

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Pohon Rambutan (*Nephelium lappaceum. L*)

1. Diskripsi dan Klasifikasi Pohon Rambutan.

Pohon rambutan mempunyai ciri-ciri sebagai berikut : Tinggi, biasanya 15-25 m. Daun majemuk menyirip, anak daun 4-6 (kadang 8), eliptis memanjang sampai memanjang, dengan ujung yang meruncing pendek, kerap kali mengering dan rontok. Bunga dalam malai yang berbentuk tandan berambut, warna karat, terkumpul menjadi malai di ujung. Berkelamin satu, berumah dua. Kelopak berbentuk cawan, bercangap 4-5, panjang lebih kurang 1,5 cm. Dasar bunga sedikit menonjol, segi lima gundul. Benang sari 5-8. Bakal buah berbentuk jantung terbalik, beruang 2-3. Tangkai putik dengan kepala putik yang melengkung melingkar. Buah bentuk bola sampai elipsoid lebar, tanpa duri tempel, panjang 3-5 cm, berwarna merah atau kuning, dinding buah tebal. Biji elipsoid dengan selubung biji berair, putih seperti gelas dan bisa dimakan. Kulit biji tipis dan berkayu (Van Steenis, 1975).

Klasifikasi rambutan menurut Tjitrosoepomo (1989) adalah sebagai berikut :

Divisi : Spermatophyta
Kelas : Angiospermae
Anak kelas : Dicotyledoneae
Bangsa : Sapindales
Suku : Sapindaceae
Marga : *Nephelium*
Jenis : *Nephelium lappaceum. L*

2. Struktur Daun Rambutan.

Daun rambutan merupakan daun majemuk menyirip dengan kedudukan dorsiventral. Permukaan atas halus dan warnanya lebih gelap dibandingkan permukaan bawah yang kasar dan berwarna lebih terang.

Seperti halnya akar dan batang, daun terdiri atas tiga jaringan. Jaringan-jaringan itu telah termodifikasi sehingga memungkinkan terjadinya pertukaran gas. Pada dasarnya daun terdiri atas epidermis yang biasanya selapis dan jaringan dasar yang disebut mesofil. Mesofil ditembus oleh jaringan pembuluh dan oleh ruang udara antar sel. Daun merupakan organ yang pertumbuhannya terbatas, yaitu tumbuh sampai suatu ukuran tertentu kemudian berhenti dan gugur.

Epidermis menutupi permukaan daun bagian atas dan bawah, kemudian dilanjutkan ke epidermis batang. Sel epidermis langsung berhubungan dengan udara. Pada dinding luarnya dilindungi oleh suatu zat berlemak yang disebut kutin. Kutin membentuk lapisan monoseluler terpisah yang disebut kutikula. Adanya kutin memegang peranan penting dalam membatasi penguapan pada daun. Karena kutikula bersifat tidak elastik dan sel epidermis berlekatan satu sama lain, maka epidermis dapat mempertahankan kekakuan daun sehingga dapat melindungi sel-sel mesofil dibawahnya (Loveless, 1991).

3. Stomata Daun Rambutan.

a. Struktur dan Distribusi.

Stomata berasal dari kata Yunani *Stoma*, yang berarti porus atau lubang. Stomata merupakan lubang-lubang yang terdapat pada epidermis yang masing-masing dibatasi oleh dua buah sel penutup atau *guard cell*. Sel penutup merupakan sel yang telah mengalami perubahan bentuk dan fungsi sehingga dapat mengatur besarnya lubang yang ada di antaranya (Dwidjoseputro, 1989).

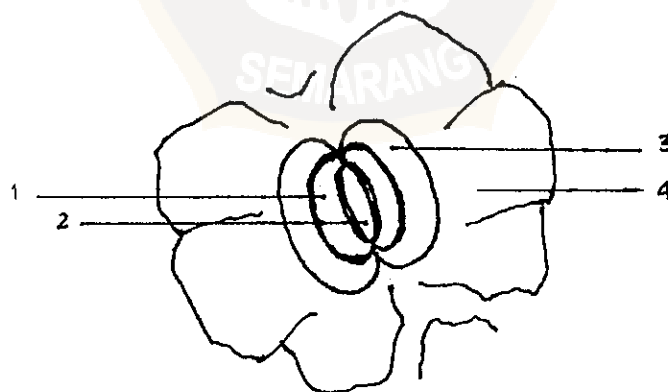
Menurut Kartasapoetra (1991) stomata terdiri dari tiga bagian, yaitu : sel penutup, lubang dan sel tetangga atau *subsidiari cell*. Selain itu terdapat ruang udara dalam yang merupakan ruang antar sel. Ruang ini mempunyai fungsi ganda, yaitu untuk fotosintesis dan respirasi.

