayanto dan Kiswanto, 2014 menyatakan bahwa tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) termasuk tanaman perdu. Tebu merupakan tumbuhan monokotil dari famili rumput-rumputan (*Gramineae*). Batang tanaman tebu memiliki anakan tunas dari pangkal batang yang membentuk rumpun. Tanaman ini memerlukan waktu musim tanam sepanjang 11-12 bulan. Tanaman ini berasal dari daerah tropis basah sebagai tanaman liar. Sistematika tanaman tebu adalah:

Divisi : *Spermatophyta*  
Subdivisi : *Angiospermae*  
Kelas : *Monocotyledone*  
Ordo : *Graminales*  
Famili : *Graminae*  
Genus : *Saccharum*  
Species : *Saccharum officinarum* (L).

#### 2.2 Morfologi Tanaman Tebu

##### 2.2.1 Batang

Tanaman tebu memiliki batang yang berdiri lurus dan beruas yang dibatasi dengan buku-buku. Setiap buku terdapat mata tunas. Batang tanaman tebu berasal dari mata tunas yang berada di bawah tanah yang tumbuh dan berkembang membentuk rumpun. Diameter batang antara 3-5 cm dan tinggi batang antara 2-5 meter serta tidak bercabang. Morfologi batang tanaman tebu dapat terlihat hasil penelitian dalam gambar 2.1 dan 2.2



Gambar 2.2 Batang tanaman Tebu  
Sumber : Dokumentasi Pribadi 2021



Gambar 2.1 Tunas Tebu  
Sumber : Dokumentasi Pribadi 2021

### 2.2.2 Akar

tanaman tebu memiliki akar serabut dan tidak panjang, akar tanaman tumbuh di cincin tunas anakan. Pada pertumbuhan batang, akan terbentuk akar dibagian yang lebih tinggi diakibat pemberian tanah yang tinggi (bumbunan).

### 2.2.3 Daun

Daun tebu berbentuk busur panah seperti pita, berseling kanan dan kiri, berpelepah seperti daun jagung tetapi tidak bertangkai. Memiliki tulang daun yang sejajar serta melekuk dibagian tengah daun. Tepi daun tebu terkadang bergelombang serta memiliki berbulu keras.

### 2.2.4 Bunga

Bunga tanaman tebu mempunyai panjang antara 50-80 cm. Cabang bunga tahap pertama berupa karangan bunga dan pada tahap selanjutnya berupa tandan serta dua bulir dengan panjang 3-4 mm. Terdapat benangsari, putik dengan dua kepala putik dan bakal biji.

### 2.2.5 Buah

Buah tebu mirip seperti buah pada padi, mempunyai satu biji yang besar dengan lembaga 1/3 panjang biji. Biji tebu bisa ditanam di kebun percobaan untuk mendapatkan jenis baru dari hasil persilangan yang lebih unggul.

## **2.3 Syarat Tumbuh Tanaman Tebu**

Tanaman tebu berkembang baik di wilayah beriklim tropis dan sub tropis yaitu antara 19<sup>0</sup> LU- 35<sup>0</sup> LS. Tanah yang baik untuk tanaman tebu yaitu tanah yang tidak terlalu kering dan tidak terlalu basah. Akar tanaman tebu sangatlah peka terhadap kekurangan udara dalam tanah sehingga pengairan serta drainase perlu diperhatikan. Tanaman tebu bisa berkembang dengan baik pada berbagai macam tanah antara lain tanah aluvial, grumosol, latosol, dan regusol dengan ketinggian antara 0–1400 m diatas permukaan laut. Tetapi daerah yang sangat cocok yaitu daerah yang memiliki ketinggian kurang dari 500 m diatas permukaan laut. Tanaman tebu dapat berkembang dengan baik dengan curah hujan antara 1000-1300 mm per tahun serta memiliki iklim dengan 2 musim kering untuk tanah ringan dengan drainase yang bagus sedangkan untuk 4 musim kering harus memiliki air irigasi.

