



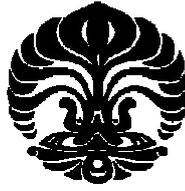
**UNIVERSITAS INDONESIA**

**KEBERADAAN FUNGI MIKORIZA DI DALAM JARINGAN  
AKAR *Dendrobium crumenatum* Sw.,  
*Dendrobium cucullatum* R. Br., DAN *Dendrobium anosmum* Lindl.**

**SKRIPSI**

**HENNY NUR FAJRIYAH  
0606069810**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
DEPARTEMEN BIOLOGI  
DEPOK  
JULI 2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**KEBERADAAN FUNGI MIKORIZA DI DALAM JARINGAN  
AKAR *Dendrobium crumenatum* Sw.,  
*Dendrobium cucullatum* R. Br., DAN *Dendrobium anosmum* Lindl.**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains**

**HENNY NUR FAJRIYAH  
0606069810**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
DEPARTEMEN BIOLOGI  
DEPOK  
JULI 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

**Nama : Henny Nur Fajriyah**

**NPM : 0606069810**

**Tanda Tangan : **

**Tanggal : 11 Juli 2011**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Henny Nur Fajriyah  
NPM : 0606069810  
Program Studi : Biologi  
Judul Skripsi : Keberadaan fungi mikoriza di dalam jaringan akar  
*Dendrobium crumenatum* Sw., *Dendrobium cucullatum*  
R. Br., dan *Dendrobium anosmum* Lindl.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

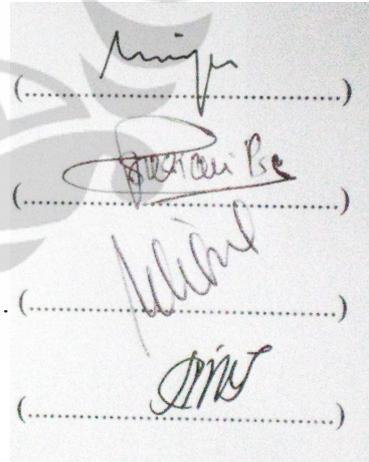
### DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. Nisyawati

Pembimbing II : Dr. Susiani Purbaningsih, DEA.

Penguji I : Dr. Wibowo Mangunwardoyo, M. Sc.

Penguji II : Dra. Dian Hendrayanti, M. Sc.



(.....)  
(.....)  
(.....)  
(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 11 Juli 2011

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahrabbi'alamin, segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan hidayah yang telah diberikan-Nya sehingga penulisan skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam penulis limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW, keluarga, dan sahabat. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Nisyawati dan Dr. Susiani Purbaningsih, DEA. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan waktu untuk membimbing, mengarahkan, memberi nasihat dan saran kepada penulis dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Wibowo Mangunwardoyo, M.Sc. dan Dra. Dian Hendrayanti, M.Sc. selaku dosen penguji bagi kelayakan skripsi ini.
3. Dr. rer. nat. Mufti P. Patria, M.Sc., Dra. Nining B. Prihantini M.Sc., dan Dra. Titi Soedjiarti, SU. selaku Ketua, Sekertaris, dan Koordinator Pendidikan Departemen Biologi FMIPA UI.
4. Dra. Noverita D. Takarina, M.Sc. selaku Pembimbing Akademik yang selalu memberikan nasihat dan semangatnya kepada penulis;
5. Dr. Andi Salamah, Dra. Lestari Rahayu K., M.Sc., Mega Atria, M.Si., Dr. Abinawanto, Dr. Anom Bowolaksono, M. Sc., dan seluruh dosen Departemen Biologi FMIPA UI yang telah memberikan bekal ilmu yang bermanfaat bagi penulis;
6. Seluruh staf Departemen Biologi FMIPA UI terutama Ibu Ros, Mba Asri, Pak Arif, Pak Taryono dan Pak Taryana yang telah banyak membantu penulis selama penelitian;

7. Ibu Dian Rahardjo dan Bapak Pujas yang telah bersedia membantu penulis dalam melakukan penelitian;
8. Mama dan Papa yang telah merawat dan mendidik penulis dengan limpahan kasih sayang dan kesabaran. Teh Hera dan A' Hery yang telah memberikan dukungan dan semangat kepada penulis;
9. Sahabat-sahabat saya di Laboratorium Biologi Perkembangan Tumbuhan dan FELIX yang berjuang bersama di dalam GENG LIMA TAHUN: Sholia, Betty, Rika, Eva, Fido, Iqbal, Eko W, Rahmat, Adit, Vita, Vinda, Kresna, Tofan, Asma, Anggi, Maulida dan Quamilla;
10. Sahabat-sahabat: Nia, Rara, dan Tane, yang telah memberikan warna kehidupan bagi penulis selama menjalani masa-masa perkuliahan; Ista, Ranchan, Nissa, Erna, Dini, Lili dan teman-teman FELIX lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu; Budi Sulaiman; adik-adik BLOSSOM: Tiara, Merry, Gita; BIOSENTRIS: Oji dan Jill, ZYGOMORFIC: Rila, Arin, Tachul, Sipe, Miun, Firda, Zaenal, serta adik-adik BIOGENESIS yang telah memberikan semangat dan perhatian kepada penulis selama menempuh kehidupan di biologi dan selama penulisan skripsi;
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian dan penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis akan senang hati menerima segala kritik dan saran demi tercapainya hasil yang lebih baik. Tak ada yang penulis harapkan selain sebuah keinginan agar skripsi ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan pada umumnya dan ilmu biologi pada khususnya.

***“Seorang muslim tidak akan berhenti berusaha,  
hingga kakinya menapak di surga”***

Penulis  
2011

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Henny Nur Fajriyah  
NPM : 0606069810  
Program Studi : Biologi S1 Reguler  
Departemen : Biologi  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Keberadaan Fungi Mikoriza di dalam Jaringan Akar *Dendrobium crumenatum* Sw., *Dendrobium cucullatum* R. Br., dan *Dendrobium anosmum* Lindl.

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 11 Juli 2011

Yang menyatakan



(Henny Nur Fajriyah)

## ABSTRAK

Nama : Henny Nur Fajriyah  
Program Studi : Biologi S1 Reguler  
Judul : Keberadaan fungi mikoriza di dalam jaringan akar  
*Dendrobium crumenatum* Sw., *Dendrobium cucullatum* R.  
Br., dan *Dendrobium anosmum* Lindl.

Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui keberadaan fungi mikoriza di dalam jaringan akar *Dendrobium crumenatum*, *Dendrobium cucullatum*, dan *Dendrobium anosmum*. Metode yang digunakan adalah pemanasan akar dengan KOH dan *freehand sections*. Hasil penelitian menunjukkan fungi mikoriza ditemukan di dalam sel-sel yang telah terdiferensiasi dan tidak ditemukan di dalam sel-sel yang belum berdiferensiasi, yaitu pada bagian ujung akar. Fungi mikoriza ditemukan di dalam jaringan eksodermis, korteks, endodermis, dan stele dalam bentuk peloton. Persentase kepadatan fungi tertinggi terdapat pada akar remaja ketiga spesies *Dendrobium*, yaitu 43,1%; 44,16%; dan 38,42%; dan pada spesies *Dendrobium crumenatum* sebesar 41,31%.

Kata Kunci : diferensiasi, endodermis, peloton, stele  
Xii + 53 halaman : 16 Gambar; 2 tabel  
Daftar Referensi : 45 (1964--2011)

## ABSTRACT

Name : Henny Nur Fajriyah  
Study Programme : Regular Biology S1  
Judul : The presence of mycorrhizal fungi in root tissues of *Dendrobium crumenatum* Sw., *Dendrobium cucullatum* R. Br., dan *Dendrobium anosmum* Lindl.

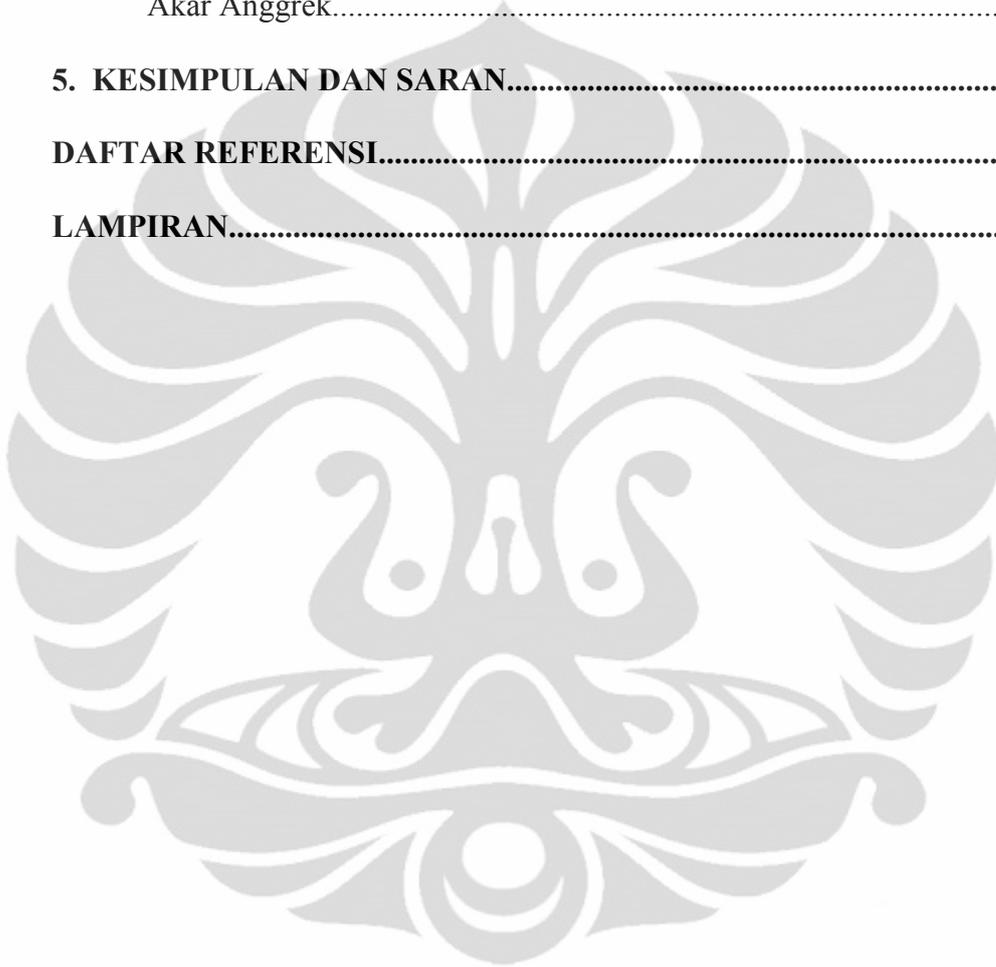
This research is aimed to understand the presence of mycorrhizal fungi in root tissues of *Dendrobium crumenatum*, *Dendrobium cucullatum*, and *Dendrobium anosmum*. The methods used are heating roots within KOH 10% and freehand sections. The results are showing that the mycorrhizal fungi is founded inside differentiated cells and not founded inside undifferentiated cells, which is root tip. The mycorrhizal fungi are founded inside exoderm, cortex, endoderm, and stele. Percentage of highest density of mycorrhizal fungi found in 3 intermediate roots of *Dendrobium* species, that are 43,1%; 44,16%; and 38,42%; and on the species of *Dendrobium crumenatum*, that is 41,31%.

Kata Kunci : *differentiate, endoderm, peloton, stele*  
Xii + 51 pages : 16 pictures; 2 tables  
Bibliography : 45 (1964--2011)

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
<b>1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Genus <i>Dendrobium</i> Swartz.....	5
2.1.1 Klasifikasi dan deskripsi.....	5
2.1.2 Penyebaran dan kegunaan.....	6
2.1.3 Pertumbuhan dan perkembangan di alam.....	6
2.2 Studi Mikoriza Anggrek.....	7
2.3 Anatomi Akar Anggrek.....	10
2.4 Pengamatan Fungi Mikoriza di dalam Jaringan Akar.....	12
2.4.1 Metode pemanasan akar dengan KOH.....	12
2.4.2 Metode <i>freehand sections</i> .....	12
<b>3. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>13</b>
3.1 Lokasi Penelitian.....	13
3.2 Alat dan Bahan.....	13
3.2.1 Alat.....	13
3.2.2 Bahan.....	13
3.3 Cara Kerja.....	15
3.3.1 Pengambilan sampel di lapangan.....	15
3.3.2 Waktu pengambilan sampel di lapangan.....	15
3.3.3 Pembuatan sediaan.....	16
3.3.2.1 Metode pemanasan akar dengan KOH.....	16
3.3.2.2 Metode <i>freehand sections</i> .....	19
3.4 Penyusunan Data.....	20
3.5 Pengolahan dan Analisis Data.....	20

<b>4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>22</b>
4.1 Sampel dan Kondisi Sampel Penelitian.....	22
4.2 Keberadaan Fungi Mikoriza di sepanjang Akar Anggrek.....	22
4.3 Lokasi dan Struktur Fungi Mikoriza di dalam Jaringan Akar Anggrek.....	24
4.4 Persentase Kepadatan Fungi Mikoriza di dalam Setiap Jaringan Akar Anggrek.....	30
<b>5. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>38</b>
<b>DAFTAR REFERENSI.....</b>	<b>39</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>43</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Peloton di dalam sel-sel korteks akar anggrek.....	8
Gambar 2.2.	Sayatan melintang <i>Dactylorhiza purpurella</i> (T. Stephenson & T. A. Stephenson) dan <i>Dendrochilum carnosum</i> (Ridl.) Holttum. Yang menunjukkan kepadatan infeksi peloton di dalam sel-sel korteks.....	10
Gambar 2.3.	Jaringan penyusun akar anggrek.....	11
Gambar 3.1.	Skema kerja metode pemanasan akar dengan KOH.....	16
Gambar 3.2.	Sampel akar setelah direndam dengan <i>methylene blue</i> .....	17
Gambar 3.3.	Sketsa ilustrasi spot keberadaan fungi mikoriza di sepanjang akar 3 spesies <i>Dendrobium</i> .....	18
Gambar 3.4.	Skema kerja metode <i>freehand sections</i> .....	19
Gambar 4.1.	Pola spot keberadaan fungi mikoriza yang sama antara VAM dan fungi mikoriza anggrek.....	24
Gambar 4.2.	Sayatan melintang akar <i>Dendrobium crumenatum</i> Sw. yang memperlihatkan keberadaan fungi mikoriza di setiap jaringan penyusun akar.....	26
Gambar 4.3.	Sayatan melintang akar <i>Dendrobium cucullatum</i> R. Br. yang memperlihatkan keberadaan fungi mikoriza di setiap jaringan penyusun akar.....	27
Gambar 4.4.	Sayatan melintang akar <i>Dendrobium anosmum</i> Lindl. yang memperlihatkan keberadaan fungi mikoriza di setiap jaringan penyusun akar.....	28
Gambar 4.5.	Sel yang terisi peloton di dalam sel-sel korteks <i>Dendrobium cucullatum</i> R. Br. ....	30
Gambar 4.6.	Fungi mikoriza yang ditemukan di dalam stele pada akar 3 spesies <i>Dendrobium</i> .....	32
Gambar 4.7.	Diagram batang persentase kepadatan fungi mikoriza di dalam sel secara penuh pada akar <i>Dendrobium crumenatum</i> Sw., <i>Dendrobium cucullatum</i> R. Br. dan <i>Dendrobium anosmum</i> Lindl. ....	33
Gambar 4.8.	Diagram batang persentase kepadatan fungi mikoriza di dalam sel secara tidak penuh pada akar <i>Dendrobium crumenatum</i> Sw., <i>Dendrobium cucullatum</i> R. Br. dan <i>Dendrobium anosmum</i> Lindl. ....	34
Gambar 4.9.	Diagram batang persentase kepadatan fungi mikoriza di dalam jaringan akar <i>Dendrobium crumenatum</i> Sw., <i>Dendrobium cucullatum</i> R. Br. dan <i>Dendrobium anosmum</i> Lindl. berdasarkan usia akar.....	35

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1.	Kelompok akar berdasarkan kisaran panjang akar.....	15
Tabel 4.1.	Persentase keberadaan fungi mikoriza di dalam jaringan akar 3 spesies <i>Dendrobium</i> .....	36



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Data lokasi dan kondisi lingkungan tempat hidup tanaman <i>Dendrobium crumenatum</i> Sw., <i>Dendrobium cucullatum</i> R. Br., dan <i>Dendrobium anosmum</i> Lindl. ....	43
Lampiran 2.	Morfologi akar <i>Dendrobium crumenatum</i> Sw., <i>Dendrobium cucullatum</i> R. Br., dan <i>Dendrobium anosmum</i> Lindl. ....	44
Lampiran 3.	Keberadaan fungi mikoriza di sepanjang akar <i>Dendrobium crumenatum</i> Sw., <i>Dendrobium cucullatum</i> R. Br., dan <i>Dendrobium anosmum</i> Lindl. ....	45
Lampiran 4.	Tanaman <i>Dendrobium crumenatum</i> Sw. ....	48
Lampiran 5.	Tanaman <i>Dendrobium cucullatum</i> R. Br. ....	48
Lampiran 6.	Tanaman <i>Dendrobium anosmum</i> Lindl. ....	49
Lampiran 7.	Sketsa ilustrasi bagian dan panjang akar yang akan dipotong untuk membuat sayatan melintang akar <i>Dendrobium crumenatum</i> Sw. ....	50
Lampiran 8.	Sketsa ilustrasi bagian dan panjang akar yang akan dipotong untuk membuat sayatan melintang akar <i>Dendrobium cucullatum</i> R. Br. ....	51
Lampiran 9.	Sketsa ilustrasi bagian dan panjang akar yang akan dipotong untuk membuat sayatan melintang akar <i>Dendrobium anosmum</i> Lindl. ....	52
Lampiran 10.	Persentase kepadatan fungi mikoriza di dalam jaringan akar <i>Dendrobium crumenatum</i> Sw., <i>Dendrobium cucullatum</i> R. Br., dan <i>Dendrobium anosmum</i> Lindl. ....	53

## BAB 1

### PENDAHULUAN

Famili *Orchidaceae* (angrek-angrekan) merupakan famili dari divisi angiospermae yang memiliki spesies terbanyak, yaitu 20.000 sampai 25.000 spesies (Dressler 1981: 8). Spesies-spesies angrek tersebut memiliki buah yang menghasilkan jutaan biji dengan ukuran yang sangat kecil (Athipunyakom *dkk.* 2004: 217; Saha & Rao 2006: 9; Zhu *dkk.* 2008: 123). Ukuran biji berkisar, panjang 0,05 mm--6 mm dan berat 0,341  $\mu\text{g}$ --24  $\mu\text{g}$  (Arditti & Ghani 2000: 379 & 381). Biji angrek hanya terdiri atas embrio yang dibungkus oleh lapisan testa yang tipis, dengan sel-sel yang transparan (Saha & Rao 2006: 9). Selain itu, biji tidak mengandung endosperm, sehingga biji tidak mampu untuk berkecambah. Oleh karena itu, biji memerlukan infeksi hifa fungi mikoriza untuk melakukan proses perkecambahan, pertumbuhan dan perkembangan menjadi tanaman dewasa (Rasmussen 2002: 155; Saha & Rao 2006: 9).

