

## II. TINJAUAN PUSTAKA

Air dalam pembuluh xylem tumbuhan yang sedang bertranspirasi berada dalam keadaan tekanan hidrostatik negatif tegangan. Tegangan tersebut yang dialami oleh seluruh kolam air yang terdapat dalam pembuluh xylem, yang juga disebabkan oleh laju absorpsi air. Air yang mengisi tracheid mati dan pembuluh xylem merupakan kolam air yang kontinu dan bergerak bebas sepanjang tubuh tumbuhan atau secara harfiah ditarik ke atas secara utuh (Lakitan, 2004).

Air dapat diserap tanaman melalui akar bersama-sama dengan unsur-unsur hara yang terlarut didalamnya, kemudian diangkut kebagian atas tanaman, terutama daun, melalui pembuluh xylem. Pembuluh xylem pada akar, batang dan daun merupakan suatu system yang kontinu, berhubungan satu sama lain ( Lakitan, 2004 ).

Air merupakan kebutuhan pokok bagi semua tanaman juga merupakan bahan penyusun utama dari protoplasma sel. Di samping itu, air adalah komponen utama dalam proses fotosintesis, pengangkutan asimilat hasil proses ini ke bagian-bagian tanaman hanya dimungkinkan melalui gerakan air dalam tanaman. Dengan peranan tersebut di atas, jumlah pemakaian air oleh tanaman akan berkorelasi positif dengan produksi biomassa tanaman, hanya sebagian kecil dari air yang diserap akan menguap melalui stomata atau melalui transpirasi (Dwidjoseputro,1984).

Molekul air dapat terikat pada suatu permukaan hidrofilik oleh tenaga hidrasi dengan kekuatan antara - 100 MPa sampai 300 MPa. Dengan demikian air yang sudah berada didalam pembuluh xilem tidak akan tertarik lagi oleh gaya gravitasi (Sastrodinoto, 1980).

Penyerapan air yang tidak cukup oleh akar tumbuhan akan menimbulkan defisit air dalam tumbuhan, termasuk sel-sel daun yang akan mengakibatkan penurunan evaporasi air dari daun sehingga laju transpirasi menjadi rendah. Air pada system tanaman akan bergerak dari sumber air di dalam tanah, ke perakaran dan melewati jaringan xylem yang tersusun secara sinambung dan kontinu mulai dari akar, batang dan daun. Pergerakan air dalam tanah ke atmosfer dapat dibagi dalam 3 fase yaitu:

1. Larutan tanah, dipisahkan dari xilem oleh sebuah membran.
2. Pembuluh xilem yang berupa tabung sebagai penghubung antara akar dan daun.
3. Udara, dipisahkan dari ujung xilem bagian atas oleh sebuah membran (Feryanto 2011).

Feryanto, Indra. 2011. Panduan Praktikum Fisiologi Tumbuhan.

Tumbuhan adalah organisme autotrof sehingga membutuhkan beberapa zat untuk kelangsungan hidupnya. Pengangkutan dalam tumbuhan dilakukan oleh xilem dan floem. Xilem bertugas mengangkut mineral dan air yang diperlukan untuk fotosintesis. Sedangkan floem bertugas untuk mengedarkan hasil fotosintesis.

### 2.1 Jaringan Pengangkut

Jaringan pengangkut pada tumbuhan terdiri dari xylem yang menggunakan jaringan pengangkut air dan floem sebagai jaringan pengangkut bahan organik (bahan-bahan makanan). Xylem dan Floem bersama-sama sering disebut sebagai berkas pengangkut (berkas vascular). Tumbuhan yang mempunyai jaringan pengangkut disebut tumbuhan vaskular, termasuk di dalamnya Pteridophyta dan Spermatophyta. Dari kedua bagian berkas pengangkut itu, xilem mempunyai struktur yang lebih tegar sehingga dapat utuh sewaktu berubah menjadi fosil dan dapat dipakai sebagai bahan identifikasi bagi tumbuhan jenis vaskular.