### **2.3.1 Tanah**

Tanaman tebu sangat cocok ditanam pada tanah yang bertekstur lempung, dikerenakan memiliki cukup unsur hara dan humus. Selain itu tanah lempung memiliki serapan dan drainase yang baik, serta lebih mudah diolah (Rintung dan Suryani, 2013). Tanaman tebu sangat dihindaki ditanam yang gembur sehingga memiliki aerasi udara yang cukup sehingga perakaran dapat berkembang dengan baik. Solum tanah harus memiliki minimal 50 cm serta pH antara 6-7,5. Tanah yang memiliki pH yang tinggi menjadikan ketersediaan unsur hara yang terbatas. Sebaliknya pada pH kurang dari 5 dapat menyebabkan keracunan Fe dan Al, sehingga perlu dilakukan pengapuran. Menurut Rintung dan Suryani, 2013 menyatakan bahwa sifat dan kondisi tanah sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kadar gula.

Tanaman tebu di Indonesia umumnya ditanam pada lahan kering. Tanah vertisol, ultisol dan inceptisol adalah tanah-tanah yang dominan di lahan kering di Indonesia. Tanaman tebu yang ditanam pada tanah ultisol memiliki pertumbuhan yang kurang baik dikarenakan agak bersifat asam (pH kurang dari 5,5). Tanaman tebu yang ditanam di tanah vertisol mempunyai perkembangan yang kurang baik, karena tanah vertisol memiliki sifat yang miskin akan unsur hara dan memiliki tektur yang sangat berat. Sedangkan tebu yang ditanam di tanah inceptiso akan memiliki pertumbuhan

yang terbaik, dikarenakan tanah inceptiso merupakan jenis tanah yang masih muda dan belum mengalami perkembangan lanjut dan memiliki kesuburan yang sedang. Selain itu budidaya tebu dilahan kering harus memperhatikan klon atau varietas tebu yang sesuai (Ramadhan dkk, 2014).

Menurut penelitian Ramadhan dkk, 2014 menyatakan rendemen tebu pada umur 12 bulan, klon PSJT 941 pada tanah inceptisol menghasilkan rendemen tertinggi yaitu sebesar 16,14% sedangkan rendemen terendah terdapat pada klon VMC 86-550 ditanah Ultisol yaitu sebesar 10,09%.

### 2.3.2 Iklim

Iklim mempengaruhi perkembangan tebu dan rendemen gula. Pada masa pertumbuhan awal tanaman tebu sangat membutuhkan banyak air, sedangkan pada fase masak tanaman tebu membutuhkan keadaan kering agar pertumbuhan berhenti. Apabila curah hujan tetap tinggi maka rendemen menjadi rendah. Tanaman tebu dapat berkembang dengan baik di daerah dengan curah hujan antara 1.000 – 1.300 mm per tahun dengan sekurang-kurangnya 3 bulan kering.

curah hujan yang cocok untuk perkembangan tanaman tebu antara lain:

1. Periode pertumbuhan vegetatif dibutuhkan curah hujan yang tinggi (200 mm per bulan) selama 5-6 bulan.
2. Periode berikutnya selama 2 bulan dengan curah hujan 125 mm dan 4 – 5 bulan dengan curah hujan kurang dari 75 mm/bulan merupakan periode kering.

Suhu cocok untuk pertumbuhan tanaman tebu antara 24 °C – 34 °C dengan perbandingan suhu antara siang dan malam tidak lebih dari 10 °C. Pengaruh suhu pada perkembangan dan pembentukan sukrosa pada tebu cukup tinggi. Pembentukan sukrosa berlangsung pada siang hari dan akan berjalan lebih maksimal pada suhu 30<sup>0</sup> C. Sukrosa yang terbentuk akan disimpan pada batang dan dimulai dari ruas paling bawah pada malam hari. Proses penyimpanan sukrosa ini sangat efektif dan maksimal pada suhu 15<sup>0</sup> C.

Tanaman tebu memerlukan penyinaran dari matahari selama 12-14 jam per hari. Proses fotosintesis akan berlangsung secara maksimal, apabila daun tanaman mendapatkan penyinaran matahari secara penuh. Jika pada siang hari cuaca berawan,

akan sangat mempengaruhi intensitas cahaya matahari yang akan berakibat pada menurunnya proses fotosintesis sehingga pertumbuhan akan terhambat. Kecepatan angin sangat berfungsi untuk mengatur keseimbangan kelembaban udara serta kadar CO<sub>2</sub> disekitar tajuk tanaman. Kecepatan Angin dengan kurang dari 10 km/jam di siang hari, akan berdampak positif bagi pertumbuhan tebu, sebaliknya angin yang mempunyai kecepatan melebihi 10 km/jam akan sangat mengganggu pertumbuhan dan perkembangan tanaman tebu bahkan mengakibatkan tanaman tebu dapat patah.