Hubungan antara fungi mikoriza dan tanaman angrek dikenal dengan istilah mikoriza angrek (*orchid mycorrhiza*) (Brundrett *dkk.* 1994: 1). Hubungan tersebut menghasilkan suatu simbiosis mutualisme. Fungi mikoriza berperan dalam menyediakan nutrisi anorganik dan organik. Nutrisi tersebut antara lain karbon, fosfor, nitrogen, air dan vitamin (Alexander *dkk.* 1984: 409; Hadley 1984: 263; Alexander & Hadley 1985: 657; Yoder *dkk.* 2000: 149; Trudell *dkk.* 2003: 391; Abadie 2006: 1463; Cameron *dkk.* 2006: 411; Saha & Rao 2006: 9; Cameron *dkk.* 2007: 833; Zhu *dkk.* 2008: 123). Selain itu, fungi tersebut juga dapat memecah karbohidrat dari bentuk polisakarida menjadi disakarida dan monosakarida, sehingga biji ataupun organ lain dapat dengan mudah menyerap dan menggunakan senyawa tersebut (Arditti 1992: 432). Sementara itu, fungi mikoriza akan memperoleh karbon fiksatif dari hasil fotosintesis tanaman angrek melalui sistem perakaran (Smith & Read 1997 dalam Shefferson *dkk.* 2007: 1381).

Infeksi fungi mikoriza pada tanaman angrek tidak hanya terjadi pada biji, namun pada seluruh organ tanaman, seperti akar, batang, *pseudobulbs*, dan daun (Rasmussen & Whigham 2002: 798; Brundrett 2008a: 6). Hal tersebut menunjukkan bahwa tanaman angrek membutuhkan bantuan fungi mikoriza di

semua tahapan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Infeksi fungi mikoriza ke dalam setiap organ memiliki proses yang hampir sama. Menurut Peterson & Farquhar (1994: 311), masuknya fungi ke dalam organ tanaman terjadi melalui beberapa proses, yaitu proses pengenalan, proses pelekatan, dan proses penetrasi terhadap organ target. Hifa fungi berpenetrasi melalui ujung sel suspensor pada embrio, rambut akar, atau pun sel-sel epidermis akar, seperti velamen. Pada mikoriza anggrek, hifa fungi masuk ke dalam jaringan tanaman secara intraseluler.

Hifa fungi mikoriza yang telah masuk ke dalam sel-sel tanaman, akan menempati sel-sel tersebut dalam waktu yang terbatas, setelah itu akan hancur dan dicerna oleh sel-sel tersebut (Smith & Read 1997 dalam Mursidawati 2004: 5; Gil *dkk.* 2008: 130). Proses tersebut terjadi di dalam sel-sel parenkim pada jaringan korteks akar (Senthilkumar *dkk.* 2001: 1; Saha & Rao 2006: 9). Hifa fungi yang ditemukan di dalam sel-sel korteks tersebut berupa gulungan-gulungan hifa padat yang dikenal dengan istilah peloton (Athipunyakom *dkk.* 2004: 217; Bogoure & Dearnaley 2005: 15; Saha & Rao 2006: 9; Mursidawati 2007: 25). Menurut Rasmussen (1995: 146), hifa yang membentuk gulungan padat (peloton) di dalam sel-sel tanaman termasuk ke dalam tipe tolipofagi.

Penelitian seputar fungi mikoriza anggrek telah banyak dilakukan dibidang mikrobiologi, ekologi, dan kultur *in vitro*. Penelitian tersebut antara lain, isolasi dan identifikasi fungi mikoriza anggrek (Athipunyakom *dkk.* 2004: 217; Saha & Rao 2006: 10), spesifikasi fungi-anggrek untuk tujuan konservasi (Mursidawati 2004: 3; Mursidawati 2007: 29), dan percobaan perkecambahan biji anggrek dalam kultur steril (Yoder *dkk.* 2000: 146; Zettler *dkk.* 2007: 207). Selain itu, anggrek yang digunakan dalam penelitian pada umumnya yaitu anggrek terestrial. Anggrek terestrial merupakan anggrek yang sangat bergantung kepada fungi dalam memperoleh nutrisi atau dikenal dengan istilah mikoheterotrof. Hal tersebut disebabkan kebanyakan spesies anggrek terestrial memiliki kandungan klorofil yang lebih rendah dibandingkan dengan anggrek epifit. Sementara itu, akar anggrek terestrial langsung bersentuhan dengan substrat, sehingga lebih mudah terinfeksi oleh fungi. Hal yang sama terjadi pada anggrek epifit yang hidup menempel di dahan pohon. Namun, anggrek tersebut memiliki sejumlah

akar yang tidak menyentuh substrat (akar udara) dan mampu berfotosintesis, sehingga tingkat ketergantungan anggrek tersebut terhadap fungi mikoriza lebih rendah dibandingkan dengan anggrek terestrial (Hadley & Williamson 1972: 1112 & 1115).

Penelitian dibidang mikroskopik anatomi tumbuhan juga telah dilakukan oleh Hadley & Williamson pada tahun 1972, Rasmussen & Whigham pada tahun 2002, dan Saha & Rao pada tahun 2006. Penelitian tersebut menggunakan metode sayatan melintang akar (*freehand section*) untuk melihat struktur hifa fungi dan menghitung kepadatan infeksi hifa fungi di dalam jaringan akar anggrek terestrial, epifit, maupun anggrek hibrid terestrial. Spesies anggrek yang diujikan, antara lain *Spathoglottis plicata* Bl., *Calanthe pulchra* (Bl.) Lindl., *Cymbidium athropurpureum* (Lindl.) Rolfe (Hadley & Williamson 1972: 1112 & 1115), *Tipularia discolor* (Pursh.) Nutt., *Corallorhizoad ontorhiza*(Willd.) Nutt. (Rasmussen & Whigham 2002: 798), *Aerides rosea* Lodd. Ex Lindl., *Paphiopedilum fairienum* (Lindl.) Stein., dan *Cymbidium Anglecia* ‘December Gold’ (Saha & Rao 2006: 11). Data anatomi yang telah diperoleh akan memudahkan peneliti untuk mengisolasi fungi mikoriza yang terdapat di dalam jaringan akar anggrek tersebut. Setelah fungi mikoriza berhasil diisolasi dari organ anggrek yang telah diketahui terinfeksi, maka fungi mikoriza dapat diidentifikasi untuk mengetahui genus dan spesies fungi tersebut. Jika genus atau spesies fungi mikoriza telah diketahui, maka hubungan spesifikasi antara spesies fungi dan anggrek dapat diketahui. Hubungan spesifikasi tersebut dapat digunakan untuk mengetahui persebaran geografis setiap spesies anggrek dan juga dapat digunakan untuk usaha konservasi terhadap spesies anggrek tersebut (Mursidawati 2004: 3; Mursidawati 2007: 27; Otero *dkk.* 2007: 1944[]).

Penelitian fungi mikoriza di dalam jaringan akar anggrek epifit telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Namun, akar yang digunakan umumnya akar yang menempel pada substrat. Hal tersebut dikarenakan akar yang menempel pada substrat lebih berpotensi terinfeksi oleh fungi. Menurut Hadley & Williamson (1972: 1112), batang pohon tempat menempel anggrek epifit, umumnya terdapat akumulasi detritus organik, lumut, ataupun tanaman lain, sehingga habitat tersebut berpotensi mengandung fungi yang dapat menginfeksi

akar. Sementara itu, anggrek epifit memiliki dua jenis akar, yaitu akar yang menempel pada substrat dan akar yang tidak menempel pada substrat (akar udara). Penelitian fungsi mikoriza di dalam jaringan akar udara pada anggrek epifit belum pernah dilakukan.

Spesies anggrek epifit banyak ditemukan termasuk ke dalam genus *Dendrobium*. Contoh spesies dari genus *Dendrobium* yang hidup sebagai epifit, antara lain yaitu *Dendrobium crumenatum* Sw., *Dendrobium cucullatum* R. Br., dan *Dendrobium anosmum* Lindl. Keberadaan fungsi mikoriza di dalam jaringan akar, khususnya akar udara, ketiga spesies anggrek tersebut belum diketahui. Oleh karena itu, penelitian keberadaan fungsi mikoriza di dalam jaringan akar *D. crumenatum*, *D. cucullatum*, dan *D. anosmum* perlu dilakukan. Penelitian tersebut selain menggunakan akar udara, juga menggunakan panjang akar berbeda-beda. Perbedaan panjang akar digunakan mewakili usia akar. Akar tersebut dikelompokkan menjadi 3 kelompok, yaitu akar muda, akar remaja, dan akar tua. Data penelitian tersebut selanjutnya dapat digunakan sebagai data dasar untuk isolasi fungsi mikoriza dalam bidang mikrobiologi.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui lokasi keberadaan fungsi mikoriza dan persentase kepadatan fungsi tersebut di dalam jaringan akar *D. crumenatum*, *D. cucullatum*, dan *D. anosmum*. Hipotesis penelitian yaitu struktur peloton diduga terkonsentrasi di dalam sel-sel parenkim korteks. Selain itu, fungsi mikoriza di dalam jaringan akar muda akan lebih padat dibandingkan dengan akar remaja dan akar tua. Hal tersebut diduga akar muda membutuhkan nutrisi yang lebih banyak untuk melakukan proses perkembangan akar.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Genus *Dendrobium* Swartz

##### 2.1.1 Klasifikasi dan deskripsi

*Dendrobium* Swartz, merupakan genus yang termasuk ke dalam kingdom Plantae, divisio Spermatophyta, clasis monocotyledonae, ordo Liliales, familia *Orchidaceae*, dan subfamilia *Epidendroideae* (Dressler 1981: 149). Genus *Dendrobium* memiliki spesies terbanyak kedua setelah *Bulbophyllum*, yang meliputi 1.200 spesies (Charles & Baker 1996: 1190; Kurniawan *dkk.* 2005: 85). Sebagian besar anggota spesies dari genus tersebut hidup sebagai epifit pada batang pohon. Oleh karena itu, pada umumnya *Dendrobium* memiliki akar dengan panjang 1 m--2 m, yang berfungsi sebagai alat untuk menempel pada batang pohon, serta untuk proses penyerapan air dan nutrisi. Pertumbuhan batang *Dendrobium* bersifat simpodial, yaitu pertumbuhan ujung batang yang terbatas yang diikuti dengan pembentukan tunas anakan ke arah samping atau menjalar dengan rimpang (*rhizome*). Batang *Dendrobium* tumbuh tegak sampai menjuntai (*pendeant*), berdaging, ada yang membentuk umbi semu (*pseudobulbs*) dan ada yang tidak membentuk *pseudobulbs*, seringkali terlihat mengalami percabangan, serta terbungkus oleh pelepah daun. *Pseudobulbs* *Dendrobium* beralur memanjang, dengan panjang 3 cm--12 cm. *Pseudobulbs* tersebut terdiri atas 2--4 internodus (Comber 1990; 216; Destry & Jodi 2006: 2; Van Steenis 2006: 160).

*Dendrobium* memiliki daun berbentuk memanjang (*oblongus*) sampai lanset (*lanceolatus*), bersifat sukulen (tebal dan berdaging), dan helaian daun langsung duduk pada nodus batang. Ujung daun umumnya tumpul dan melekuk ke dalam, sehingga terlihat seperti terbelah. Perbungaan *Dendrobium* bervariasi, dari bunga tunggal hingga majemuk (*Inflorescentia*). *Inflorescentia* *Dendrobium* bersifat *racemosa racemus*, atau perbungaan bentuk tandan yang tidak terbatas. Bunga *Dendrobium* terdiri dari 3 kelopak (*sepal*) dan 3 mahkota (*petal*). *Sepal*

dan *petal* tidak berlekatan, umumnya memiliki ukuran, bentuk, dan warna yang sama. *Petal* bawah atau *petal* ketiga mengalami modifikasi yang disebut bibir (*labellum*). *Labellum Dendrobium* bervariasi. Hal tersebut menjadikan *labellum* sebagai kunci identifikasi pada spesies-spesies *Dendrobium* (Comber 1990: 216; Van Steenis 2006: 160).

### 2.1.2 Penyebaran dan kegunaan

Daerah penyebaran genus *Dendrobium* meliputi Australia, Selandia Baru, Papua Nugini, India sampai Asia Tenggara (Charles & Baker 1996: 1190; Kurniawan *dkk.* 2005: 85). *Dendrobium* banyak dimanfaatkan sebagai tanaman budidaya, tanaman hias, maupun bunga potong. Genus tersebut merupakan genus yang banyak digunakan sebagai parental untuk anggrek *hybrid*. *Dendrobium hybrid* sangat diminati oleh masyarakat. Hal tersebut dikarenakan perawatan anggrek tersebut pada umumnya lebih mudah dibandingkan *Dendrobium* spesies. Selain itu, spesies-spesies *Dendrobium* yang tersebar di alam banyak dimanfaatkan sebagai obat tradisional, seperti *Dendrobium crumenatum* Sw., *Dendrobium nobile*, dan *Dendrobium teretifolium*.

Perasan *pseudobulb Dendrobium crumenatum* Sw. sebagai obat tetes telinga, dan tumbukan daun anggrek tersebut untuk mengobati bisul atau borok dan jerawat (Arditti 1992: 639). *Dendrobium nobile* dapat mengobati pilek dan masuk angin, serta dapat menghilangkan rasa dingin (Kong Jin Ming *dkk.* 2003: 15). Selain itu, *Dendrobium teretifolium*, menurut Arditti (1992: 639) dapat digunakan sebagai obat pereda sakit.

### 2.1.3 Pertumbuhan dan perkembangan di alam

*Dendrobium* spesies melakukan perkembangbiakan generatif di alam dengan cara menghasilkan biji. Biji dihasilkan di dalam buah anggrek, yang berbentuk kapsul. Biji anggrek memiliki ukuran yang relatif kecil, hampir seperti debu, dan tidak memiliki endosperm. Berat biji anggrek pada umumnya berkisar 3 µg--14 µg, panjang biji anggrek 0,4 mm--1,25 mm, dan lebar biji anggrek

0,08 mm--0,27 mm. Hal tersebut menyebabkan biji anggrek sulit melakukan proses perkecambahan dalam kondisi alami. Oleh karena itu, proses perkecambahan biji anggrek terjadi secara simbiotik dengan fungi. Simbiotik yang terjadi dikenal dengan istilah mikoriza anggrek (Arditti 1992: 12; Arditti & Ghani 2000: 379 & 381; Athipunyakom *dkk.* 2004: 217; Destry & Jodi 2006: 1; Saha & Rao 2006: 9; Otero *dkk.* 2007: 1944; Brundrett 2008a: 2).