Sel penutup terdiri dari sepasang sel yang kelihatannya simetris dan umumnya berbentuk ginjal. Rambutan termasuk dalam golongan tersebut, yaitu mempunyai sel penutup yang berbentuk ginjal (Tamieson dan Reynold, 1967). Antara kedua sel penutup terdapat lubang dan sel penutup dapat mengatur membuka dan menutupnya lubang stomata. Sel tetangga merupakan sel yang berada di sekitar atau mengelilingi sel penutup. Dikatakan pula oleh Dwidjosepoetro (1988) bahwa sel sel penutup mengandung kloroplas yang berisi klorofil, pospat organik dan enzim posporilase.

Stomata ditemukan pada sebagian besar jenis epidermis dari tanaman berbunga dan angiospermae tetapi banyak terdapat terutama pada daun-daunnya. Pada sebagian besar pohon angiospermae termasuk rambutan, daun-daunnya memiliki stomata terbatas pada permukaan bawah dan karenanya disebut *hipostomatus* (Wilkins, 1989).

Tamieson dan Reynold (1967) menyatakan bahwa pada beberapa daun, stomata hanya terbatas pada permukaan bawah. Sedang pada tanaman air yang daunnya mengapung, stomata hanya terdapat pada permukaan atas. Gambar 01 menunjukkan penampang membujur sebuah stomata daun rambutan dengan sel-sel epidermis yang disekitarnya.

Gambar 01. Penampang membujur stomata daun rambutan (*Nephelium lappaceum. L*).



Keterangan :

- | | |
|----------------|------------------|
| 1. sel penutup | 3. sel tetangga |
| 2. lubang | 4. sel epidermis |

b. Fungsi Stomata.

Telah diketahui bahwa cahaya, air, karbon dioksida dan nutrien diperlukan dalam proses metabolisme tanaman. Dalam kaitannya dengan metabolisme, permukaan daun melakukan dua fungsi, di satu pihak harus mengasimilasi karbon dioksida udara, di pihak lain dalam waktu yang sama harus mengurangi evaporasi sekecil mungkin. Dengan demikian pengaturan sistem ini sangat diperlukan. Organ yang paling berperan dalam hal ini adalah stomata (Leopold dan Kriedeman, 1975).

c. Mekanisme Gerakan Stomata

Membuka dan menutupnya stomata disebabkan oleh perubahan dalam keseimbangan antara sel-sel penutup dan sel-sel tetangga. Suatu kenaikan turgor dalam sel-sel penutup menyebabkan pengembangan elastik pada dindingnya. Stomata akan membuka melalui gerakan menjauhnya dinding perut sel penutup. Namun apabila tekanan turgor rendah, maka stomata akan menutup kembali. Hal ini berarti membuka dan menutupnya stomata ditentukan oleh turgor yang terjadi pada sel penutup (Abidin, 1987; Goldsworthy dan Fisher 1992).

Pernyataan tersebut dikuatkan oleh Loveless (1991) yang menyatakan bahwa bentuk sel penutup ditentukan oleh keadaan turgornya. Jika sel-sel ini mengalami peningkatan volume dibandingkan dengan sel-sel disekitarnya, maka akan menyebabkan pembesaran

lubang stomata. Jelaslah untuk mekanisme ini diperlukan dua persyaratan dasar, yaitu : harus ada alat pengubah turgor sel dan alat yang dengan perubahan turgor dapat mengubah volume dan bentuk sel penutup, yang selanjutnya merubah ukuran lubang stomata.