Hasil penelitian Rochimah dkk, 2015 menunjukkan bahwa pada periode tanam tahun 2009/2010 pada suhu udara 23,55°C, kelembaban 79,75°C dan radiasi matahari 328,55 Kal/cm<sup>2</sup> mendapatkan produktivitas 1045,35 kuintal/ha dengan rendemen 6,1% sedangkan pada periode tanam 2013/2014 dengan suhu udara 23,08 °C, kelembaban 75,21 °C, dan radiasi matahari 352,07 Kal/cm<sup>2</sup> mempunyai produktivitas 943,77 kuintal/ha dan rendemen 8,1%. Dalam hal ini bahwa curah hujan dapat mempengaruhi secara signifikan hasil dan rendemen tebu.

## **2.4 Pupuk**

### **2.4.1 Pupuk Kotoran Kambing**

Sumber bahan organik yang kita gunakan dapat berasal dari sisa dan kotoran hewan (pupuk kandang), sisa tanaman, pupuk hijau, sampah kota, limbah industry kompos. pupuk kandang merupakan campuran kotoran padat, air kencing dan sisa makanan (tanaman). Menurut Samadi (2005) dalam Shofi (2017) mengatakan pupuk kandang memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan pupuk anorganik yaitu :

- (1) dapat memperbaiki tekstur dan struktur tanah
- (2) menambah unsur hara
- (3) menambah kandungan humus dan bahan organik
- (4) memperbaiki kehidupan jasad renik yang hidup dalam tanah

Selain itu, kandungan nitrogen didalamnya pun terlepas secara pelan-pelan sehingga sangat menguntungkan pertumbuhan tanaman. Lebih jelas disajikan dalam tabel 2.1

Tabel 2.1 Komposisi Beberapa Jenis Pupuk Kandang

Jenis Ternak	Tekstur	Kadar Hara (%)			
		Nitrogen	Fosfor	Kalium	Air
Kuda	Padat	0,55	0,30	0,40	75
Sapi	Padat	0,40	0,20	0,10	85
Kambing	Padat	0,60	0,30	0,17	60
Ayam	Padat	1,00	0,80	0,40	55

(sumber: Aina Maya Shofi,2017)

Tabel 2.1 menunjukkan bahwa kandungan hara fases kambing menduduki kambing urutan ke 2 setelah fesse ayam. Akan tetapi dalam memilih kotoran ayam harus mengetahui jenis kotoran yang akan digunakan. Berbeda dengan kambing yang mana masyarakat masih banyak memberi makanan yang alami dan satu hari kambing akan menghasilkan kotoran sebanyak 4 kg/kambing.

Silvia dkk.(2012) mengatakan kotoran kambing memiliki kadar K yang lebih tinggi darai pada kandungan K pada pupk kandng yang berasal dari kotoransapi dan kerbau, namun lebih rendah dibandingkan dengan pupuk kandang dari kotoran ayam, babi dan kuda. Unsur K sndiri sangat berperan penting dalam hal metabolisme pada bagian tumbuh tanaman seperti halnya pada pembelahan sel dan proses sintesis protein serta berperan penting dalam pembentukan buah bagi tanaman. Sementara kadar hara P hampir sama dengan pupuk kandang lainnya.

Penggunaan pupuk kandang dalam skala besar dapat fungsikan sebagai pupuk dasar. Di Indonesia sebagian besar tanahnya berada pada kondisi kekurangan unsur hara dan memiliki struktur yang padat karena didominasi oleh unsur liat sehingga membutuhkan pupuk kandang dalam jumlah besar yaitu 10-20 ton/ha. Dosis penggunaan pupuk kandang untuk tanaman tebu yaitu 10-20 ton/ha mampu menghasilkan tebu 70,63-76,23 ton/ha pada lahan berpasir kering (Amir dkk, 2017).

Tekstur dari kotoran kambing merupakan khas, disebabkan berupa butiran-butiran yang agak sukar dipecah secara fisik sehingga sangat mempengaruhi terhadap proses dekomposisi dan proses penyediaan haranya. Nilai rasio C/N pukan kambing biasanya masih di atas 30. Pupuk kandang yang baik harus memiliki rasio C/N <20, sehingga kotoran kambing akan lebih baik penggunaannya bila dikomposkan terlebih dahulu. Kalaupun digunakan secara langsung, pukan ini akan memberikan manfaat

yang lebih baik pada musim kedua pertanaman. kandungan air pukan kambing relatif lebih rendah dari pukan sapi serta sedikit lebih tinggi dari pukan ayam. (Simanungkalit dkk, 2006).