Biji anggrek, yang masih bersifat heterotrof, memperoleh nutrisi dari hasil simbiosis dengan fungi untuk melakukan proses perkecambahan. Simbiosis tersebut terjadi setelah ada infeksi hifa fungi melalui ujung sel-sel suspensor pada embrio biji anggrek. Selain pada biji, infeksi hifa fungi juga dapat terjadi pada protokorm, akar dan batang anggrek. Infeksi hifa fungi terjadi melalui beberapa proses, yaitu proses pengenalan, proses pelekatan, dan proses penetrasi terhadap organ target (Arditti 1992: 432; Peterson & Farquhar 1994: 311--312; Bogoure & Dearnaley 2005: 15; Mursidawati 2007: 25; Agustini *dkk.* 2009: 175).

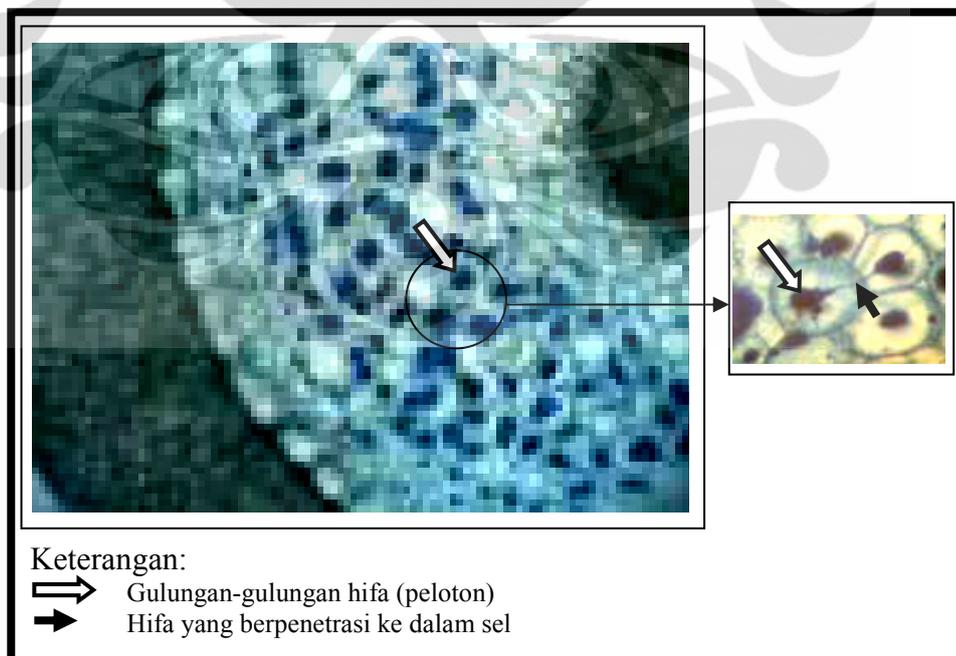
## 2.2 Studi Mikoriza Anggrek

Simbiosis merupakan suatu asosiasi antara dua atau lebih organisme yang tinggal bersama (Lambers *dkk.* 1998: 378; Brundrett 2008a: 3). Simbiosis dapat terjadi antara mikroorganisme dengan makroorganisme hidup, seperti fungi dan tanaman (Brundrett 2008a: 3). Peristiwa simbiosis tersebut dapat bersifat mutualisme, parasitisme, dan komensalisme (Lambers *dkk.* 1998: 378; Brundrett 2008a: 4).

Simbiosis yang terjadi antara akar anggrek dengan fungi dikenal dengan istilah mikoriza. Mikoriza juga dapat diidentifikasi sebagai suatu asosiasi simbiotik antara fungi (khususnya fungi yang hidup di dalam tanah dan tanaman) dan akar (atau substrat lainnya yang berhubungan dengan organ) pada tanaman hidup, tanpa menimbulkan gejala penyakit pada tanaman inang. Hal tersebut semata-mata bertanggung jawab untuk pemindahan nutrisi. Mikoriza terjadi di dalam organ tanaman yang terspesialisasi dan telah merespon hubungan dari kebersamaan kedua individu tersebut, tanaman dan fungi, contohnya adalah organ akar (Brundrett 2008a: 8).

Brundrett (2008b: 10--14) mengklasifikasikan mikoriza ke dalam lima (5) golongan, yaitu *arbuscular mycorrhizas*, *ectomycorrhizas*, *orchid mycorrhizas*, *ericoid mycorrhizas*, dan *sub epidermal mycorrhizas*. *Orchid mycorrhizas* terbagi menjadi tiga (3) kelompok, yaitu *orchid roots*, *orchid stems*, dan *exploitative orchids* (Brundrett 2008b: 13--14). *Orchid mycorrhizas* (mikoriza anggrek) merupakan asosiasi mikoriza pada famili *Orchidaceae* (Anggrek-anggrekan). Asosiasi tersebut terjadi dari awal perkecambahan hingga tanaman tersebut dewasa.

Rasmussen (1995: 146) menyatakan, terdapat dua tipe histologi pada mikoriza anggrek, yaitu tipe tolipofagi dan fitofagi. Tipe tolipofagi merupakan bentuk fungi mikoriza yang membentuk gulungan-gulungan hifa, yang dikenal dengan istilah peloton (gambar 2.1), di dalam sel-sel korteks. Tolipofagi dikarakterisasikan sebagai proses pembentukan peloton, pelisisan peloton, dan reinfeksi peloton ke dalam jaringan akar secara berurutan. Sitoplasma hifa terpisah dari sel-sel inang. Sitoplasma hifa terdiri atas plasmalemma hifa, dinding sel hifa, *matrix interfacial*, dan plasmalemma inang (Rasmussen 1995: 146--147).

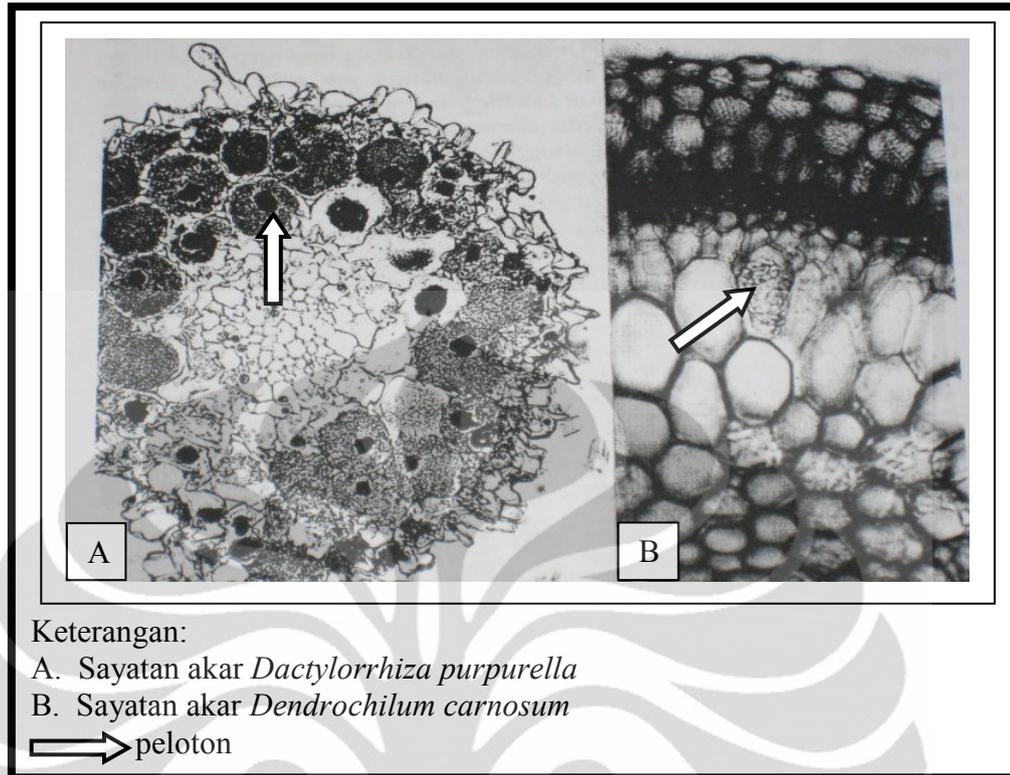


Gambar 2.1. Peloton di dalam sel-sel korteks akar anggrek  
[sumber: Saha & Rao 2006: 12.]

Berbeda dengan tipe tolipofagi, tipe fitofagi hanya ditemukan pada spesies anggrek mikoheterotrof, seperti *Lecanorchis javanica* dan beberapa spesies *Gastrodia*. Pada umumnya, tipe fitofagi terdapat dalam jumlah besar pada sel-sel inang yang telah mati, dan bersifat parasit. Tipe fotifagi dikarakterisasikan sebagai perubahan dan pelisisan ujung hifa intraselular yang siap melepaskan nutrisi yang terkandung di dalam sel fungi di antara plasmalemma inang dan dinding sel fungi. Fitofagi merupakan proses kebocoran ujung hifa secara terus menerus untuk menyediakan nutrisi yang dibutuhkan oleh inang (Rasmussen 1995: 146).

Infeksi fungi terhadap tanaman anggrek terjadi hampir pada semua tipe dan spesies anggrek, dari anggrek yang mikoheterotrof sampai anggrek autotrof (Hadley & Williamson 1972: 1111; Agustini *dkk.* 2009: 175). Fungi yang telah diketahui terlibat dalam simbiosis dengan akar anggrek dan membentuk struktur peloton di dalam sel-sel akar, umumnya termasuk ke dalam divisi Basidiomycetes, dengan genus fase aseksual (anamorf) *Rhizoctonia* (Hadley 1970: 1015; Mursidawati 2007: 25; Agustini *dkk.* 2009: 175).

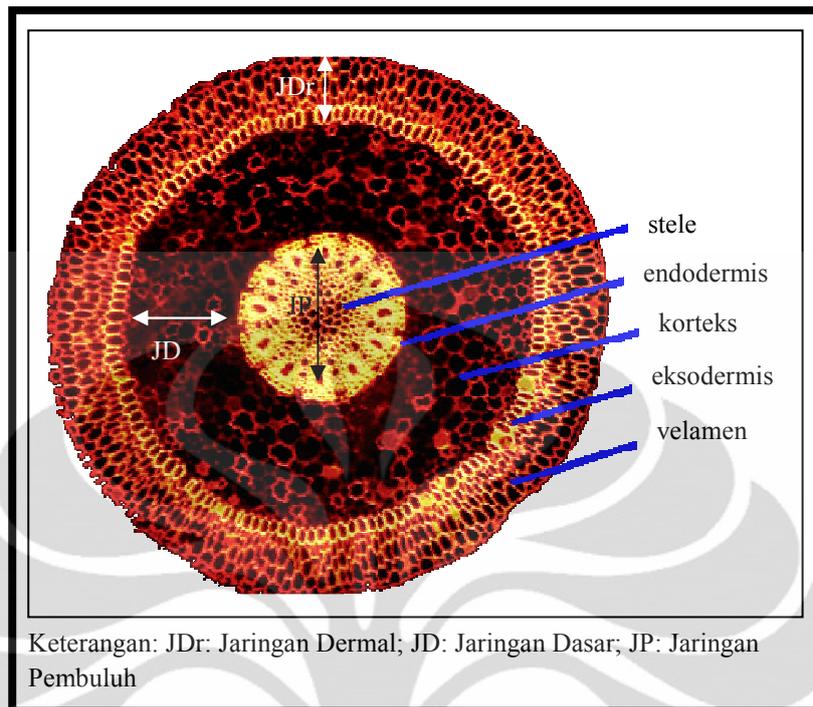
Infeksi fungi mikoriza dapat diketahui melalui pengamatan struktur anatomi akar anggrek. Salah satu spesies anggrek yang telah diamati keberadaan struktur fungi mikoriza secara anatomi adalah *Dactylorhiza purpurella* (T. Stephenson & T.A. Stephenson). Pada anggrek tersebut, hampir seluruh korteks pada akar terinfeksi oleh hifa fungi, sedangkan pada spesies *Dendrochilum carnosum* (Ridl.) Holttum. infeksi jarang terlihat pada sel-sel korteks bagian luar. Hal tersebut terlihat dari hasil sayatan melintang akar pada kedua spesies anggrek, *Dactylorhiza purpurella* dan *Dendrochilum carnosum*. Gulungan hifa (peloton) terlihat mengisi sel-sel korteks pada akar kedua spesies anggrek (Gambar 2.2) (Arditti 1992: 438).



Gambar 2.2. Sayatan melintang *Dactylorhiza purpurella* (T. Stephenson & T.A. Stephenson) dan *Dendrochilum carnosum* (Ridl.) Holttum. yang menunjukkan kepadatan infeksi peloton pada sel-sel korteks [Sumber: Arditti 1992: 438.]

### 2.3 Anatomi Akar Anggrek

Akar anggrek secara anatomi terdiri dari tiga sistem jaringan, yaitu jaringan dermal, jaringan dasar, dan jaringan pembuluh (Gambar 2.3). Pada organ lain, seperti daun dan batang, biasanya jaringan dermal tersusun atas satu lapis sel saja, yang disebut epidermis. Namun, pada akar anggrek, jaringan dermal mengalami diferensiasi menjadi velamen. Velamen merupakan lapisan sel terluar yang mengalami penebalan dinding sel. Struktur tersebut menjadi ciri khas dari akar pada famili *Orchidaceae*, terutama pada jenis anggrek epifit. Sel-sel yang terdapat di antara velamen dan korteks adalah sel-sel eksodermis. Eksodermis berasal dari dinding sel terluar korteks yang membentuk sel-sel gabus (Dressler 1981: 25; Arditti 1992: 308 & 317--318; Hidayat 1995: 136--137; Rudall 2006: 43).



Gambar 2.3. Jaringan penyusun akar anggrek  
[sumber: Orchidboard.com 2007: 3  
“diterjemahkan sesuai aslinya”.]

Struktur sel-sel velamen secara anatomi terlihat seperti spons, tersusun atas sel-sel kosong yang memiliki dinding sel yang tebal. Velamen berfungsi untuk menyerap air dan mineral, serta sebagai pelindung jaringan. Velamen dapat dikatakan sebagai bentuk adaptasi akar pada tumbuhan epifit. Biasanya fungi mikoriza dapat ditemukan di dalam sel-sel tersebut dan di dalam jaringan dasar, seperti pada korteks (Dressler 1981: 25--26; Arditti 1992: 308).

Jaringan dasar tersusun atas sel-sel korteks dan endodermis. Korteks pada umumnya tersusun atas sel-sel parenkim, yang merupakan sel-sel penyusun jaringan dasar. Pada sel-sel korteks terdapat kloroplas, sehingga akar anggrek juga dapat melakukan proses fotosintesis. Ukuran sel-sel korteks umumnya lebih besar dari sel-sel penyusun akar lainnya. Pada bagian dalam, setelah sel-sel korteks, terdapat sel-sel endodermis. Jaringan pembuluh akar anggrek terletak di bagian tengah akar, dikelilingi oleh sel-sel endodermis. Jaringan pembuluh tersebut tersusun atas xilem dan floem yang membentuk pola *polyarc*, serta serat

dan sel-sel parenkim (Dressler 1981: 26; Hidayat 1995: 55; Rudall 2006: 46 & 49).

## 2.4 Pengamatan Fungi Mikoriza di dalam Jaringan Akar

### 2.4.1 Metode pemanasan akar dengan KOH

Metode pemanasan dengan KOH biasanya digunakan untuk mengamati struktur hifa fungi pada organ akar. Metode tersebut diawali dengan memotong akar sepanjang 2 cm -- 4 cm. Selanjutnya, sampel akar tersebut direndam dengan KOH 10% yang dipanaskan dengan suhu 121°C selama 5 menit di dalam autoklaf, atau dengan menggunakan waterbath shaker (Brundrett *dkk.* 1994: 179).

Zat warna yang biasa digunakan untuk mewarnai struktur fungi mikoriza di dalam jaringan tanaman adalah *Chlorazol black E* (CBE) atau *trypan blue*. *Aniline blue* atau *methyl blue*, dan *acid fuchsin* merupakan zat warna alternatif untuk mengamati struktur mikoriza di dalam jaringan tanaman. Zat warna tersebut dapat dikombinasikan dengan penggunaan mikroskop *fluorescens*. Pada umumnya, zat warna yang digunakan untuk mengamati fungi mikoriza hanya akan mewarnai struktur fungi mikoriza tanpa mewarnai latar belakang dari jaringan tanaman (Brundrett *dkk.* 1994: 179 & 182).

### 2.4.2 Metode *freehand sections*

Penelitian keberadaan fungi mikoriza di dalam jaringan tanaman biasanya dilakukan dengan mengamati struktur anatomi tanaman di bawah mikroskop. Penelitian secara mikroskopik tersebut memerlukan preparat untuk memfasilitasi pengamatan (Sass 1964: 3). Pembuatan preparat termasuk ke dalam bidang mikroteknik, yang meliputi penggunaan mikroskop cahaya untuk menggambarkan objek pada preparat (Ruzin 1999: 9). Metode alternatif yang umum di gunakan dalam pembuatan preparat adalah metode sayatan manual (*freehand sections*). Metode *freehand sections* digunakan untuk bahan yang cukup kuat dalam

menahan tekanan yang ditimbulkan oleh pisau tanpa penanam dengan parafin terlebih dahulu (Sass 1964: 91).