### 2.2 Xilem

Xilem atau pembuluh kayu adalah jaringan kompleks yang terdiri atas beberapa tipe sel yang dindingnya mengalami penebalan dari zat kayu. Xilem sebenarnya berbentuk kolom-kolom panjang yang bagian tengahnya kosong. Pada dasarnya xilem merupakan jaringan kompleks karena terdiri dari beberapa tipe sel yang berbeda, baik yang hidup maupun tidak hidup. Penyusun utamanya adalah trakeid dan trakea sebagai saluran transpor dan penyokong. jaringan xylem memiliki dua fungsi dalam tanaman. Fungsi pertama adalah untuk mengangkut air dan juga mineral-mineral dari dalam tanah ke batang dan juga daun-daun. Fungsi kedua xylem adalah untuk menyangga tanaman itu sendiri sehingga ia tidak mudah jatuh atau roboh. Xilem juga dapat mempunyai serabut sklerenkim sebagai jaringan penguat, serta sel-sel parenkim yang hidup dan berfungsi dalam berbagai kegiatan metabolisme. Pada awalnya xilem

erupakan hasil aktivitas meristem apikal lewat pembentukan prokambium. Xilem yang terbentuk dari prokambium dinamakan xilem primer. Bila tumbuhan ini setelah pertumbuhan primernya lengkap, kemudian membentuk jaringan sekunder sebagai hasil aktivitas kambium, maka xilem yang terbentuk itu dinamakan xilem sekunder. Meski pun xilem primer dan xilem sekunder itu tidak berbeda bentuknya, tetapi keduanya akan berbaaur pada pertumbuhan selanjutnya.

Bila xilem primer diamati secara seksama akan ditemukan perbedaan perkembangan dan struktur xilem yang dibentuk pertama kali (protoxilem) dengan xilem yang dibentuk kemudian (metaxilem). Protoxilem menduduki tempat yang khas dalam struktur jaringan pengangkut primer. Pada tumbuhan tingkat tinggi, protoxilem batang letaknya paling dekat dengan empulur (di tengah, disebut xilem endarch) sedang di akar letaknya di sebelah luar metaxilem (disebut xilem exarch). (Yayan, 2004)

Xilem terdiri atas unsur-unsur sebagai berikut :

a. Trakeid dan Trakea

Telah menjadi anggapan umum bahwa trakeid merupakan unsur xilem yang lebih primitif dibanding trakea karena tumbuhan anggota Pteridophyta, Gymnospermae dan Spermatophyta fosil hanya mempunyai trakeid. Trakea dianggap berasal dari trakeid. Keduanya dalam keadaan dewasa berbentuk bulat panjang, berdinding sekunder terdiri dari lignin dan tidak mengandung kloroplas. Perbedaan pokok antara keduanya adalah bahwa pada trakeid tidak terdapat perforasi (lubang-lubang) sedangkan pada trakea ujung-ujungnya penuh lubang-lubang. Transpor air dan zat hara dalam trakea dapat berlangsung antara sel yang satu dengan sel lain secara bebas lewat perforasi, sedangkan dalam trakeid peristiwa itu berlangsung lewat noktah antara sel-selnya. Sel-sel pembentuk trakea tersusun sedemikian sehingga merupakan deretan memanjang (ujung bertemu ujung) dan perforasi pada ujung sel itu sangat sempurna atau bahkan dinding selnya hilang sehingga membentuk pipa panjang. Setelah terbentuk pipaini, dinding yang tidak mengalami perforasi mengadakan penebalan sekunder. Bentuk penebalan tersebut dapat seperti cincin, spiral atau jala. Tidak selalu ketiga bentuk itu dapat dijumpai pada tumbuhan yang sama.

a. Serabut Xilem

Serabut ini strukturnya serupa serabut sklerenkim meskipun asalnya dari trakeid yang berdiferensiasi lebih lanjut dengan dinding yang tebal dan noktah sederhana. Serabut dan trakeid saling melekat sehingga sulit dipisahkan, tetapi umumnya sel serabut lebih panjang dari trakeid karena ujungnya yang runcing dapat masuk di antara sel-sel sewaktu memanjang. Serabut xilem ini terlihat jelas pada xilem yang unsurnya terdiri dari trakeid dan trakea, sedang xilem yang hanya terdiri dari trakeid, serabut itu tidak jelas adanya.

b. Parenkim Xilem

Seperti halnya parenkim di tempat lain, sel-sel ini merupakan sel hidup, terdapat baik pada xilem primer maupun sekunder. Pada xilem sekunder, parenkim itu berasal dari kambium yang berbentuk fusiform atau bentuk sel jari-jari, sehingga diperoleh sel-sel yang sumbu panjangnya mengikuti arah jari-jari organ. Sel-sel parenkim ini mengandung berbagai senyawa umumnya tepung atau lipid, karena parenkim berfungsi sebagai penimbun cadangan makanan.