#### 2.4.2 Pupuk Urea

Menurut Engelstad (1985) dalam Riady (2015) mengatakan pupuk urea merupakan pupuk padat kristalin putih sangat mudah larut didalam air dengan kandungan 46 % N. Urea menjadi sumber pupuk N yang terkemuka di dunia pada pertengahan tahun 1970. Sedangkan pengertian menurut Subagyo (1970) dalam Riady (2015) mengatakan bahwa pupuk urea ialah pupuk anorganik atau pupuk buatan sebagai sumber hara nitrogen yang bisa digolongkan berdasarkan jenis dan kandungan hara dalam bentuk tunggal dan pupuk urea agak masam. Pupuk urea mempunyai rumus kimia yaitu  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  atau  $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ . Urea sangat mudah larut dalam air dan juga mudah menjadi ion nitrat ( $\text{NH}_3^-$ ) yang mudah di serap oleh tumbuh-tumbuhan. Proses pelarutan urea dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2.3 Proses Pelarutan Urea

Syarief (1986) dalam dalam Riady (2015) mengatakan nitrogen ialah unsur hara utama bagi perkembangan tanaman, dikarenakan nitrogen merupakan penyusun dari semua protein dan asam nukleat. Dengan demikian nitrogen merupakan penyusun protoplasma secara keseluruhan. Menurut Djoehana, (1986) dalam Riady (2015) mengatakan bahwa nitrogen berfungsi untuk memicu pertumbuhan vegetatif, yaitu tanaman menjadi lebih hijau dan merupakan bahan penyusun klorofil daun yang penting untuk fotosintesa serta sebagai bahan penyusun protein serta lemak.

Menurut Notohadiprawiro (1998) dalam Riady (2015) menyatakan, bahwa pemberian pupuk urea dalam tanah, akan mempengaruhi sifat kimia dan biologi (hayati) tanah. Fungsi kimia dan biologi yang penting diantaranya adalah selaku penukar ion dan penyangga kimia, sebagai gudang hara N, P, dan S, pelarutan fosfat

dengan jalur kompleksasi ion Fe dan Al dalam tanah serta sebagai sumber energi mikroorganisme tanah.

Riady (2015) menyatakan, bahwa pada umumnya tanah di wilayah tropis kekurangan N. bila keadaan ini akan mengakibatkan tanaman menjadi kerdil, bunga akan terbentuk dalam waktu yang singkat dan tidak sempurna. Untuk memperbaiki nilai gizi dan sekaligus meningkatkan produktivitas hijauan makanan ternak di wilayah tropis maka perlu mensuplai unsur N. Unsur hara nitrogen yang dikandung dalam pupuk urea sangat besar kegunaannya bagi tanaman untuk perkembangan dan pertumbuhan, antara lain:

1. Daun akan lebih berwarna hijau segar dan mengandung banyak butir hijau daun (klorofil) yang mempunyai peranan sangat penting dalam proses fotosintesa.
2. Mempercepat pertumbuhan tanaman (tinggi, jumlah anakan, cabang)
3. Menambah kandungan protein tanaman
4. Dapat dipakai untuk semua jenis tanaman baik tanaman pangan, hortikultura, tanaman perkebunan, usaha peternakan dan usaha perikanan

Menurut Curley (1994) urea merupakan sumber N yang ideal dikarenakan nilai indeks garam rendah serta kelarutan tinggi dibandingkan dengan sumber N lain. Urea yang dipakai harus rendah biuret (kurang dari ataupun sama dengan 0,2%). Alternatif bentuk N lain adalah amonium polifosfat, cairan amonium ortofosfat, amonium tiosulfat, dan cairan amonium sulfat. Bahan tersebut harus diaplikasikan dalam jumlah rendah.