Tahapan pembuatan preparat diawali dengan pengambilan sampel keseluruhan tanaman atau organ tanaman yang diperlukan. Sampel tanaman dapat diperoleh dari rumah kaca, kebun, atau ekologi alami (Brundrett *dkk.* 1994: 174). Tahap selanjutnya, sampel tanaman dipotong menjadi beberapa bagian dengan menggunakan pisau yang tajam, kemudian dengan segera direndam dalam larutan fiksatif. Larutan fiksatif adalah larutan yang digunakan untuk mematikan dan mengawetkan sel. Larutan tersebut mengandung komposisi yang bersifat toksik terhadap protoplasma, sehingga dapat menghentikan proses-proses hidup dengan cepat tanpa merusak struktur sel. Salah satu larutan fiksatif yang biasa digunakan adalah FAA (*Formaldehyde acetyl acid alcohol*) (Sass 1964: 5--15; Ruzin 1999: 33--37; Rasmussen & Whigham 2002: 798).

Tahap akhir dari pembuatan preparat anatomi tanaman yaitu tahap pewarnaan struktur seluler. Pewarnaan struktur seluler didasari oleh afinitas spesifik antara zat warna tertentu dan struktur sel tertentu pula. Zat warna yang bersifat basa (kationik) akan berikatan dengan komponen selular yang bersifat asam. Zat warna yang bersifat asam (anionik) akan berikatan dengan komponen selular yang bersifat basa (Sass 1964: 55 & 60; Ruzin 1999: 88 & 93). Zat warna yang biasa digunakan untuk melihat struktur fungi mikoriza di dalam jaringan tanaman, yaitu *Chlorazol Black E*, *Trypan blue*, *Acid fuchsin* yang dicampur dengan larutan laktogliserol (Brundrett *dkk.* 1994: 182; Rasmussen & Whigham 2002: 798). Mengacu pada metode yang digunakan oleh Rasmussen & Whigham (2002: 798), setelah potongan sampel diwarnai dengan zat warna, potongan tersebut disayat tipis secara melintang. Hasil sayatan diambil secara acak untuk diamati dan dianalisis.

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Biologi Perkembangan, Departemen Biologi, FMIPA UI, Depok.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan untuk melihat keberadaan fungi mikoriza di dalam jaringan pada akar *Dendrobium crumenatum* Sw., *Dendrobium cucullatum* R. Br., dan *Dendrobium anosmum* Lindl., yaitu silet (Gillete GOAL), gelas beaker, oven, cawan petri, pinset, pipet, gelas objek, kaca penutup, mikroskop cahaya (Nikon), dan kamera digital (Canon Digital IXUS 70).

##### 3.2.2 Bahan

Bahan dan objek penelitian yang digunakan untuk melihat keberadaan fungi mikoriza di dalam jaringan pada akar *Dendrobium crumenatum* Sw., *Dendrobium cucullatum* R. Br. dan *Dendrobium anosmum* Lindl., yaitu sampel akar udara dari ketiga spesies tersebut, KOH 10%, akuades, FAA, gliserol 50%, alkohol 70%, *methylene blue* 0,01% (dalam asam laktat-gliserol-akuades, 5 : 5 : 90), *acid fuchsin* 0,01% (dalam asam laktat-gliserol-akuades, 5 : 5 : 90) dan tisu.

### 3.3 Cara Kerja

#### 3.3.1 Pengambilan sampel di lapangan

Sampel akar *Dendrobium crumenatum* diperoleh dari Rumah Anggrek milik Departemen Biologi FMIPA UI, Depok. Akar *D. cucullatum* dan *D. anosmum* diperoleh dari kebun milik Ibu Susiani Purbaningsih, yang berlokasi di Komplek Griya Tugu Asri (GTA) jalan Vanda IV blok B4/10 Kelapa Dua, Cimanggis-Depok. Sampel akar yang diambil dari setiap spesies yaitu 3 akar. Akar yang diambil yaitu akar yang memiliki panjang berkisar 1--5 cm, 6--10 cm, dan 11--15 cm, masing-masing dilakukan 3 ulangan. Kisaran panjang akar tersebut mewakili tahap perkembangan akar (Tabel 3.1). Sampel akar dipotong dengan menggunakan pisau silet yang tajam, dan akar dipotong dari bagian pangkal akar. Selanjutnya, sampel akar dibungkus dengan kertas tisu yang telah dibasahi dengan akuades. Selain itu, pada saat pengambilan sampel disertai oleh data kondisi lingkungan berupa kondisi lokasi, waktu pengambilan sampel, suhu, dan kelembaban udara (Lampiran 1); serta data morfologi akar, yang meliputi panjang dan diameter (Lampiran 2).

Tabel 3.1. Kelompok akar berdasarkan kisaran panjang akar

Kelompok akar	Kisaran panjang (cm)
Akar muda	1--5
Akar remaja	6--10
Akar tua	11--15

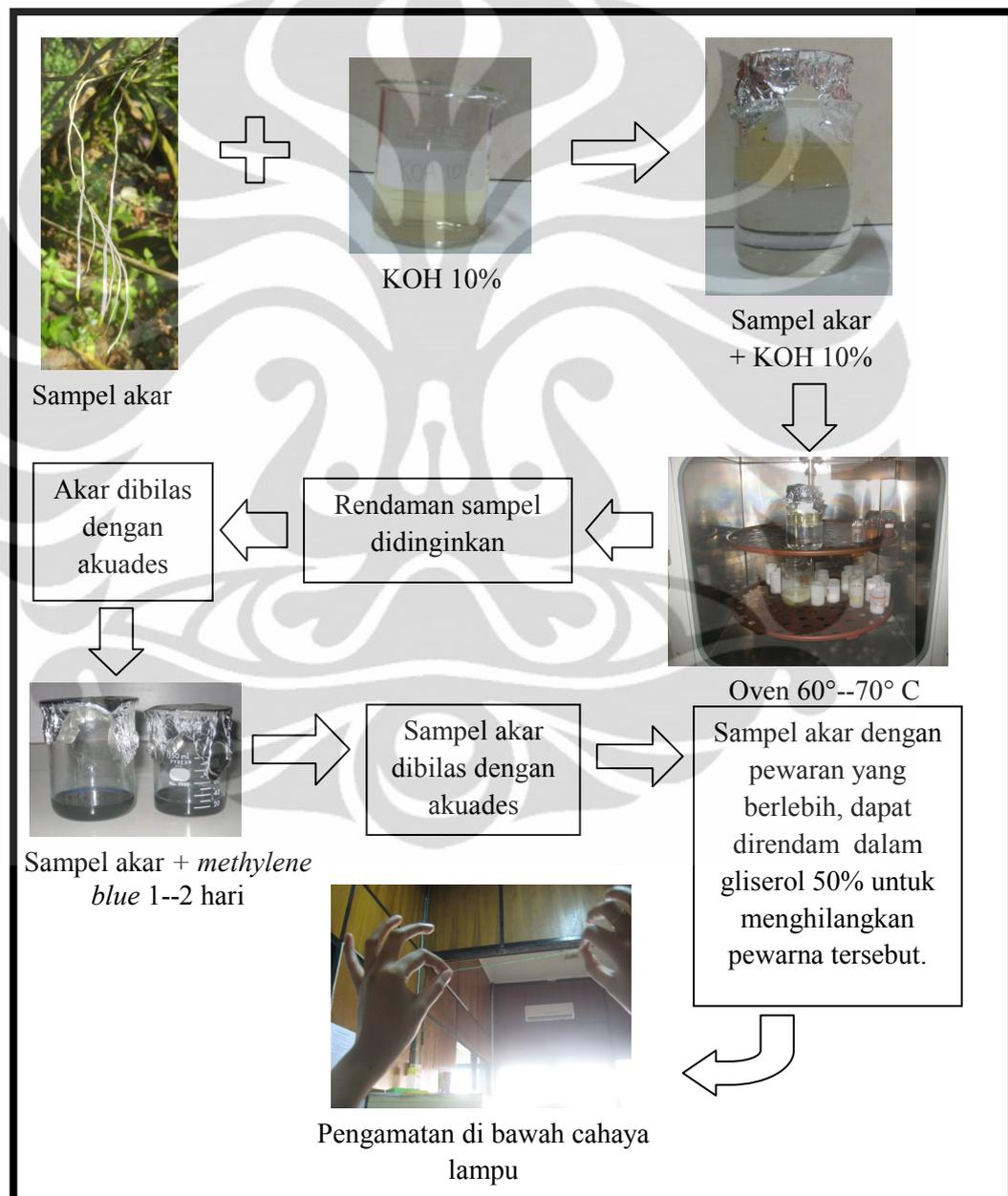
#### 3.3.2 Waktu pengambilan sampel di lapangan

Pengambilan sampel di lapangan dilakukan pada bulan Maret -- April. Sampel penelitian diambil pada pagi hari sekitar pukul 09.00 – 11.30 WIB.

### 3.3.3 Pembuatan sediaan

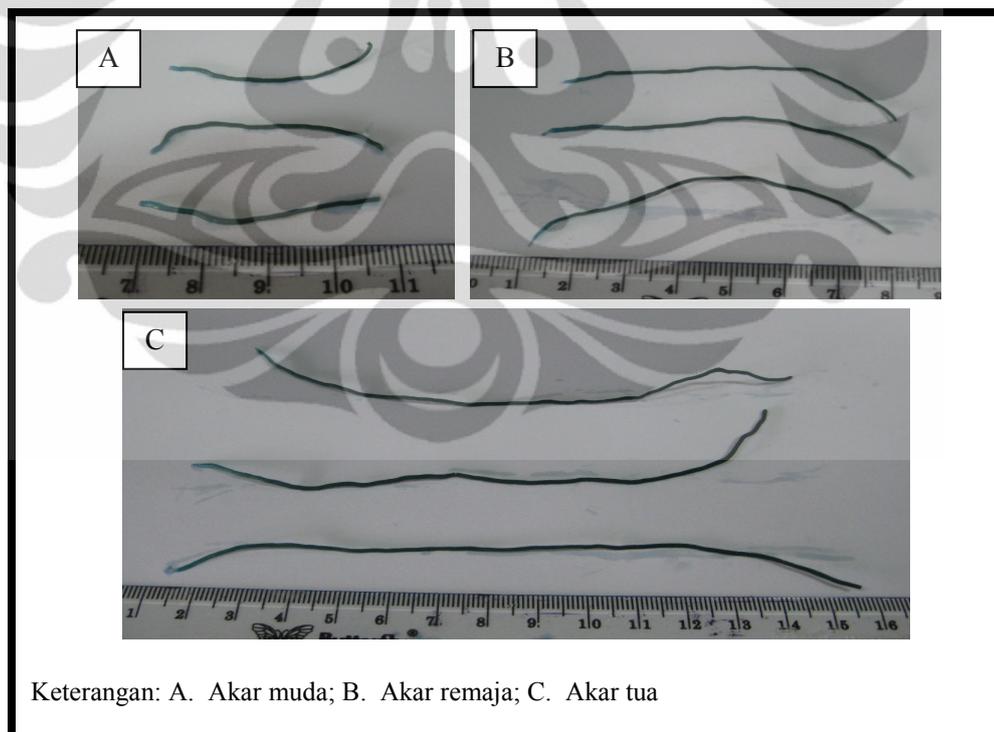
Pembuatan sediaan dilakukan di Laboratorium Biologi Perkembangan, Departemen Biologi, FMIPA UI, Depok.

#### 3.3.2.1 Metode pemanasan akar dengan KOH



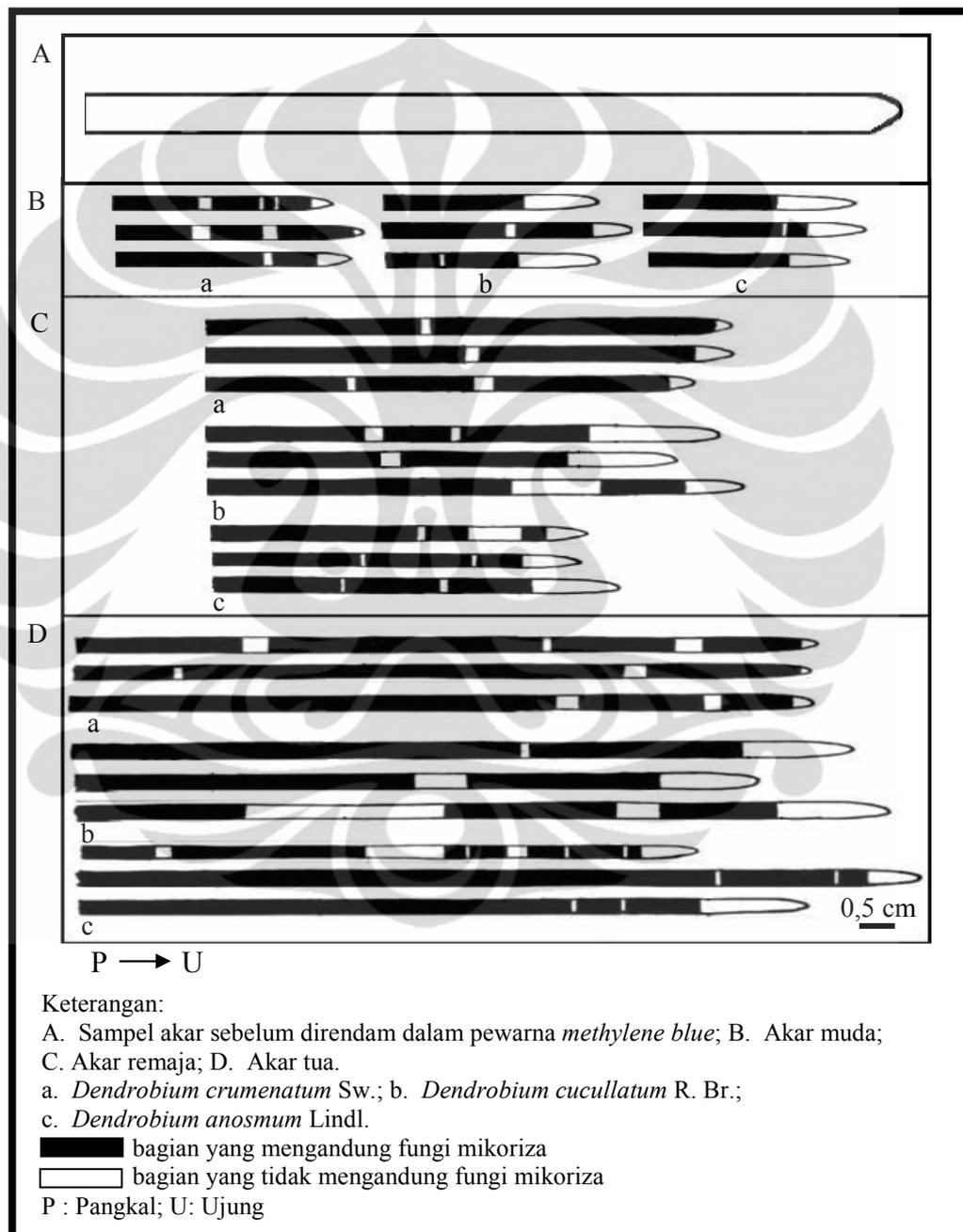
Gambar 3.1. Skema kerja metode pemanasan akar dengan KOH

Hal yang pertama dilakukan dalam metode KOH, yaitu akar masing-masing spesies dimasukkan ke dalam gelas beaker berisi larutan KOH 10% yang diletakkan di dalam wadah berisi air dan dipanaskan di dalam oven bersuhu 60° -- 70° C selama 5 jam. Tahap selanjutnya, sampel akar dibilas 1 kali dengan akuades. Setelah sampel akan dibilas dengan akuades, sampel tersebut kemudian direndam dalam zat warna *methylene blue* 0,01% (dalam laktogliserol) selama 1 -- 2 hari. Setelah zat warna meresap ke dalam akar dan mewarnai fungi mikoriza di dalam akar tersebut, akar dibilas dengan akuades 1 kali dan warna yang berlebih dapat dihilangkan dengan merendam sampel tersebut di dalam larutan gliserol 50%. Sampel akar ketiga spesies siap untuk diamati di bawah cahaya lampu dan setiap perbedaan warna yang tampak pada akar tersebut diukur dengan menggunakan penggaris. Skema cara kerja dapat dilihat pada Gambar 3.1. Sampel akar didokumentasikan dengan kamera digital Canon IXUS 70 (Gambar 3.2).