### 2.3 Floem

Floem juga merupakan jaringan kompleks, terdiri dari beberapa unsur dengan tipe yang berbeda, yaitu buluh tapisan, sel pengiring, parenkim, serabut dan sklereid. Kadang-kadang ada sel atau jaringan sekretori yang bergabung di dalamnya, misalnya kelenjar getah. Fungsi floem sebagai jaringan translokasi bahan organik (asimilat) yang terutama berisi karbohidrat. Dalam jumlah kecil ditemukan juga asam amino dan hormon.

Seperti halnya pada xilem, floem yang berasal dari perkembangan prokambium disebut floem primer dan yang merupakan hasil perkembangan kambium disebut floem sekunder. Harus diperhatikan di sini bahwa floem dan xilem yang strukturnya dan fungsinya berbeda itu pada pertumbuhan sekundernya berasal dari sel yang sama. Meskipun pada mulanya berkas-berkas floem letaknya terpisah, tetapi pada perkembangan selanjutnya akan membentuk kesatuan sistem karena saling beranastomosis (membentuk anyaman).

Jaringan Floem terdapat pada bagian kulit kayu. Jaringan Floem terdiri atas unsur-unsur sebagai berikut :

#### a. Pembuluh

Unsur penyusun pembuluh terdiri dari dua bentuk yaitu sel tapisan yang merupakan sel tunggal dan bentuknya memanjang dengan bidang tapisan terletak di samping atau ujung sel, terdapat pada tumbuhan Pteridophyta dan Gymnospermae. Bentuk kedua adalah buluh tapisan, terdapat pada Angiospermae, berupa berkas sel-sel memanjang yang masing-masing merupakan bagian dari buluh itu dan dihubungkan oleh satu atau lebih bidang tapisan biasanya terletak di ujung sel.

Sifat khas unsur pembuluh adalah adanya bidang tapisan pada dinding selnya, serta terdapatnya modifikasi protoplas yaitu tanpa nukleus. Bidang tapisan itu merupakan sekelompok lubang-lubang yang membatasi dua sel yang berdampingan dan dihubungkan oleh benang-benang plasma yang terdapat di dalam lubang-lubang tapisan itu (semacam plasmodesma pada saluran noktah). Lubang-lubang tapisan itu biasanya dilapisi oleh kalose yaitu semacam polimer glukose, sehingga lubangnya menjadi kecil. Kalose ini akan menipis (sehingga lubangnya membesar) bila pembuluh sedang aktif menyalurkan asimilat.

Jumlah bidang tapisan yang terdapat pada pembuluh berbeda-beda tergantung pada jenis tumbuhannya. Selain itu besarnya lubang tapisan juga bervariasi, umumnya yang besar terdapat di ujung sel.

Dinding sel unsur penyusun pembuluh adalah selulose, tidak pernah dijumpai penebalan lignin. Nukleus tidak terdapat pada sel yang telah dewasa, dan hilangnya nukleus itu terjadi pada saat diferensiasi. Pada awalnya sel pembuluh itu serupa sel prokambium yang lain, mempunyai banyak vakuola dan intinya tegas. Kemudian inti itu mengalami disintegrasi ke dalam plasma dan plasma itu sendiri kemudian membentuk benang-benang memanjang sejajar sumbu sel dan bersambungan dengan plasma sel sambungannya di lubang tapisan. Pada tumbuhan Dicotyledoneae pembuluh-pembuluh ini biasanya terisi lendir yang terdiri dari protein.

#### b. Sel Pengiring

Sel-sel pembuluh pada Dicotyledoneae dan Monocotyledoneae biasanya diikuti oleh sel parenkim khusus yang disebut sel pengiring. Sel itu terbentuk dari sel induk yang sama dengan sel pembuluh. Sel induk itu membelah satu atau dua kali secara memanjang serta tidak sama besar, menghasilkan sel pembuluh yang besar dan sel pengiring yang kecil. Dinding bersama antara sel pengiring dan sel pembuluh biasanya tipis, penuh dengan plasmodesmata. Berbeda dengan sel pembuluh, sel pengiring ini tetap mempunyai nukleus pada waktu dewasa. Sel pengiring tidak dijumpai pada tumbuhan Gymnospermae dan Pteridophyta dan juga tidak ada pada protofloem Dicotyledoneae.