Nitrogen akan diserap oleh akar tidak hanya dalam wujud ion nitrat dan amonium, tetapi juga dapat terjadi dalam bentuk senyawa organik dengan bobot molekul yang rendah seperti asam amino (Richardson et al., 2009). Penyerapan N dalam bentuk nitrat umumnya memerlukan kation pasangan K. Sebab itu, dibandingkan dengan N dalam bentuk amonium, bentuk nitrat dapat meningkatkan serapan K (Bar Tal, 2011). Menurut Richardson et al. (2009) N selain diserap melalui aliran masa juga dapat melalui difusi. Jika dalam aliran masa faktor kadar air sekitar perakaran tanaman akan sangat penting, tetapi dalam mekanisme penyerapan secara difusi konsentrasi hara dalam air tanah akan berperan penting. Hal ini berbeda dengan

hara fosfor (P) serta kalium (K) yang biasanya diserap tanaman melalui difusi. mekanisme lain penyerapan hara oleh akar tanaman adalah dengan intersepsi, ialah melalui kontak hara dengan akar tanaman. Metode ini menguntungkan pada kondisi perkembangan akar yang lebat sehingga banyak membantu penyerapan hara. Proses yang terjadi dapat dijelaskan sebagai berikut

### Proses Nitrifikasi

Oksidasi enzimatis



Bakteri yang berperan *nitrosomonas* dan *nitrosococcus* (organisme nitrit )

### Proses Nitrifikasi

Oksidasi enzimatis



Bakteri yang berperan *nitrobakter* (organisme nitrat)

Asimilasi N dalam tanaman didahului dengan penyerapan N oleh akar. Penyerapan N dalam bentuk amonium berpotensi menimbulkan persaingan antara ion amonium dengan kalium. Serapan dalam bentuk nitrat memerlukan biaya energi lebih besar, respon terhadap amonium lebih tinggi dibanding nitrat (Huffman, 1989). Namun, serapan amonium terlalu tinggi dapat meracuni tanaman. Karena itu, umumnya direkomendasikan penggunaan N dalam bentuk amonium dan nitrat. Nitrat yang masuk ke dalam akar, selanjutnya akan mengalami reduksi di sitosol menjadi nitrit dengan bantuan enzim nitrat reduktase (NR). Selanjutnya akan terjadi reduksi nitrit dengan bantuan enzim nitrit reduktase (NiR). Proses terakhir ini menghasilkan amonium yang terjadi di plastida sel akar. Amonium mengalami metabolisme membentuk asam amino yang ditranslokasi ke bagian lain melalui floem atau disimpan di plastida (Smith et al, 2009).

Menurut penelitian Munirah, 2017 menyatakan bahwa pada metode *bud chips* pertumbuhan terhadap panjang akar varietas bululawang yang diberikan urea sebesar 0,3 gram menunjukkan rata-rata tertinggi yaitu 50,90 cm, selain itu dengan dosis yang sama yaitu 0,3 gram urea berpengaruh baik terhadap diameter bibit tebu *bud chips*

varitas kidang kencana pada umur 8 MST (Minggu Setelah Tanam) dengan nilai tertinggi yaitu 2,15 cm.

Menurut penelitian Isap, 2020 menyatakan dosis yang paling efektif pada tanah alluvial yaitu urea 20 gram dan gandasil d 40 gram, dikarenakan pemberian pupuk urea dan gandasil d pada tebu hitam varietas R 579 Bululawang sangat berperan penting untuk proses pertumbuhan dan kebutuhan unsur hara yang dapat dibuktikan mendapatkan nilai terbanyak pada jumlah ruas (6,50), parameter diameter batang (3 cm) dan Panjang ruas(13 cm).

#### 2.4.3 Petroganik

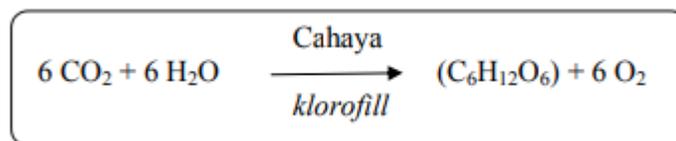
Menurut Adiningsih dan Rochayati (1988) dalam Indriati (2009) mengatakan penambahan bahan organik merupakan suatu tindakan perbaikan lingkungan tumbuh tanaman yang antara lain dapat meningkatkan efisiensi pupuk. Kondisi yang memprihatinkan tanah di Indonesia khususnya dipulau jawa karena kondisi kandungan C-organik sudah sangat rendah, rata rata kurang dari 2% padahal kondisi yang seharusnya adalah 5%. Kondisi tanah yang bagus terdiri dari udara 25%, bahan organik 5%, Air 25%, mineral 45%. Kondisi kandungan C-organik lahan pertanian kita yang sangat rendah karena akibat dari lahan lahan yang dikelola secara intensif tanpa memperhatikan kelestarian kesehatan tanah (tanpa usaha pengembalian bahan organik kedalam tanah).