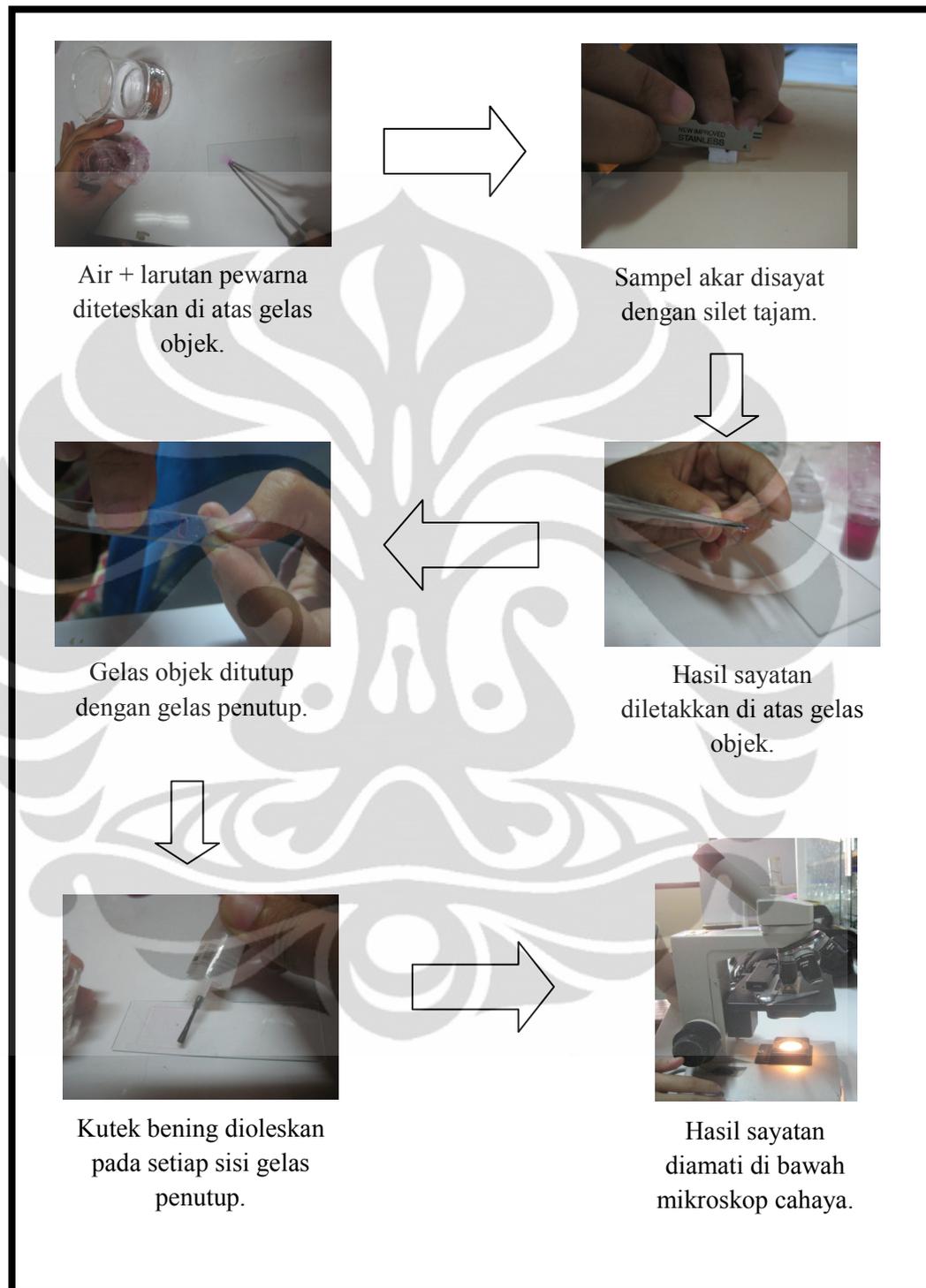


Gambar 3.2. Sampel akar hasil setelah direndam dengan *methylene blue*

Sampel akar yang didokumentasikan dengan kamera, tidak dapat memperlihatkan spot keberadaan fungi mikoriza di sepanjang akar dengan lebih jelas. Oleh karena itu, dibuat sketsa ilustrasi spot keberadaan fungi mikoriza di sepanjang semua sampel akar yang digunakan (Gambar 3.3).



Gambar 3.3. Sketsa ilustrasi spot keberadaan fungi mikoriza di sepanjang akar 3 spesies *Dendrobium*

3.3.2.2 Metode *Freehand sections*Gambar 3.4. Skema kerja metode *freehand sections*

Tahap awal yaitu akar masing-masing spesies direndam di dalam larutan fiksatif, yaitu FAA selama 24 jam. Selanjutnya, sampel di cuci dengan alkohol 70% dan direndam di dalam larutan pewarna, *Acid fuchsin* 0,01% dalam laktogliserol sampai larutan mewarnai akar sepenuhnya. Akar yang telah terwarnai dengan *acid fuchsin*, masing-masing dipotong sesuai dengan data pengamatan metode pemanasan akar dengan KOH. Kemudian, potongan tersebut disayat dengan menggunakan bantuan gabus dan pisau silet yang tajam (Gillette GOAL). Hasil sayatan diletakkan di gelas objek, sayatan diusahakan tidak kering. Jika sayatan dirasa sudah cukup banyak, sayatan ditutup dengan kaca penutup dan direkatkan dengan lapisan kutek bening. Sediaan sayatan akar ketiga spesies *Dendrobium* diamati di bawah mikroskop cahaya. Skema cara kerja dapat dilihat pada Gambar 3.4. Hasil sayatan yang akan diamati didokumentasikan (kamera digital Canon IXUS 70) terlebih dahulu dan dipilih hasil sayatan yang paling tipis. Jumlah sayatan yang akan diamati untuk kelompok Akar muda, remaja, dan tua, berurutan adalah 6 sayatan, 9 sayatan, dan 12 sayatan. Pengambilan sayatan tersebut ditentukan berdasarkan panjang akar yang digunakan.

### 3.4 Penyusunan Data

Data keberadaan fungi mikoriza di dalam jaringan akar 3 spesies dari genus *Dendrobium*, yaitu *D. crumenatum*, *D. cucullatum*, dan *D. anosmum* dicatat di dalam Tabel, yang terdiri dari Tabel pengamatan morfologi akar (Lampiran 3), Tabel pengamatan keberadaan fungi mikoriza di sepanjang akar (Lampiran 4), dan Tabel pengamatan persentase keberadaan fungi mikoriza di dalam jaringan akar 3 spesies *Dendrobium* (Tabel 4.1).

### 3.5 Pengolahan dan Analisis Data

Data keberadaan fungi mikoriza di dalam jaringan akar 3 spesies dari genus *Dendrobium*, yaitu *D. crumenatum*, *D. cucullatum*, dan *D. anosmum* berupa data kualitatif dan data kuantitatif. Data kualitatif dijabarkan secara deskriptif. Selain itu, data kualitatif juga disertai dengan foto dan ilustrasi gambar

sebagai bukti dokumentasi. Lain halnya dengan data kualitatif, data kuantitatif yang dihasilkan berupa jarak dan jumlah spot keberadaan fungi mikoriza di sepanjang akar dan presentase keberadaan peloton fungi mikoriza di dalam jaringan akar. Persentase keberadaan peloton fungi mikoriza di dalam jaringan akar dihitung dengan menggunakan rumus, sebagai berikut:

$$\text{Persentase kepadatan peloton} = \frac{\sum \text{sel yang mengandung peloton}}{\sum \text{total sel penyusun jaringan}} \times 100\% \quad (3.1)$$



## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Sampel dan Kondisi Sampel Penelitian

Penelitian tentang keberadaan fungi mikoriza di dalam jaringan akar anggrek dilakukan dengan menggunakan sampel akar dari 3 spesies anggrek epifit dari genus *Dendrobium*, yaitu *Dendrobium crumenatum*, *D. cucullatum*, dan *D. anosmum*. Media tumbuh dan tempat hidup ketiga spesies anggrek tersebut berbeda-beda. Tanaman *D. crumenatum* (Lampiran 4) berada di dalam pot yang berisi potongan arang dan terletak di bawah naungan paranet, sedangkan tanaman *D. cucullatum* (Lampiran 5) dan *D. anosmum* (Lampiran 6) terikat pada medium pakis dan berada di dahan pohon *Morinda citrifolia* dan *Plumeria* sp. Sementara itu, akar yang digunakan sebagai objek penelitian yaitu akar udara dari ketiga spesies *Dendrobium*. Sampel akar yang diambil memiliki ukuran panjang yang berbeda-beda. Perbedaan ukuran panjang akar tersebut mewakili usia akar anggrek (Tabel 3.1).

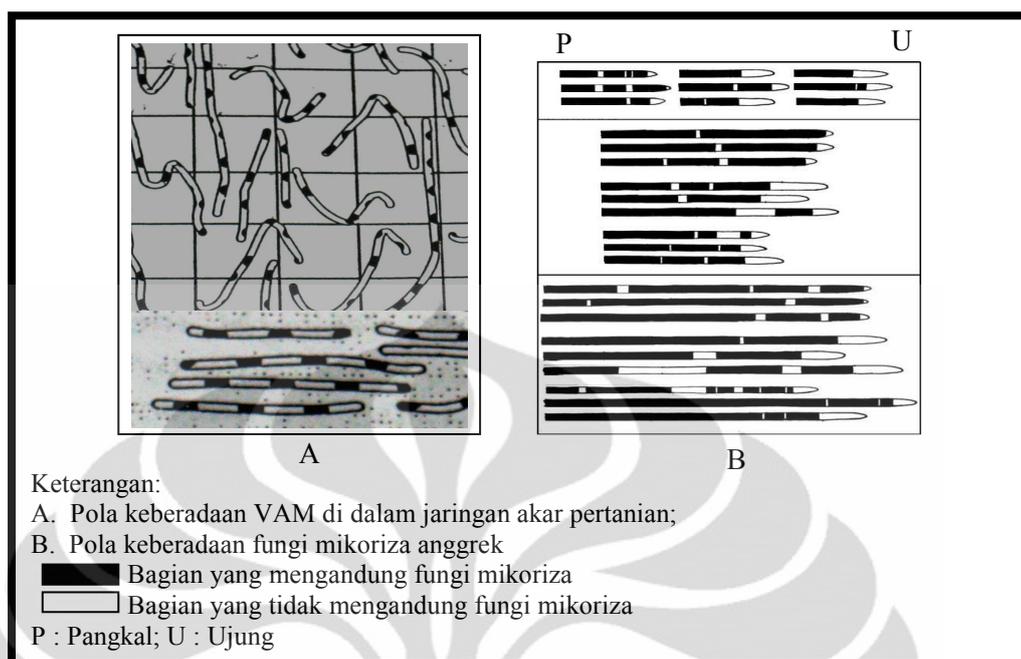
#### 4.2 Keberadaan Fungi Mikoriza di sepanjang Akar Anggrek

Keberadaan fungi mikoriza di sepanjang akar anggrek dapat diketahui dengan menggunakan metode pemanasan akar dengan KOH. Penggunaan KOH 10% bertujuan untuk menghilangkan zat warna fenolik yang terkandung di dalam sel-sel akar, sehingga sel-sel tersebut akan menjadi jernih dan mudah untuk diamati setelah akar direndam dengan *methylene blue*. *Methylene blue* merupakan salah satu zat warna alternatif yang dapat digunakan untuk mewarnai fungi mikoriza di dalam jaringan akar anggrek (Brundrett *dkk.* 1994: 181--182).

Hasil perendaman semua sampel akar di dalam *methylene blue* menunjukkan bahwa spot keberadaan fungi mikoriza di sepanjang akar memiliki pola yang unik (Gambar 3.2 dan Gambar 3.3). Pada semua sampel akar terlihat perbedaan warna yang cukup jelas antara bagian akar yang mengandung fungi

mikoriza dan bagian akar yang tidak mengandung fungi mikoriza. Bagian akar yang mengandung fungi mikoriza terlihat berwarna biru sampai hitam. Hal tersebut menandakan bahwa struktur fungi mikoriza telah terwarnai oleh *methylene blue*. Sementara itu, bagian yang tidak mengandung fungi mikoriza akan terlihat berwarna hijau transparan.

Semua sampel akar anggrek yang digunakan menunjukkan pola spot keberadaan fungi mikoriza yang sama dengan akar tumbuhan vaskular lainnya yang mengandung Vesikular Arbuskular Mikoriza (Gambar 4.1). Pola tersebut menunjukkan bahwa fungi mikoriza terdapat pada bagian akar dengan sel-sel yang telah berdiferensiasi. Sementara itu, tidak terlihat keberadaan fungi mikoriza di dalam sel-sel yang belum berdiferensiasi, yaitu pada bagian ujung akar yang tersusun atas sel-sel meristematik. Hal tersebut sesuai dengan literatur yang menyatakan bahwa tidak pernah terlihat hifa fungi di dalam sel-sel meristematik (Saha & Rao 2006: 11; Leake 1994 dalam Mursidawari 2007: 25). Hifa fungi tidak pernah memasuki sel-sel meristematik, diduga karena sel-sel meristem memiliki aktivitas pembelahan sel yang terus menerus, sehingga sulit untuk hifa fungi mendiami sel-sel tersebut. Selain itu, mungkin belum ada cadangan makanan yang dibentuk dalam sitoplasma maupun vakuola sel meristematik yang dapat digunakan fungi mikoriza sebagai sumber nutrisi.



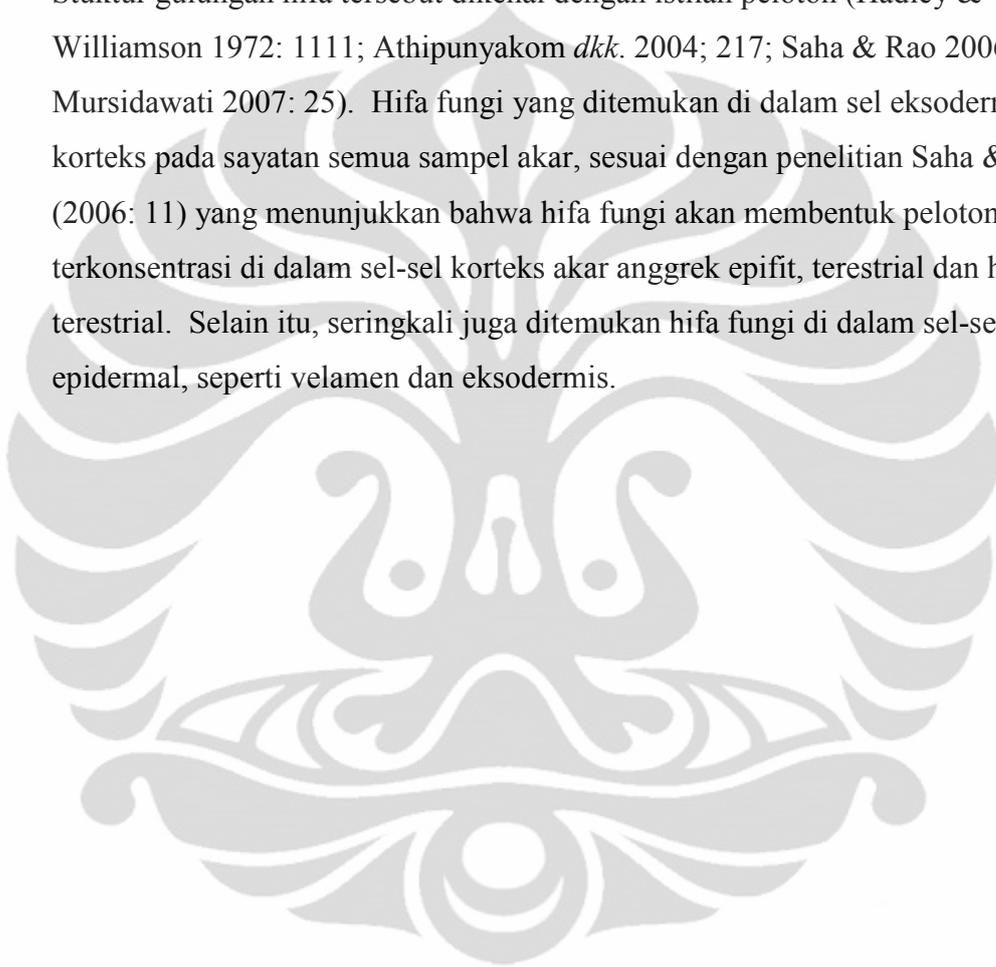
Gambar 4.1. Pola spot keberadaan fungi mikoriza yang sama antara VAM [Brundrett *dkk.* 1994: 183.] dan fungi mikoriza anggrek