Menurut Wilkins (1989) bahwa terdapat kebutuhan oksigen untuk pembukaan stomata. Hal ini bisa berarti bahwa pembukaan stomata tergantung pada sebuah proses aktif yang membutuhkan oksigen, sedang pada penutupan tidak.

d. Faktor-faktor yang Berperan dalam Membuka dan Menutupnya Stomata.

Karbon dioksida. Stomata akan menyempit bila kadar karbon dioksida ruang antar sel meningkat. Bila fotosintesis bersih berkurang, kadar karbon dioksida ruang antar sel meningkat dan tahanan stomata akan meningkat. Sebaliknya bila fotosintesis meningkat, karbon dioksida ruang antar sel berkurang sehingga menyebabkan terbukanya stomata.

Cahaya. Pada kebanyakan tanaman berkurangnya cahaya menyebabkan pembukaan stomata berkurang. Hal ini tidak tergantung pada kadar karbon dioksida di ruang antar sel yang meningkat oleh laju fotosintesis yang menurun. Membukanya stomata secara langsung oleh cahaya, paling peka bila dirangsang oleh cahaya biru. Dengan demikian stomata akan lebih cepat membuka pada

dini hari, sebelum fotosintesis menurunkan karbon dioksida dalam ruang antar sel sampai pada siang hari.

Suhu. Stomata menunjukkan pembukaan maksimum pada suhu tertentu. Pembukaan akan mengecil bila suhu turun atau naik. Bila faktor-faktor lain diusahakan konstan, stomata membuka lebih lebar bila suhu meningkat. Di bawah kondisi tidak terkendali, berkurangnya pembukaan oleh peningkatan suhu disebabkan penurunan laju fotosintesis yang mengakibatkan kadar karbon dioksida ruang antar sel meningkat.

Potensial air daun. Pembukaan stomata biasanya mengecil bila potensial air daun menurun. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya kadar asam absisat dalam mesofil ketika potensial air daun berkurang.

Kelembaban. Dalam hubungannya dengan kelembaban, stomata akan menyempit bila laju penguapan tinggi. Hal ini dapat mencegah kekurangan air yang membahayakan tanaman yang tumbuh di daerah yang laju evaporasinya tinggi. Mekanisme ini berlaku pada lingkungan yang mempunyai variasi suhu harian tinggi, sehingga pembukaan stomata dapat lebar pada pagi dan sore hari, ketika laju penguapan rendah. Pada tengah hari laju penguapan sangat tinggi sehingga pembukaan sangat berkurang.

Angin. Pada kebanyakan jenis tanaman kenaikan kecepatan angin menyebabkan pembukaan stomata berkurang.

Laju fotosintesis. Penurunan laju fotosintesis akan mengurangi pembukaan stomata. Hal ini dapat mengawetkan air serta meningkatkan potensial air melalui pengurangan transpirasi tersebut (Goldswarthy dan Fisher, 1992).

e. Pertukaran Gas antara Daun dan Udara yang Tercemar.

Bagi tanaman yang tumbuh di daerah dengan udara tercemar, adaptasinya untuk mendukung asimilasi karbon dioksida juga cenderung merangsang pengambilan gas lain ke dalam mesofil daun. Sebagai contoh, banyak jenis tanaman yang lebih sensitif terhadap sulfur dioksida selama siang hari ketika stomata terbuka dari pada selama malam hari (Mansfield dalam Fitter dan Hay, 1988).

Difusi karbon dioksida atau molekul pencemar ke tempat asimilasi atau ke dalam mesofil daun, dikontrol oleh tahanan difusi daun yang terdiri dari suatu seri komponen yaitu : 1. tahanan lapisan batas yang berada di luar permukaan daun; 2. tahanan stomata; 3. tahanan kutikula; 4. tahanan mesofil. Tahanan lapisan batas dan tahanan stomata tergantung pada berat molekul dari molekul yang berdifusi. Jadi stomata juga berperan dalam mengontrol pemasukan gas-gas dari udara (Meidner dan Mansfield, 1968).