Hal ini menjadi salah satu sebab terjadinya pelandaian produktivitas meskipun jenis dan dosis pupuk kimia ditingkatkan, karena tanah telah 20 menjadi sakit. Bahan organik tanah merupakan bagian dari tanah dan mempunyai fungsi yaitu: Meningkatkan kesuburan tanah dan menyediakan mikro hara dan faktor-faktor pertumbuhan lainnya yang biasanya tidak disediakan oleh pupuk kimia (anorganik) tanah dengan bahan organik yang rendah, mempunyai daya daya sangga hara yang rendah, sehingga pemupukan kurang efisien.

Menurut laporan Petroganik (2008) dalam Indriati (2009) bahwa proses produksi Petroganik adalah : Bahan baku terdiri dari pupuk kandang (kotoran sapi, kambing, unggas dll), limbah industri (limbah pabrik gula) limbah kota (sampah rumah tangga), filler. Kemudian bahan tersebut dihaluskan sehingga berbentuk butiran hingga

debu dengan cara di crusher dengan mesin crusher atau dengan cara manual dicangkul dan di ayak/ disaring. Bahan yang telah halus ditimbang sesuai dengan formula yang telah di tetapkan. Setelah dilakukan penimbangan bahan dicampur dengan mixtro, suplemen dan air di pan granulator. Bahan yang telah tercampur akan membentuk granul/ butiran. Hasil granul bahan kemudian didiamkan selama 2 -3 hari untuk menurunkan kadar air yang terdapat dalam hasil granul. Setelah setengah kering kemudian dilakukan pengeringan. Pengeringan dilakukan pada mesin dryer dengan kapasitas 7 – 10 ton perhari, dari mesin dryer dilakukan pengayakan pada mesin screen sehingga granule yang di ayak bisa sama besarnya. Dari mesin screen kemudian di packing dengan karung 20 Kg. Pupuk petroganik produksi PT. Petrokimia Gresik dengan spesifikasi sebagai berikut : Kadar C organik 12,5% , C/N Ratio : 10-25, pH 4-8, Kadar air : 4 – 12%. Penggunaan dosis pupuk organik yang optimal pada tanaman tebu yaitu 1000 kg/ha (Putra dkk, 2016). Menurut hasil penelitian Rahayu dkk, 2021 menyatakan bahwa dosis pupuk organik granul pada dosis 1500 kg/ha dapat meningkatkan tinggi batang dan diameter batang, yang mana pada tinggi batang umur 59 HST mempunyai rata-rata tertinggi 14,19 cm dan pada umur 87 HST rata-rata tertinggi 1,03 pada tebu varietas JR01 pada jenis tanah grumosol.

C-organik merupakan faktor penting penentu kualitas tanah. Proses sekuestrasi karbon tanah atau perpindahan CO<sub>2</sub> dapat dipertukarkan antara tanah dan atmosfer melalui proses fotosintesis dan dekomposisi. Tanaman menyerap CO<sub>2</sub> dan menahan karbon pada saat yang bersamaan melepaskan oksigen melalui proses fotosintesis (Harris Herman Siringoringo, 2014). Proses fotosintesis dapat terjadi pada semua tumbuhan yang mengandung pigmen klorofil dengan adanya cahaya matahari. Reaksi fotosintesis dijelaskan dalam gambar 2.4



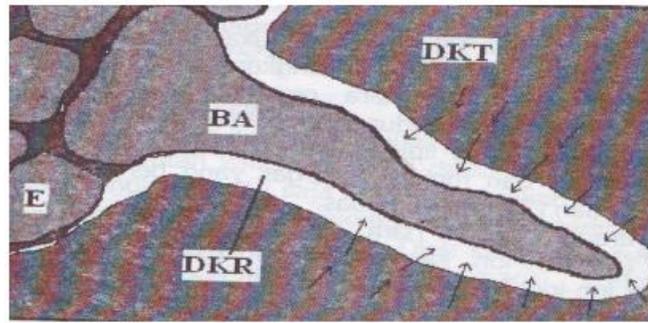
Gambar 2.4 Reaksi Fotosintesis

## 2.5 Mekanisme Penyerapan Unsur Hara

### 2.5.1 Difusi

Difusi adalah peristiwa Bergeraknya molekul-molekul dari daerah konsentrasi tinggi ke daerah konsentrasi rendah. Jadi gerakan molekul (hara) terjadi karena adanya perbedaan konsentrasi (concentration gradient). Dari hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa pasokan Ca dan Mg terutama adalah melalui aliran massa, sedangkan K dan P terutama oleh difusi. Hara yang diangkut ke permukaan akar melalui proses difusi tidak dapat dihitung secara langsung, tetapi dihitung sebagai selisih dari penyerapan hara total oleh tanaman dikurangi penyerapan oleh aliran massa dikurangi penyerapan oleh pertumbuhan akar.