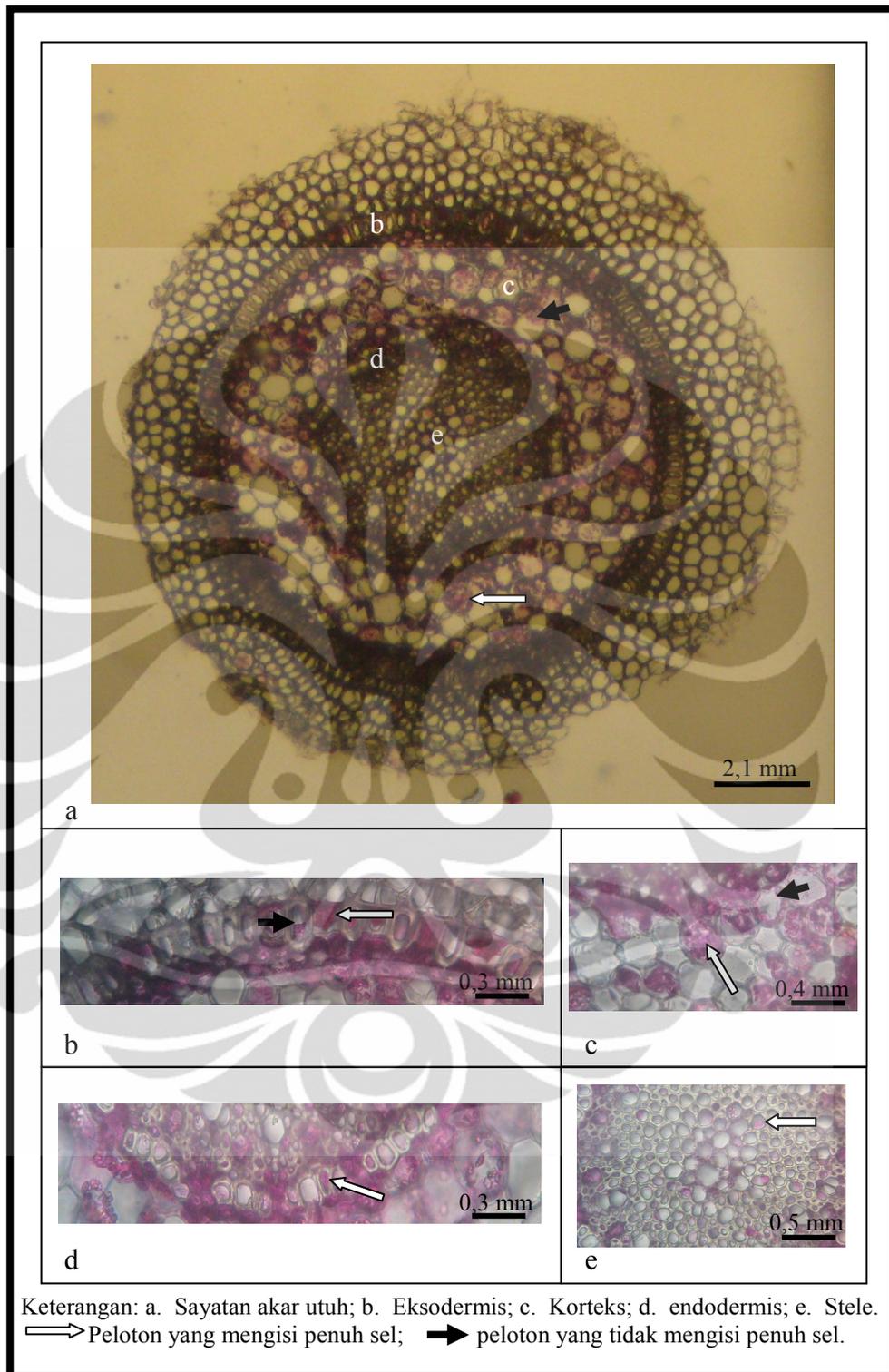
Spot keberadaan fungi mikoriza yang terlihat kemudian diukur dengan penggaris. Pengukuran spot tersebut bertujuan untuk menentukan panjang bagian akar yang akan digunakan untuk membuat sediaan anatomi akar. Hal tersebut dilakukan untuk memastikan bahwa bagian akar yang diambil sudah pasti mengandung fungi mikoriza. Ukuran setiap spot fungi mikoriza, bagian akar yang tidak mengandung fungi mikoriza, serta bagian akar yang akan diambil dapat dilihat pada Lampiran 7, 8 dan 9.

### 4.3 Lokasi dan Struktur Fungi Mikoriza di dalam Jaringan Akar Anggrek

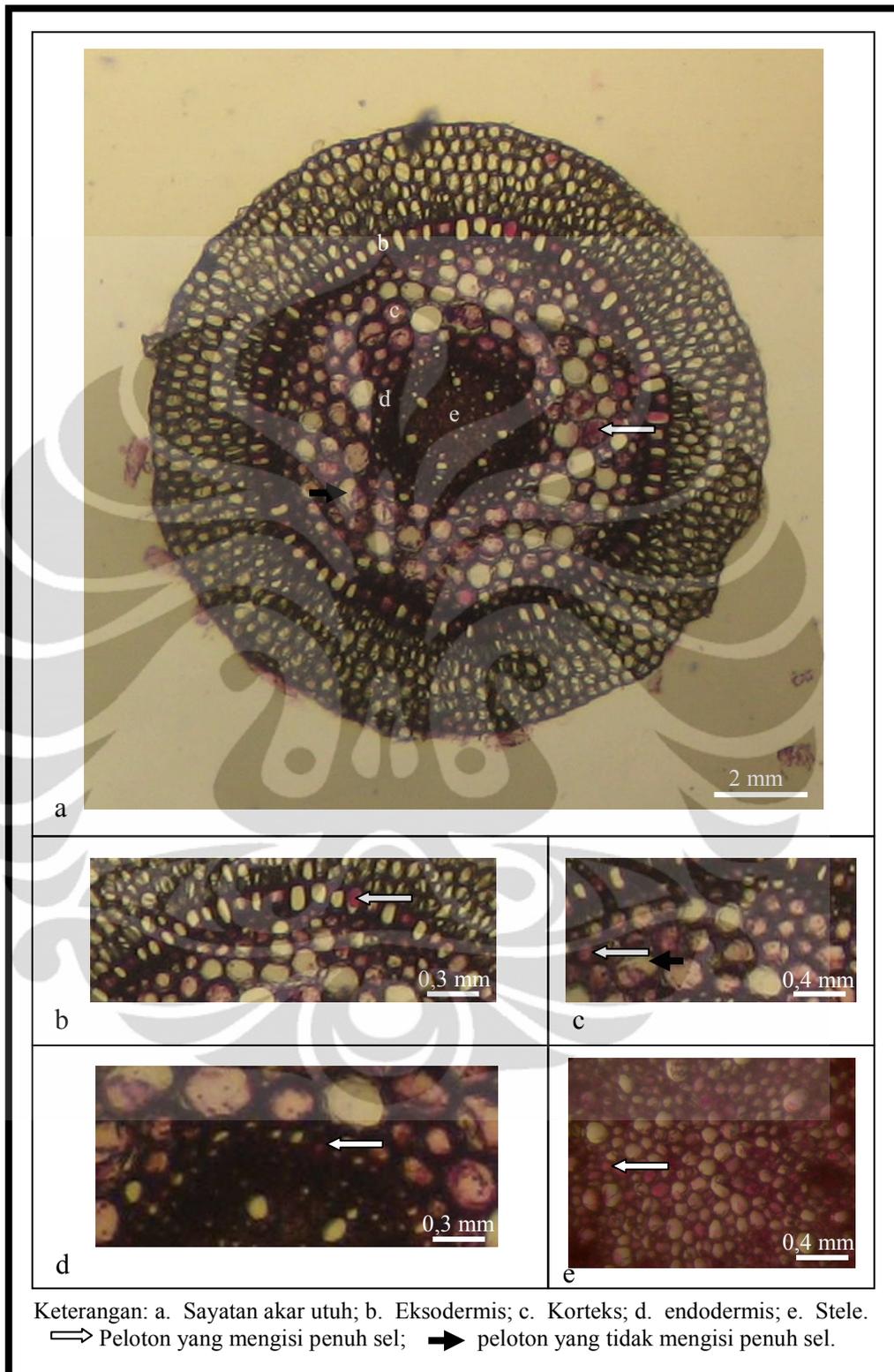
Keberadaan fungi mikoriza di dalam jaringan akar anggrek dapat diketahui dengan membuat sediaan sayatan melintang akar yang telah direndam dengan pewarna *acid fuchsin*. Sayatan yang dihasilkan akan menunjukkan lokasi keberadaan fungi mikoriza dan struktur tersebut di dalam sel-sel pada jaringan akar. Selain itu, persentase kepadatan fungi mikoriza di dalam setiap jaringan akar juga dapat dihitung.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hifa fungi mikoriza terlihat di dalam hampir semua jaringan penyusun akar, seperti eksodermis, korteks, endodermis, dan stele pada sayatan akar *Dendrobium crumenatum*, *D. cucullatum*, dan *D. anosmum* (Gambar 4.2; 4.3; 4.4). Hifa fungi mikoriza tersebut ditemukan membentuk struktur gulungan-gulungan hifa yang padat di dalam sel-sel korteks. Struktur gulungan hifa tersebut dikenal dengan istilah peloton (Hadley & Williamson 1972: 1111; Athipunyakom *dkk.* 2004; 217; Saha & Rao 2006: 9; Mursidawati 2007: 25). Hifa fungi yang ditemukan di dalam sel eksodermis dan korteks pada sayatan semua sampel akar, sesuai dengan penelitian Saha & Rao (2006: 11) yang menunjukkan bahwa hifa fungi akan membentuk peloton dan terkonsentrasi di dalam sel-sel korteks akar anggrek epifit, terestrial dan hibrid terestrial. Selain itu, seringkali juga ditemukan hifa fungi di dalam sel-sel epidermal, seperti velamen dan eksodermis.

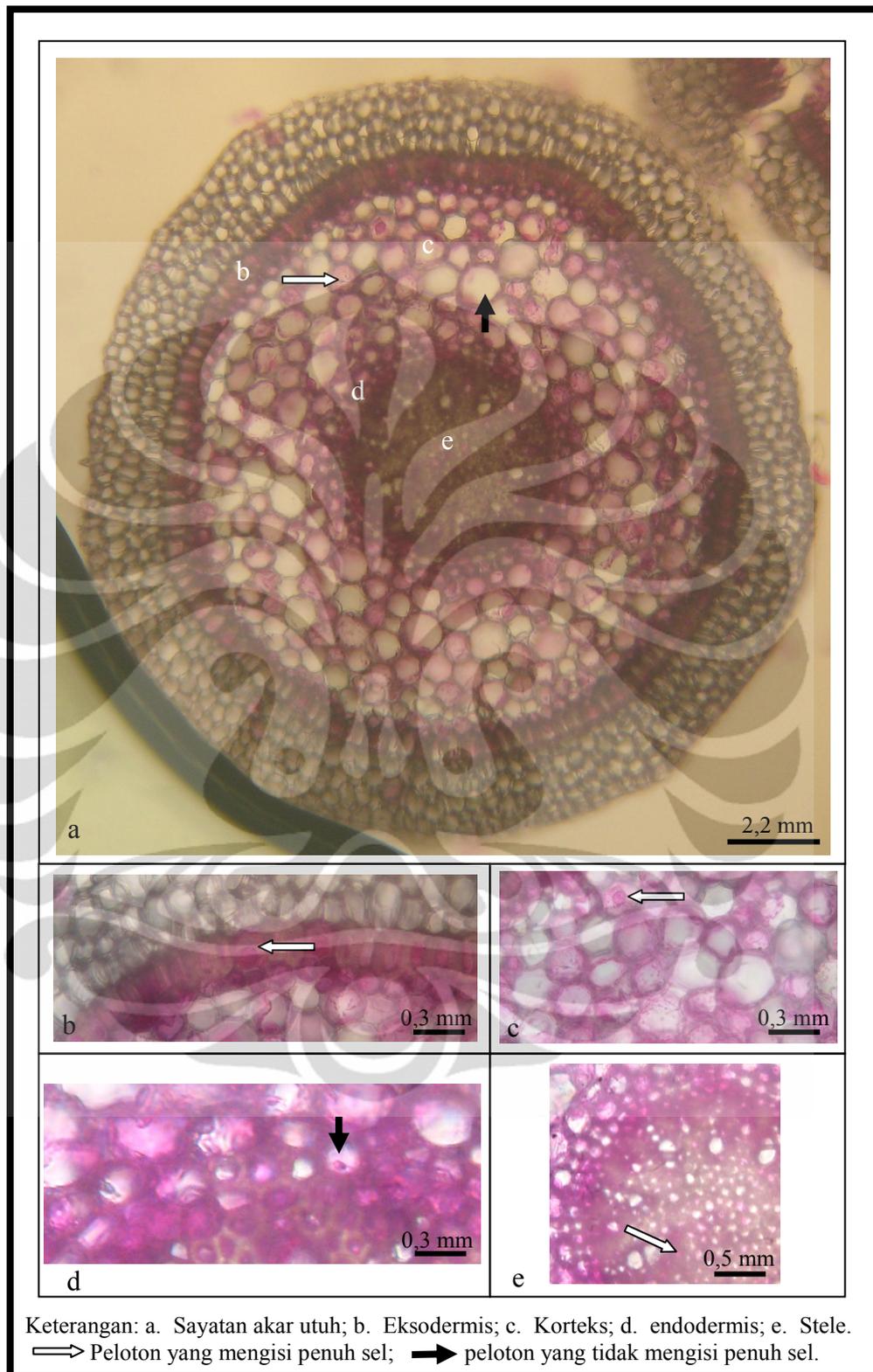




Gambar 4.2. Sayatan melintang akar *Dendrobium crumenatum* Sw. yang memperlihatkan keberadaan fungi mikoriza di setiap jaringan penyusun akar



Gambar 4.3. Sayatan melintang akar *Dendrobium cucullatum* R. Br. Yang memperlihatkan keberadaan fungi mikoriza di setiap jaringan penyusun akar



Gambar 4.4. Sayatan melintang akar *Dendrobium anosmum* Lindl. Yang memperlihatkan keberadaan fungi mikoriza di setiap jaringan penyusun akar

Hifa fungi atau peloton pada akar ketiga anggrek *Dendrobium* juga teramati pada sel-sel endodermis dan stele. Namun, hal tersebut belum pernah ditemukan sebelumnya pada spesies anggrek epifit yang telah diteliti, seperti *Cymbidium atropurpureum*, *Dendrobium carnosum*, *Tipularia discolor*, dan *Paphiopedilum fairieanum* (Hadley & Williamson 1972: 1115; Rasmussen & Whigham 2002: 798; Saha & Rao 2006: 11). Peloton tidak pernah ditemukan di dalam sel-sel endodermis dan stele dikarenakan pembentukan peloton tersebut hanya terbatas pada sel-sel parenkim korteks. Selain itu, beberapa peloton juga dapat teramati di sel-sel korteks bagian dalam dekat endodermis dan stele. Akan tetapi, tidak pernah terlihat hifa fungi tersebut memasuki sel-sel endodermis maupun stele (Senthilkumar *dkk.* 2000: 1527; Saha & Rao 2006: 11). Perbedaan hasil tersebut diduga pada akar ketiga anggrek *Dendrobium* yang digunakan mengalami reinfeksi yang berlebihan dan degradasi peloton yang jarang terjadi. Hal tersebut mengakibatkan hifa fungi yang berlebih pada sel-sel korteks bagian dalam akan masuk ke dalam sel-sel endodermis dan stele ketiga akar anggrek *Dendrobium* tersebut.

Hasil sayatan melintang akar menunjukkan individu-individu hifa yang membentuk peloton dapat dibedakan dengan mudah, dari sel-sel yang terisi penuh oleh peloton hingga sel-sel yang tidak terisi penuh oleh peloton (Gambar 4.5). Sel-sel yang terisi penuh oleh peloton mengindikasikan peloton pada sel-sel tersebut merupakan peloton hidup, sedangkan sel-sel yang tidak terisi penuh oleh peloton mengindikasikan telah terjadi degradasi peloton secara perlahan-lahan (Senthilkumar *dkk.* 2000: 1527). Hasil tersebut menunjukkan bahwa peloton yang masuk ke dalam sel-sel akar anggrek akan bertahan beberapa waktu di dalam sel-sel tersebut sebelum akhirnya terdegradasi. Peloton yang terdegradasi diyakini sebagai sumber nutrisi bagi tanaman anggrek. Hal tersebut dikarenakan peloton yang terdegradasi akan melepaskan materi-materi organik yang kemudian akan diserap oleh sel-sel akar anggrek (Smith & Read 1997 dalam Mursidawati 2004: 5; Mursidawati 2007: 25; Gil *dkk.* 2008: 130).