#### c. Parenkim Floem

Selain terdiri dari pembuluh dan sel pengiring, floem juga mengandung sejumlah sel parenkim yang fungsinya serupa sel parenkim lainnya, misalnya sebagai penimbun lemak dan tepung. Sel parenkim ini secara fungsional berintegrasi dengan sel pengiring. Bentuk sel parenkim ini memanjang dan sumbu panjangnya sejajar dengan sumbu berkas pengangkut.

Seperti halnya pada parenkim xilem, floem sekunder juga mempunyai dua macam bentuk parenkim sesuai dengan bentuk sel kambium yang membentuknya (fusiform atau jari-jari). Pada saat floem masih aktif, sel parenkim ini tidak mengalami penebalan dinding. Kemudian bila floem itu tidak berfungsi lagi, parenkim ini akan berubah menjadi sklerenkim atau menjadi felogen.

#### d. Serabut Floem

Serabut floem terdapat baik pada floem primer maupun sekunder. Serabut ini segera membentuk dinding sekunder setelah selesai pertumbuhan memanjangnya. Umumnya penebalan itu berupa lignin, ada yang selulose. Noktah yang terjadi sederhana. Serabut ini berfungsi sebagai penguat sejak awal atau terjadi dari parenkim floem setelah sel pembuluh tidak berfungsi lagi.

### 2.4 Kambium

Kambium adalah lapisan sel atau lapisan jaringan pada tumbuhan yang aktif membelah. Kambium terdapat di antara Xilem dan Floem.

#### a. Kambium Fasikuler (Kambium Primer).

Kambium ini terdapat di antara Xilem dan Floem pada tumbuhan dikotil dan Gymnospermae. Khusus pada tumbuhan monokotil, kambium hanya terdapat pada batang tumbuha

n Agave dan Pleomele. Kambium fasikuler ke arah dalam membentuk Xilem dan ke arah luar membentuk floem. Sementara ke samping membentuk jaringan meristematis yang berfungsi memperluas cambium. Pertumbuhan oleh cambium ini disebut pertumbuhan sekunder.

b. Kambium Sekunder (Kambium gabus/ Kambium Felogen)

Kambium ini terdapat pada permukaan batang atau akar yang pecah akibat pertumbuhan sekunder. Kambium gabus ke arah luar membentuk sel gabus pengganti epidermis dan ke arah dalam membentuk sel feloderm hidup. Kambium inilah yang menyebabkan terjadinya lingkaran tahun pada tumbuhan.

Transportasi pada tumbuhan merupakan proses mobilisasi, pergerakan perpindahan atau pengangkutan air, mineral dan hasil fotosintesis ke seluruh bagian tumbuhan.

Air dan garam mineral dapat masuk ke dalam tubuh tumbuhan dengan cara :

a. Pengangkutan Ekstravaskular, yaitu pengangkutan yang terjadi di luar berkas pengangkut. Pengangkutan ini terjadi pada akar dimulai dari bulu akar? epidermis? korteks? endodermis? perisikel, terus ke xilem akar. Pengangkutan ini dibedakan menjadi 2:

? jalur simplas, transpor melewati plasmodesmata.

? jalur apoplas, transpor melewati dinding serta ruang antarsel.

b. Pengangkutan Intravaskuler Yaitu pengangkutan yang berlangsung dalam berkas pengangkut. Dalam pengangkutan air, air diangkut dari xilem akar ke xilem batang dan diteruskan ke daun. Sedangkan pengangkutan hasil fotosintesis melalui pembuluh tapis atau floem. Tenaga yang menyebabkan terjadinya pengangkutan ini ialah:

Tekanan akar (timbul karena pergerakan air secara osmosis, ketika bulu akar menyerap air dari dalam tanah). Daya kapilaritas (terjadi karena daya dorong, hidrasi pada dinding xilem dan daya kohesi air) dan Daya isap daun (ditimbulkan oleh adanya transpirasi dari daun dan fotosintesis).

Pengangkutan zat organik hasil fotosintesis, diangkut melalui pembuluh floem menuju seluruh bagian tumbuhan yang memerlukan. Pengangkutan ini disebut translokasi dan bersifat bidireksional, artinya pada saat yang sama dapat menuju ujung atau pangkal batang (dua arah). Air yang diangkut oleh xilem digunakan untuk fotosintesis dan transpirasi. Kecepatan transportasi diatur oleh transpirasi pada stomata dan dipengaruhi oleh keadaan lingkungan, misalnya kelembaban suhu, cahaya, angin dan kandungan air tanah.