Daerah rhizosfir memiliki konsentrasi lebih rendah dari pada daerah di luarnya, sehingga pergerakan unsur hara terjadi dari daerah luar rhizosfir menuju daerah rhizosfir. Akibat dari peristiwa ini unsur hara yang tadinya tidak kontak dengan akar menjadi bersinggungan dengan permukaan akar. Untuk selanjutnya penyerapan dapat dilakukan oleh akar tanaman. Kuantitas masuknya unsur hara (flux) ke dalam tanaman mengikuti persamaan :  $F = -D (KT - KR)$ , dimana  $F$  = flux;  $D$  = koefisien difusi;  $KT$  = konsentrasi tinggi; dan  $KR$  = konsentrasi rendah. (Wiraatmaja, 2016). Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Skematis terjadinya gerakan air dan unsur hara melalui difusi

Sumber : Wayan Wiraatmaja, 2016

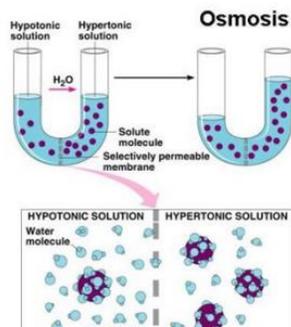
### 2.5.2 Osmosis

Osmosis adalah proses perpindahan air dari zat yang berkonsentrasi rendah (hipotonis) ke larutan yang berkonsentrasi tinggi (hipertonis), proses ini biasa melalui membran selektif permeabel dari bagian yang lebih encer ke bagian yang lebih pekat. Osmosis adalah difusi air melalui membran semi-permeabel, dari larutan yang banyak air ke larutan yang sedikit air. Definisi paling sederhananya adalah difusi air melalui membran semipermeabel (permeabel hanya kepada pelarut, tidak kepada terlarut). Osmosis melepaskan energi, dan bias melakukan kerja, sebagaimana akar pohon yang bisa membelah batu. Pelarut (dalam banyak kasus adalah air) bergerak dari larutan berkonsentrasi lebih rendah (hipotonik) ke larutan berkonsentrasi lebih tinggi (hipertonik) yang bertujuan menyamakan konsentrasi kedua larutan. Efek ini dapat dilihat dari bertambahnya tekanan pada larutan hipertonik relatif terhadap larutan hipotonik. Sehingga tekanan osmotik didefinisikan sebagai tekanan yang diperlukan untuk menjaga kesetimbangan, dengan tidak adanya aliran pelarut. Tekanan osmotik merupakan properti koligatif, yaitu properti yang gayut terhadap konsentrasi molar zat terlarut dan bukan terhadap jenis zatnya.

Osmosis merupakan fenomena yang penting di dalam sistem biologis karena kebanyakan membran biologis bersifat semipermeabel. Secara umum, membran-membran tersebut tidak permeabel terhadap bahan organik dengan molekul besar, seperti polisakarida, akan tetapi permeabel terhadap air dan zat-zat kecil dan tidak bermuatan. Permeabilitas juga gayut terhadap properti kelarutan, muatan atau sifat

kimiawi serta ukuran zat terlarut. Molekul air, misalnya, dapat bergerak melewati dinding sel, *tonoplast* (vakuola) atau protoplast dengan dua cara, yaitu dengan berdifusi melalui lapisan ganda *fosfolipida* secara langsung, atau melalui *aquaporin* (protein transmembran kecil yang memfasilitasi difusi dan membentuk kanal ion). Osmosis memberikan cara yang mudah bagi transpor air keluar atau masuk sel. Tekanan turgor sel dijaga dengan osmosis pada membran sel, antara bagian dalam sel dan lingkungannya yang relatif lebih hipotonik.