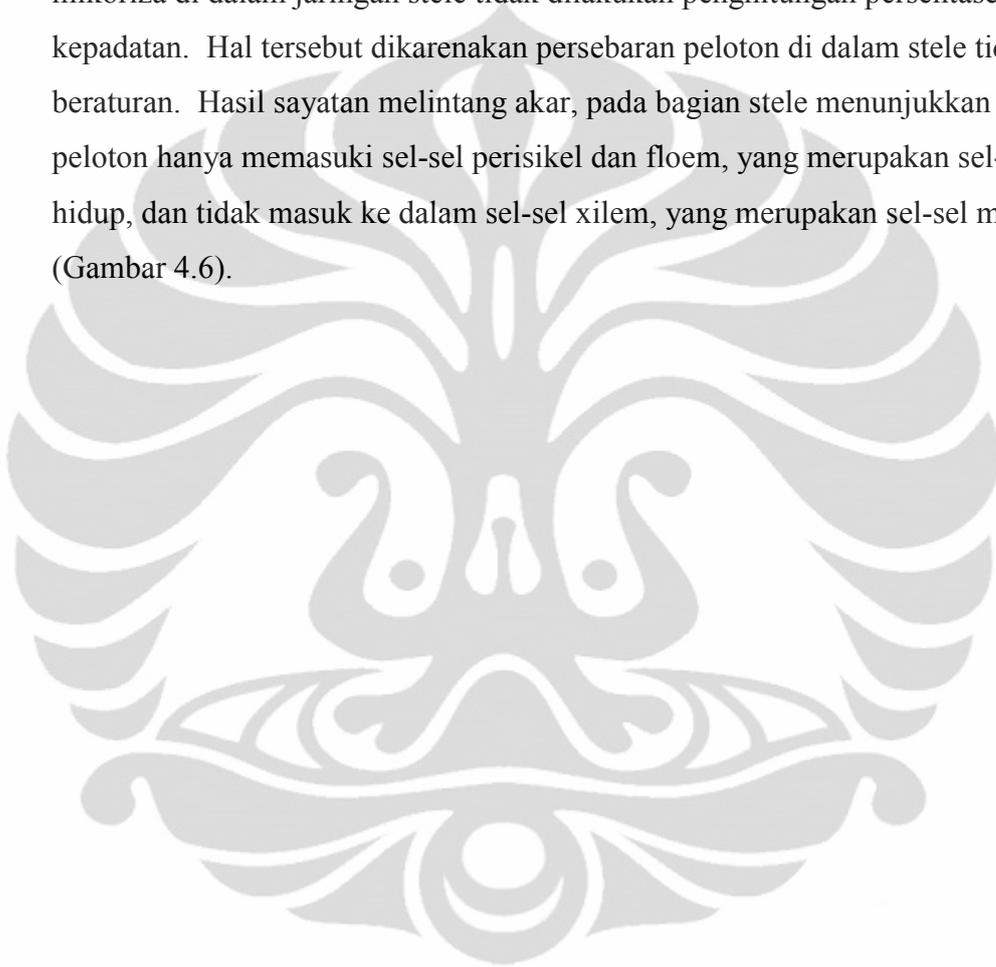


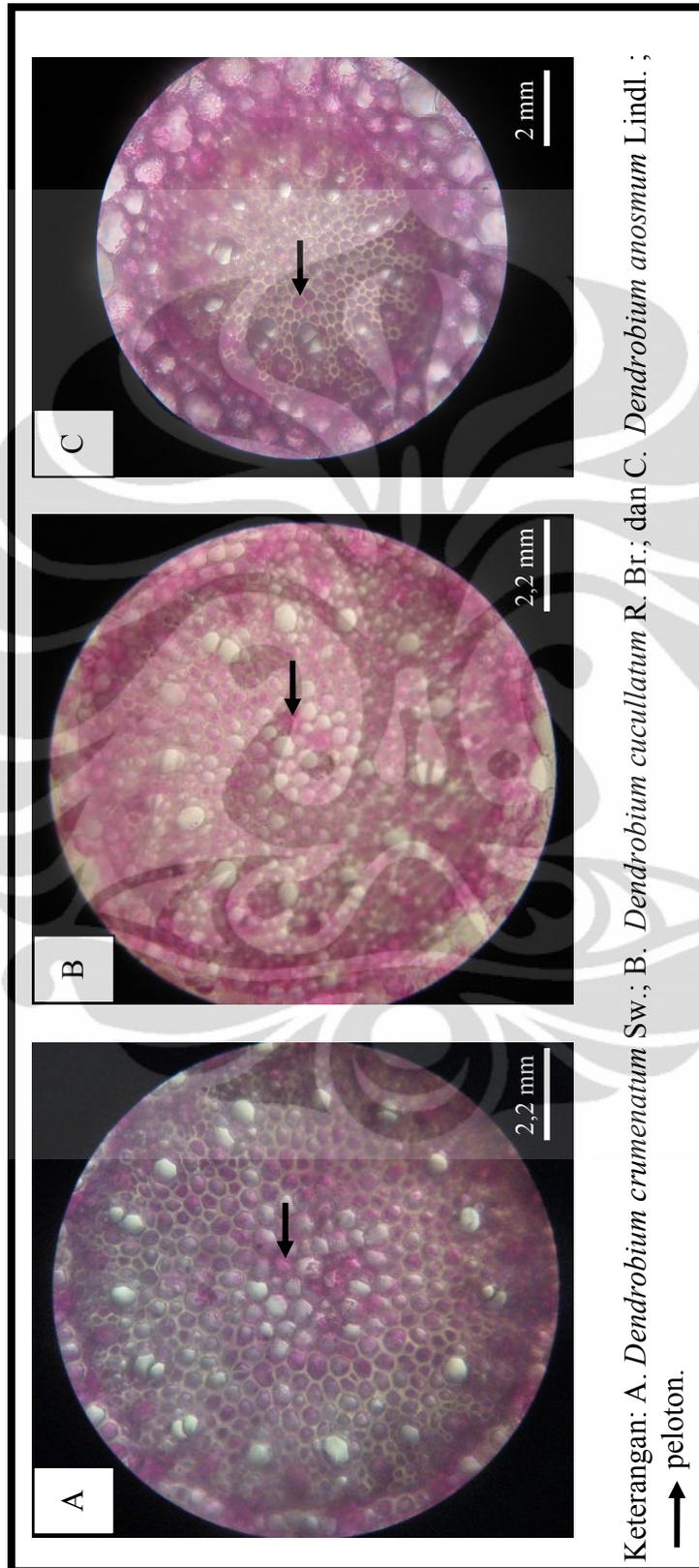
Gambar 4.5. Sel yang terisi peloton di dalam sel-sel korteks *Dendrobium cucullatum* R. Br.

#### 4.4 Persentase Kepadatan Fungi Mikoriza di dalam Setiap Jaringan Akar Anggrek

Perhitungan persentase kepadatan fungi mikoriza di dalam jaringan akar *Dendrobium crumenatum*, *D. cucullatum*, dan *D. anosmum*, yaitu dengan menghitung sel-sel yang terisi penuh oleh peloton, sel-sel yang tidak terisi penuh oleh peloton, dan sel-sel kosong pada setiap jaringan akar (Gambar 4.5). Perhitungan sel-sel kosong dilakukan untuk menentukan jumlah total sel pada setiap jaringan, sehingga persentase kepadatan peloton yang memenuhi sel dan persentase kepadatan peloton yang tidak memenuhi sel dapat dihitung. Persentase sel pada setiap jaringan yang terisi penuh oleh peloton fungi mikoriza, mewakili

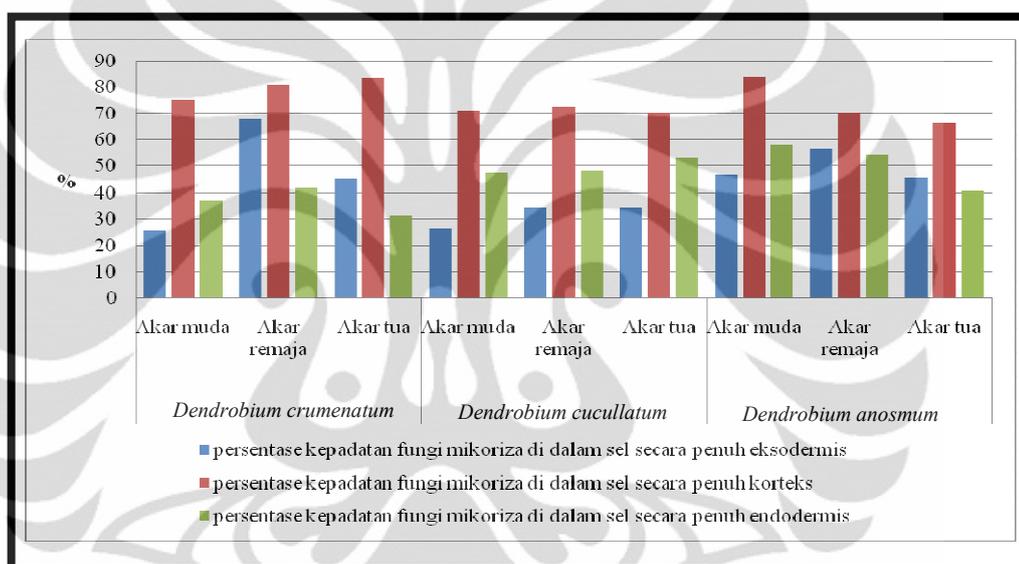
persentase kepadatan fungi mikoriza di dalam jaringan akar. Sementara itu, persentase sel pada setiap jaringan yang tidak dipenuhi oleh peloton merupakan persentase degradasi peloton yang terjadi di dalam sel-sel akar anggrek. Penghitungan persentase kepadatan fungi mikoriza hanya dilakukan terhadap jaringan eksodermis, korteks, dan endodermis. Keberadaan peloton fungi mikoriza di dalam jaringan stele tidak dilakukan penghitungan persentase kepadatan. Hal tersebut dikarenakan persebaran peloton di dalam stele tidak beraturan. Hasil sayatan melintang akar, pada bagian stele menunjukkan bahwa peloton hanya memasuki sel-sel perisikel dan floem, yang merupakan sel-sel hidup, dan tidak masuk ke dalam sel-sel xilem, yang merupakan sel-sel mati (Gambar 4.6).



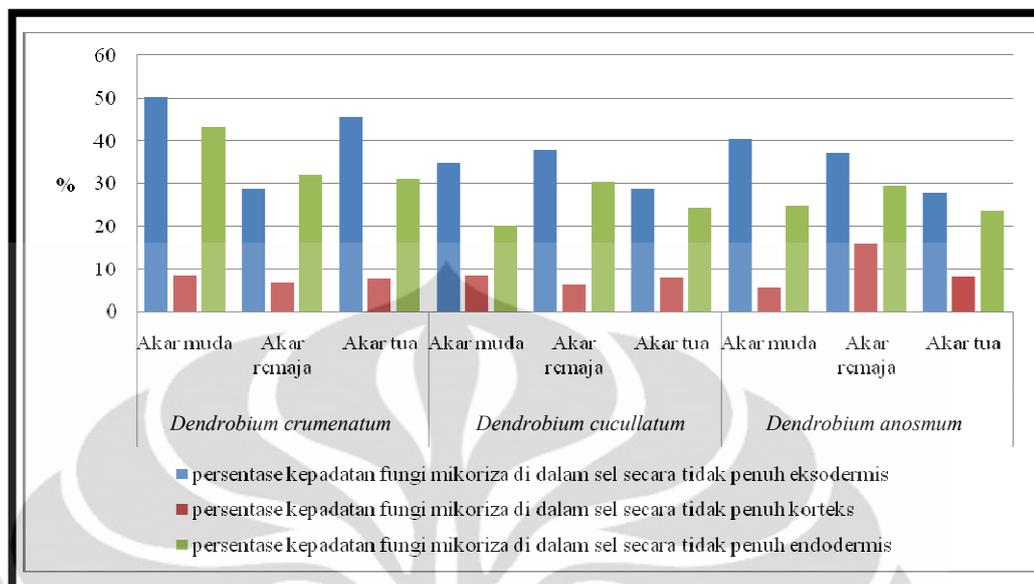


Gambar 4.6. Fungi mikoriza yang ditemukan di dalam stele pada akar 3 spesies *Dendrobium*

Persentase kepadatan fungi mikoriza di dalam jaringan akar akan dikorelasikan dengan usia akar. Usia akar dapat diwakilkan dengan menggunakan ukuran akar yang berbeda-beda. Akar yang digunakan yaitu Akar muda, dengan kisaran ukuran 1--5 cm; Akar remaja, dengan kisaran ukuran 6--10 cm; dan Akar tua, dengan kisaran ukuran 11--15 cm. Hasil persentase diperkirakan persentase tertinggi akan terlihat pada sampel akar muda. Hal tersebut dikarenakan akar yang masih muda akan lebih memiliki ketergantungan terhadap fungi mikoriza dalam perolehan nutrisi yang dibutuhkan akar tersebut untuk berkembang.

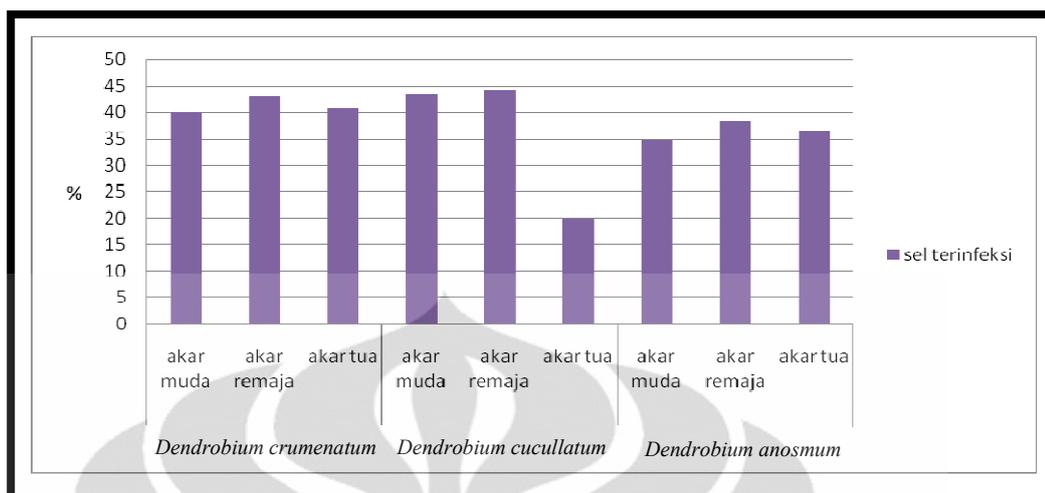


Gambar 4.7. Diagram batang persentase kepadatan fungi mikoriza di dalam sel secara penuh pada akar *Dendrobium crumenatum* Sw., *Dendrobium cucullatum* R. Br. dan *Dendrobium anosmum* Lindl.



Gambar 4.8. Diagram batang persentase kepadatan fungi mikoriza di dalam sel secara tidak penuh pada akar *Dendrobium crumenatum* Sw., *Dendrobium cucullatum* R. Br. dan *Dendrobium anosmum* Lindl.

Hasil penelitian menunjukkan hifa fungi mikoriza (peloton) terkonsentrasi di dalam sel-sel korteks pada akar ketiga anggrek *Dendrobium* yang digunakan. Persentase tertinggi sel-sel yang terisi oleh peloton ditunjukkan pada sel-sel korteks pada semua sampel akar yang digunakan (Gambar 4.7, diagram batang warna merah). Menurut hasil penelitian, sel-sel korteks akar *Dendrobium crumenatum*, *D. cucullatum*, dan *D. anosmum* memiliki kepadatan infeksi sebesar 66,35% -- 83,85%. Hasil tersebut sesuai dengan teori yang menyatakan pembentukan peloton hanya terbatas pada sel-sel parenkim korteks (Senthilkumar *dkk.* 2000: 1527). Hal tersebut berhubungan dengan fungsi korteks sebagai tempat penyimpanan nutrisi hasil fotosintesis akar. Oleh karena itu, hifa fungi mikoriza mendiami sel-sel korteks untuk melakukan aktivitas metabolisme dan pertukaran nutrisi yang dibutuhkan bagi kedua simbion, sebelum peloton terdegradasi di dalam sel-sel tersebut (Smith & Read 1997 dalam Mursidawati 2004: 5; Gil *dkk.* 2008: 130).



Gambar 4.9. Diagram batang persentase kepadatan fungi mikoriza di dalam jaringan akar *Dendrobium crumenatum* Sw., *Dendrobium cucullatum* R. Br. dan *Dendrobium anosmum* Lindl. berdasarkan usia akar

Hasil penghitungan sel-sel yang tidak terisi penuh oleh peloton menunjukkan persentase yang lebih rendah dibandingkan dengan sel-sel yang terisi penuh oleh peloton pada semua sampel akar (Gambar 4.8). Hal tersebut diduga peloton yang terdegradasi sangat sedikit, yaitu kurang dari 20%. Degradasi peloton yang rendah tersebut kemungkinan dikarenakan akar anggrek yang digunakan merupakan akar yang bersifat fotosintetik, sehingga tidak membutuhkan nutrisi dari fungi dalam jumlah yang banyak. Selain itu, kemungkinan juga terjadi reinfeksi fungi mikoriza yang berlebihan pada akar ketiga spesies *Dendrobium* yang digunakan.

Hasil persentase kepadatan fungi mikoriza berdasarkan fase perkembangan akar *D. crumenatum*, *D. cucullatum*, dan *D. anosmum* menunjukkan pola persentase kepadatan fungi mikoriza yang tidak beraturan (Gambar 4.9). Hasil tersebut tidak menunjukkan persentase kepadatan fungi mikoriza tertinggi diperoleh akar muda dan persentase kepadatan fungi mikoriza terendah diperoleh akar tua (Tabel 4.1). Menurut hasil penelitian tersebut kepadatan fungi mikoriza tidak berkorelasi dengan usia akar. Hal tersebut kemungkinan dikarenakan akar yang digunakan adalah akar yang berasal dari tanaman dewasa dan merupakan akar fotosintetik, sehingga peran fungi mikoriza tidak menjadi dasar bagi

kebutuhan nutrisi akar. Namun demikian, ketiga usia akar yang digunakan memiliki pola spot keberadaan fungi mikoriza yang sama (Gambar 3.3). Hal tersebut menunjukkan bahwa semua akar anggrek dapat digunakan sebagai objek penelitian fungi mikoriza dan tidak dibatasi oleh ukuran atau usia akar.