Sejumlah laporan menyebutkan bahwa dalam kondisi lapangan, absorpsi gas-gas pencemar seperti halnya pengambilan karbon dioksida secara normal akan

dibatasi oleh lubang stomata. Sebaliknya beberapa gas fitotoksik dapat menguasai kontrol tanaman terhadap lubang stomata. Sulfur dioksida dapat menyebabkan stomata membuka meskipun daun dalam keadaan stres air. Akibatnya akan mengarah pada kenaikan absorpsi sulfur dioksida dan hilangnya air (Spedding, 1969 dalam Fitter dan Hay, 1988).

f. Pengaruh Gas Pencemar pada Stomata.

Beberapa peneliti menyatakan bahwa stomata telah diidentifikasi sebagai salah satu tempat utama penyerangan oleh pencemar, namun sampai sekarang mekanismenya belum diketahui. Kemajuan yang telah dicapai dalam pengamatan terhadap ciri stomata, mengarah pada penghindaran kerusakan mesofil. Sebagai contoh stomata tanaman yang sensitif terhadap ozon, menutup dengan cepat dan tetap menutup selama periode fumigasi. Dengan demikian akan menutup jalan masuk gas ke dalam mesofil. Disamping itu juga diketahui adanya kerapatan stomata yang rendah (Raschke, 1975).

B. Lingkungan Udara

1. Komposisi Udara.

Udara terdiri atas campuran dari berbagai macam gas. Gas merupakan suatu substansi yang terdiri atas molekul-molekul yang bergerak cepat ke arah yang tidak beraturan, sehingga menekan ke segala arah dan selalu mengisi penuh ruang udara (Prawiro, 1983).

Udara selalu mengandung uap air dan banyak sedikitnya tergantung pada temperatur dan keadaan setempat. Udara di alam selalu basah, yaitu mengandung uap air. Pada waktu hujan dikatakan udara jenuh uap air, artinya mempunyai kelembaban 100 %. Udara yang kering sama sekali tidak ada, kecuali dalam laboratorium (Darsono, 1992)

Disebutkan pula oleh Riyadi (1984) bahwa komposisi udara di alam yang penting bagi kebutuhan organisme tersaji pada tabel 01.

Tabel 01. Komposisi udara di alam (Riyadi, 1984).

Macam gas	Persen volume
Nitrogen	78,09
Oksigen	20,95
Argon	0,93
Karbon dioksida	0,03
Neon, Helium, Ozon, dan Krypton	tercampur dalam 5 % uap air

2. Pencemaran Udara.

Udara yang mengelilingi bumi mempunyai manfaat yang sangat penting bagi kehidupan. Di dalamnya terdapat oksigen untuk respirasi, karbon dioksida untuk proses fotosintesis dan ozon untuk melindungi bumi dari radiasi ultra violet (Darsono, 1992). Udara dikatakan mengalami pencemaran apabila mengandung zat-zat tertentu yang karena sifatnya atau jumlahnya yang terlalu banyak hingga

menimbulkan gangguan bagi makhluk hidup yang menempati. Jadi pencemaran dapat diartikan sebagai sesuatu yang mencampuri medium murni (Prawiro, 1983).

Menurut keputusan Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup no. Kep-02/MENKLH/1988 disebutkan bahwa pencemaran adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara menjadi kurang atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Darsono, 1992).

3. Macam Pencemar.

Prawiro (1983) menyatakan macam-macam pencemar udara dapat digolongkan dalam :

a. Pencemar yang berbentuk partikel.

Ini meliputi partikel cair maupun padat. Partikel cair terdiri dari uap air yang membentuk kabut dekat permukaan tanah. Apabila kabut tersebut berada bersama-sama dengan gas-gas pencemar lain, maka akan menimbulkan apa yang disebut dengan *smog*

b. Pencemar yang berbentuk gas.

Ini meliputi berbagai macam gas yang masuk ke dalam lingkungan udara dan menimbulkan pencemaran bagi kehidupan, antara lain :

Karbon dioksida (CO₂). Gas ini sesungguhnya bukan racun, bahkan diperlukan untuk fotosintesis. Bila gas ini jumlahnya terlampau banyak dapat mengganggu

pernafasan. Pencemaran oleh CO_2 pada waktu ini lebih banyak disebabkan oleh pembakaran yang dilakukan oleh masyarakat modern. Demikian juga minyak bumi, dari bensin sampai yang paling kental seperti aspal bila dibakar akan menghasilkan CO_2 .