Membran semipermeabel harus dapat ditembus oleh pelarut, tapi tidak oleh zat terlarut, yang mengakibatkan gradien tekanan sepanjang membran. Osmosis



Gambar 2.6 Proses Terjadinya Osmosis  
Sumber : Khairuna, 2019

merupakan suatu fenomena alami, tapi dapat dihambat secara buatan dengan meningkatkan tekanan pada bagian dengan konsentrasi yang lebih encer. Gaya per unit luas yang dibutuhkan untuk mencegah mengalirnya pelarut melalui membran selektif permeabel dan masuk ke larutan dengan konsentrasi yang lebih pekat sebanding dengan tekanan turgor. Tekanan osmotik merupakan sifat koligatif, yang berarti bahwa sifat ini bergantung pada konsentrasi zat terlarut dan bukan pada sifat zat terlarut itu sendiri. Osmosis juga merupakan suatu topik yang penting dalam biologi karena fenomena ini dapat menjelaskan mengapa air dapat ditransportasi ke dalam dan ke luar sel (Khairuna, 2019). Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 2.6

### 2.5.3 Aliran massa

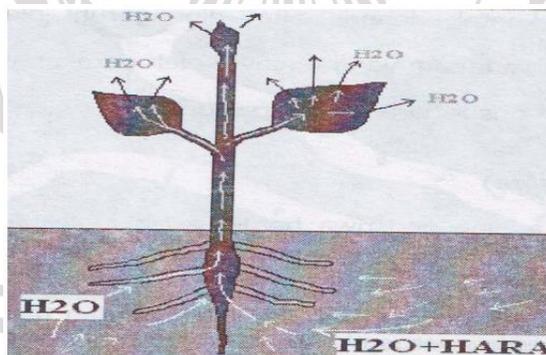
Aliran massa merupakan gerakan larutan hara (air dan hara mineral) ke permukaan akar yang digerakkan oleh transpirasi tanaman). Hara bergerak karena ada gradien potensial air. Aliran massa terjadi akibat adanya gaya tarik menarik antara

molekul-molekul air yang digerakkan oleh lepasnya molekul air melalui penguapan (transpirasi). Setiap ada molekul air yang menguap posisinya akan diisi oleh molekul air yang berada di bawahnya dan molekul air di bawahnya menarik molekul yang di bawahnya lagi sampai pada molekul air yang berada di luar sel epidermis bulu akar masuk ke dalam sel sambil menarik molekul air yang kebetulan kontak dengannya. Demikian tarikmenarik ini terjadi selama ada penguapan. Karena pergerakan ini terjadi tidak membutuhkan energi, maka peristiwa ini disebut transportasi pasif unsur hara dari larutan media tanam menuju sel epidermis bulu akar.

Kuantitas unsur hara yang dapat mencapai permukaan akar (*root surface*) melalui peristiwa aliran massa dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

- a. Sifat-sifat media tumbuh
- b. Kondisi iklim
- c. Kelarutan hara
- d. Spesies tanaman

Kuantitas unsur hara yang dapat diserap oleh akar tanaman melalui aliran massa dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :  $MF = C \times WU$ , dimana MF kontribusimass flow, C = konsentrasi unsur hara, WU = total air yang diserap tanaman (Wayan Wiraatmaja, 2016). Lebih jelas dapat dilihat pada gambar 2.7



Gambar 2.7 Skematis gerakan air dan unsur hara melalui aliran massa.  
Sumber : Wayan Wiraatmaja, 2016

## 2.6 Deskripsi Klon

Klon merupakan kelompok tanaman dalam satu spesies tertentu dan memiliki sifat yang dimiliki oleh kelompok tanaman lain dengan cara perbanyakan vegetatif. Perbanyakan secara vegetatif menyebabkan keseragaman genetik yang tinggi dengan indukan klon (Anwar dkk, 2021). Saat ini sudah terdapat lebih dari 70 klon tebu unggul yang telah dilepas di Indonesia, yang mempunyai karakteristik yang berbeda-beda. Sebagaimana klon mampu tumbuh di lingkungan yang kering dan sebagian di lingkungan yang basah (Muttaqin dkk, 2016). Klon tebu unggul salah satunya yaitu MLG 52 dan MLG 55 yang mempunyai hablu yang lebih tinggi sampai dengan 20% (Badan Litbang Pertanian, 2018). Contoh deskripsi PS891 varietas tebu dapat dilihat di lampiran 3.