Karbon monoksida (CO). Merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau tetapi bersifat racun. Gas ini masuk ke udara pada waktu pembakaran bahan bakar minyak. Ini terjadi pada pembakaran yang tidak sempurna, kekurangan oksigen atau proses persenyawaan dengan oksigen yang kurang lancar. Gas buang kendaraan bermotor dan mesin letup lainnya menjadi sumber utama CO. Jadi jalan raya atau bengkel kendaraan bermotor merupakan tempat yang sering mengalami pencemaran gas tersebut.

Sulfur dioksida (SO_2). Sulfur dioksida merupakan hasil pembakaran belerang atau hasil proses kimia lainnya. Pembakaran batu bara dan minyak bumi termasuk bensin dan solar dapat menghasilkan SO_2 , karena bahan-bahan bakar tersebut pada umumnya mengandung belerang. Di udara sebagian kecil dari SO_2 akan berubah menjadi SO_3 , selanjutnya bila gas ini bercampur dengan air hujan akan membentuk H_2SO_4 .

Senyawa Nitrogen (NO_2). Udara alam mengandung sedikit sekali NO_2 yang berasal dari reaksi antara nitrogen dan oksigen oleh pengaruh sinar matahari. Gas ini juga dihasilkan dalam mesin letup kendaraan oleh

pengaruh temperatur tinggi yang terjadi di dalam mesin. Karena di kota besar banyak kendaraan bermotor yang mengeluarkan senyawa NO_2 , maka udara kota sering tercemar oleh senyawa tersebut.

Gas Ozon. Terdapat di alam dalam jumlah yang sangat sedikit. Lapisan udara bagian atas mempunyai kadar ozon yang lebih banyak akibat pembentukan oleh matahari.

Gas Hidrogen Flourida. Gas yang mempunyai rumus HF ini sifatnya sangat tajam, mudah merusak barang-barang dan juga berpengaruh terhadap tanaman. Gas ini tidak banyak terdapat di udara, biasanya disebarkan oleh industri khusus misalnya industri aluminium.

4. Sumber Pencemar.

Pada umumnya sumber pencemar dapat dikelompokkan dalam dua golongan besar, yaitu : 1. sumber stasioner, meliputi rumah tangga, industri dan pembakaran sampah; 2. sumber bergerak, yaitu kendaraan bermotor (Anonim, 1982). Dari berbagai sumber tersebut, lalu-lintas kendaraan bermotor merupakan sumber penting karena gas buangnya. Ini biasanya dari pembakaran yang kurang sempurna (Supardi, 1985). Banyaknya lalu-lintas kendaraan bermotor diukur sebagai kepadatan. Kepadatan lalu-lintas adalah jumlah kendaraan bermotor yang lewat pada suatu daerah tertentu dan pada waktu tertentu.

Menurut Azwar (1983) pada kendaraan bermotor berbahan bakar bensin, lebih banyak mengeluarkan gas buang berupa CO, SO₂ dan NO₂. Pada kendaraan bermesin disel, gas buang yang dihasilkan terutama berupa C₂H₂, NO₂ dan CO (Tromelmans, 1991). Dari kedua jenis kendaraan tersebut, SO₂ lebih banyak dihasilkan oleh mesin bensin (Hartomo, 1991).

Secara umum kandungan gas-gas dari kendaraan bermotor ditunjukkan pada Tabel 02.

Tabel 02. Kandungan gas buang kendaraan bermotor secara umum.

Macam gas ¹	keterangan ²
Hidrokarbon (C ₂ H ₂)	Merupakan bahan bakar yang tidak terbakar pada waktu pembakaran
CO	Timbul dari pembakaran yang tidak sempurna
CO ₂	
H ₂ O	
NO ₂	Hasil reaksi antara nitrogen dan oksigen
SO ₂	Hasil reaksi antara sulfur dan oksigen
Senyawa Pb ³	Berasal dari zat yang ditambahkan ke dalam bahan bakar untuk menaikkan nilai oktan

Sumber : 1. Fitter dan Hay, 1988
 2. Himpunan Mahasiswa Mesin, F.T UNDIP, 1993
 3. Prabowo, Bandung, 1981