Tabel 4.1. Persentase kepadatan fungi mikoriza di dalam jaringan akar 3 spesies *Dendrobium*

spesies	kelompok akar	persentase kepadatan fungi mikoriza di dalam sel secara penuh (%)			persentase kepadatan fungi mikoriza di dalam sel secara tidak penuh (%)		
		Eks	K	En	Eks	K	En
<i>Dendrobium crumenatum</i> Sw.	Akar muda	25,89	75,26	37,01	50,31	8,44	43,29
	Akar remaja	67,85	81,1	41,62	28,92	6,81	32,3
	Akar tua	45,38	83,4	31,17	45,73	7,79	31,19
<i>Dendrobium cucullatum</i> R. Br.	Akar muda	26,6	70,93	47,46	34,9	8,38	20,06
	Akar remaja	33,89	72,95	48,2	38,31	6,57	30,56
	Akar tua	34,01	70,24	53,49	28,77	7,87	24,28
<i>Dendrobium anosmum</i> Lindl.	Akar muda	46,9	83,85	58,17	40,64	5,9	24,78
	Akar remaja	56,61	70,39	54,58	37,15	16,28	29,54
	Akar tua	45,65	66,35	40,84	27,8	8,23	23,75

Keterangan: Eks: Eksodermis; K: Korteks; En: Endodermis

Persentase kepadatan fungi mikoriza tertinggi terdapat di dalam jaringan akar *Dendrobium crumenatum*, yaitu sebesar 41,31%. Berbeda dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hadley & Williamson (1972:1115), yang menyatakan bahwa kepadatan fungi mikoriza di dalam korteks *D. crumenatum* kurang dari 1%. Perbedaan tersebut diduga terjadi perubahan evolusi terhadap spesifikasi simbiosis fungi dan akar *D. crumenatum*. Spesies fungi yang bersimbiosis dengan akar *D. crumenatum* diduga mengalami peningkatan jumlah spesies, sehingga kepadatan fungi tersebut di dalam jaringan akar *D. crumenatum* juga meningkat setelah 38 tahun. Namun, belum terdapat bukti yang pasti untuk menjelaskan dugaan tersebut.

*Dendrobium crumenatum* memiliki kepadatan fungi mikoriza yang lebih tinggi dibandingkan dengan *D. cucullatum* dan *D. anosmum* (Gambar 4.9 dan

Lampiran 10). Hal tersebut dikarenakan tanaman *D. crumenatum* yang terdapat di dalam rumah anggrek, tidak berdampingan dengan spesies tanaman lain. Kondisi yang berbeda dengan tanaman *D. cucullatum* dan *D. anosmum*. Tanaman *D. cucullatum* yang menempel di dahan pohon *Morinda citrifolia*, hidup berdampingan dengan tanaman *Piper betle* yang merambat pada dahan pohon tersebut. Sementara itu, tanaman *D. anosmum* yang menempel pada dahan pohon *Plumeria* sp. hidup berdampingan dengan spesies anggrek lain, seperti *Vanda limbata* Blume., *Dendrobium secundum* (Bl.) Lindl., *Dendrobium faciferum* J.J.Sm.dan *Dendrobium purpureum* Roxb.

Gil dkk. (2008: 131) menyatakan bahwa faktor abiotik, seperti manusia, temperatur, pH, pencahayaan, substrat, dan kehadiran kompetitor dapat memengaruhi persentase infeksi sel-sel oleh fungi mikoriza ke dalam akar, serta memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan dan tersediaan fungi. Keberadaan kompetitor atau spesies tanaman lain yang terdapat disekitar tanaman *D. cucullatum* dan *D. anosmum* kemungkinan berpengaruh terhadap infeksi fungi mikoriza ke dalam jaringan akar tanaman tersebut. Hal tersebut diduga fungi mikoriza dapat memperoleh nutrisi atau membentuk simbiosis dengan tanaman lain, selain anggrek, sehingga tingkat infeksi fungi mikoriza ke dalam akar *D. cucullatum* dan *D. anosmum* lebih rendah dibandingkan dengan tingkat infeksi akar *D. crumenatum*. Pada tanaman *D. crumenatum* yang tidak memiliki kompetitor di habitatnya, membuat akar tanaman tersebut memiliki tingkat infeksi yang lebih tinggi.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Pada *Dendrobium crumenatum*, *D. cucullatum*, dan *D. anosmum* fungi mikoriza ditemukan di dalam jaringan eksodermis, korteks, endodermis, dan stele. Pembentukan peloton fungi mikoriza terjadi di dalam jaringan korteks.
2. Persentase kepadatan fungi mikoriza tertinggi terdapat pada jaringan korteks.
3. Kepadatan fungi mikoriza pada akar muda ternyata tidak sebanyak pada akar remaja.
4. *Dendrobium crumenatum* memiliki persentase kepadatan fungi mikoriza tertinggi.

#### 5.2 Saran

1. Keberadaan fungi mikoriza di dalam jaringan endodermis dan stele pada akar anggrek *Dendrobium crumenatum*, *D. cucullatum*, dan *D. anosmum* perlu dikaji lebih lanjut.

## DAFTAR ACUAN

- Abadie, J. C., U. Püttsepe, G. Gebauer, A. Faccio, P. Bonfante & M. A. Salosse. 2006. *Cephalanthera longifolia* (Neottia, Orchidaceae) is mixotrophic: comparative study between green and nonphotosynthetic individuals. *Canadian Journal of Botany* **84**: 1462--1477.
- Agustini, V., S. Sufaati & Suharno. 2009. Mycorrhizal association of terrestrial orchids of Cyclops Nature Reserve of Jayapura. *Biodiversitas* **10**(4): 175--180.
- Alexander, C., I. J. Alexander & G. Hadley. 1984. Phosphate uptake by *Goodyera repens* in relation to mycorrhizal infection. *New Phytologist* **97**(3): 401--411.
- Alexander, C. & G. Hadley. 1985. Carbon movement between host & mycorrhizal endophyte during the development of the orchid *Goodyera repens* Br. *New Phytologist* **101**(4): 657--665.
- Arditti, J. 1992. *Fundamentals of orchid biology*. John Wiley & Sons, Inc. New York: xii + 691 hlm.
- Arditti, J. & A. K. A. Ghani. 2000. Tansley review no. 110 numerical and physical properties of orchid seeds and their biological implications. *New Phytologist* **145**: 367--421.
- Athipunyakom, P., L. Manoch & C. Piluek. 2004. Isolation and identification of mycorrhizal fungi from eleven terrestrial orchids. *Natural science* **38**(2): 216--228 .
- Brundrett, M., N. Bougher, B. Dell, T. Grove & N. Malajczuk. 1994. *Working with mycorrhizas in forestry and agriculture*. International Mycorrhizal Workshop, Kaiping, China: iii + 347 hlm.
- Brundrett, M. 2008a. *section 1. Introduction to mycorrhizas*. 8 hlm.  
<http://www.ffp.csiro.au/research/mycorrhiza/intro.html>. 3 Februari 2010, pk. 16.57.
- Brundrett, M. 2008b. *Section 10. Methods for identifying mycorrhizas*. 19 hlm.  
<http://www.ffp.csiro.au/research/mycorrhiza/methods.html>. 3 Februari 2010, pk. 17. 05.

- Bogoure, J. J. & J. D. W. Dearnaley. 2005. The fungi endophytes of *Dipodium variegatum* (Orchidaceae). *Australian Mycologist* **24**(1): 15--19.
- Cameron, D. D., J. R. Leake & D. J. Read. 2006. Mutualistic mycorrhiza in orchids: evidence from plant-fungus carbon and nitrogen transfers in the green-leaved terrestrial orchid *Goodyera repens*. *New Phytologist* **171**: 405--416.
- Cameron, D. D., I. Johnson, J. R. Leake & D. J. Read. 2007. Mycorrhizal acquisition of inorganic phosphorus by the green-leaved terrestrial orchid *Goodyera repens*. *Annals of Botany* **99**: 831--834.
- Charles & M. Baker. 1996. *Dendrobium* species culture. *Orchids* **65**(11): 1190--1195.
- Comber, J. B. 1990. *Orchids of java*. Bentham-Moxom Trust Royal Botanic Gardens, Kew Surrey: 470 hlm.
- Destry & T. Jodi. 2006. *Koleksi anggrek Kebun Raya Cibodas*. UPT Balai Konservasi Tumbuhan, Kebun Raya Cibodas: iii + 83 hlm.
- Dressler, R. L. 1981. *The orchids: natural history and classification*. Harvard University Press, Cambridge: 332 hlm.
- Gil, E. M. O, J. F., Montana & J. T. Otero. 2008. Variation in Mycorrhizal Infection of the epiphytic orchid *Ionopsis utriculariodes* (Orchidiaceae) on different substrata. *Caribbean Journal of Science* **44**(1): 130--132.
- Hadley, G. & B. Williamson. 1972. Features of mycorrhizal infection in some malayan orchids. *New Phytologist* **71**: 1111--1118.
- Hadley, G. 1984. Uptake of [<sup>14</sup>C] glucoaae by asymbiotic and mycorrhizal orchid protocorms. *New Phytologist* **36**(2): 263--273.
- Hidayat, E. B. 1995. *Anatomi tumbuhan berbiji*. Penerbit ITB, Bandung: 10a + 275 hlm.
- Kon Jin Ming, G. N. Khang, C. L. Sai & C. T. Fatt. 2003. Recent advances in traditional plant drugs and orchids. *Acta Pharmacologica Sinica* **24**(1): 7--21.
- Kurniawan, A., I. K. Pendra & I. G. M. Patra. 2005. Eksplorasi dan penelitian anggrek *Dendrobium* di kabupaten karangasem, bali. *Laporan Teknik Program Perlindungan dan Konservasi Sumber Daya Alam Kebun Raya "Eka Karya" Bali*: 85--94 hlm.

- Lambers, H., F. S. Chapin III & T. L. Pons. 1998. *Plant physiological ecology*. Springer-Verlag New York Inc., New York: ix + 540 hlm.
- Mursidawati, S. 2004. Kehidupan *Didymoplexis pallens* (Orchidaceae) di habitatnya: sebuah model manajemen konservasi anggrek alam. *Warta Kebun Raya*: 3--8.
- Mursidawati, S. 2007. Asosiasi mikoriza dalam konservasi anggrek alam. *Buletin Kebun Raya Indonesia* **10**(1): 24--30.
- Otero, J. T., N. S. Flanagan, E. A. Herre, J. D. Ackerman & P. Bayman. 2007. Widespread mycorrhizal specificity correlates to mycorrhizal function in the Neotropical epiphytic orchids *Ionopsis utricularioides* (Orchidaceae). *American Journal of Botany* **94**(12): 1944--1950.
- Orchidboard.com. 2007. Anatomy of orchid roots. 5 hlm.  
<http://www.orchidboard.com/community/beginner-discussion/11429-firm-brown-roots.html>. 10 februari 2010, pk. 11.00.
- Peterson, R. L. & M. L. Farquhar. 1994. Mycorrhiza-integrated development between roots and fungi. *Mycologia* **86**(3): 311--326.
- Rasmussen, H. N. 1995. *Terrestrial orchids from seed to mycotrophic plants*. Cambridge University Press, Cambridge: xi + 444 hlm.
- Rasmussen, H. N. 2002. Recent developments in the study of orchid mycorrhiza. *Plant and Soil* **244**: 149--163.
- Rasmussen, H. N. & D. F. Whigham. 2002. Phenology of roots and mycorrhiza in orchid species differing in phototrophic strategy. *New Phytologist* **154**: 797--807.
- Rudall, P. 2006. *Anatomy of flowering plants: an introduction to structure and development*. 3<sup>rd</sup> Ed. Cambridge University Press, New York: ix + 145 hlm.
- Ruzin, S. E. 1999. *Plant microtechnique and microscopy*. Oxford University press, New York: xi + 322 hlm.
- Saha, D. & A. N. Rao. 2006. Studies on endophytic mycorrhiza of some selected orchids of Arunachal Pradesh-1. Isolation and identification. *Bulletin of Arunachal Forest Research* **22**(1&2): 9--16.
- Sass, J. E. 1964. *Botanical microtechnique*. 3<sup>rd</sup> ed. The Iowa State University Press, Iowa: xi + 228 hlm.

- Senthilkumar, S., K. V. Krishnamurthy, S. J. Britto & D. I. Arockiasamy. 2000. Visualization of orchid mycorrhizal fungal structures with fluorescence dye using epifluorescence microscopy. *Current Science* **79**(11): 1527--1528.
- Senthilkumar, S., P. Saravanakumar, K.V. Krishnamurthy & S. J. Britto. 2001. Morphological and structural features of mycorrhizal roots of *Spathoglottis plicata* and *Dendrobium* species. *Phyta* **5**(1): 1--6.
- Shefferson, R. P., D. L. Taylor, M. Welß, S. Garnica, M. K. McCormick, S. Adams, H. M. Gray, I. W. McFarland, T. Kull, K. Tali, T. Yukawa, T. Kawahara, K. Miyoshi & Y. I. Lee. 2007. The evolutionary history of mycorrhizal specificity among lady's slipper orchids. *Evolution* **61**(6): 1380--1390.
- Tropicsphere. 2007. *Nice orchid display (prob. Dendrobium cucullatum)*. 4 April 2010. 8 hlm. <http://tropicsphere.com/main/forums/viewtopic.php?t=9483>. 13 Juli 2010, pk. 21.18.
- Trudell, S. A., P. T. Rygiwicz & R. L. Edmonds. 2003. Nitrogen and carbon stable isotope abundance support the mycoheterotrophic nature and host specificity of certain achlorophyllous plants. *New Phytologist* **160**(2): 391--401.
- Van Steenis, C. G. G. J. 2006. *Flora*. Terj. Dari Flora, oleh Surjowinoto, M. Pradya Paramita, Jakarta: xii + 486 hlm.
- Yoder, J. A., L. W. Zettler & S. L. Stewart. 2000. Water requirements of terrestrial and epiphytic orchid seeds and seedlings, and evidence for water uptake by means of mycoheterotrophy. *Plant Science* **156**: 145--150.
- Zettler, L. W., T. A. Sunley & T. W. Delaney. 2000. Symbiotic seed germination of an orchid in decline (*Platanthera integra*) from the green swamp, north carolina. *Southern Appalachian Botanical Society* **65**(3): 207--212.
- Zhu, G. S., Yu Z. N., Gui Y. & Liu Z. Y. 2008. A novel technique for isolating orchid mycorrhizal fungi. *Fungal Diversity* **33**: 123--137.

## LAMPIRAN

Lampiran 1. Data lokasi dan kondisi lingkungan tempat hidup tanaman  
*Dendrobium crumenatum* Sw., *Dendrobium cucullatum* R. Br., dan  
*Dendrobium anosmum* Lindl.

Spesies	Lokasi pengambilan sampel	Kondisi lokasi pengambilan sampel	Waktu pengambilan sampel (WIB)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
<i>Dendrobium crumenatum</i>	Rumah anggrek Depart. Biologi FMIPA UI, Depok	Tanaman di tempatkan di dalam pot dengan medium potongan arang, naungan paranet	11.20	30,5	73
<i>Dendrobium cucullatum</i>	Komplek Griya Tugu Asri (GTA) jalan Vanda IV blok B4/10 Kelapa Dua, Cimanggis-Depok	Tanaman di tempatkan di dalam pot dengan medium potongan arang, naungan <i>Morinda citrifolia</i>	9.45	29	73
<i>Dendrobium anosmum</i>	Komplek Griya Tugu Asri (GTA) jalan Vanda IV blok B4/10 Kelapa Dua, Cimanggis-Depok	Tanaman menempel pada medium pakis di dahan pohon <i>Plumeria</i> sp.	10.26	28	73

Lampiran 2. Morfologi akar *Dendrobium crumenatum* Sw.,  
*Dendrobium cucullatum* R. Br., dan *Dendrobium anosmum* Lindl.

Spesies	Kelompok akar	Panjang akar (cm)	Diameter akar (cm)
<i>Dendrobium crumenatum</i>	Akar muda	4,9	0,11
		4,6	0,11
		4,9	0,09
	Akar remaja	10	0,09
		9,9	0,1
		9,8	0,09
	Akar tua	15	0,08
		14,9	0,07
		15	0,08
<i>Dendrobium cucullatum</i>	Akar muda	4,4	0,06
		4,7	0,07
		4,4	0,07
	Akar remaja	10	0,07
		9,6	0,08
		10	0,08
	Akar tua	15	0,07
		12,5	0,08
		14,9	0,08
<i>Dendrobium anosmum</i>	Akar muda	4,6	0,08
		4,6	0,07
		4,3	0,08
	Akar remaja	8,1	0,08
		8,2	0,09
		8,3	0,1
	Akar tua	15	0,08
		14,9	0,09
		15	0,08

Lampiran 3. Keberadaan fungi mikoriza di sepanjang akar *Dendrobium crumenatum* Sw., *Dendrobium cucullatum* R. Br., dan *Dendrobium anosmum* Lindl.

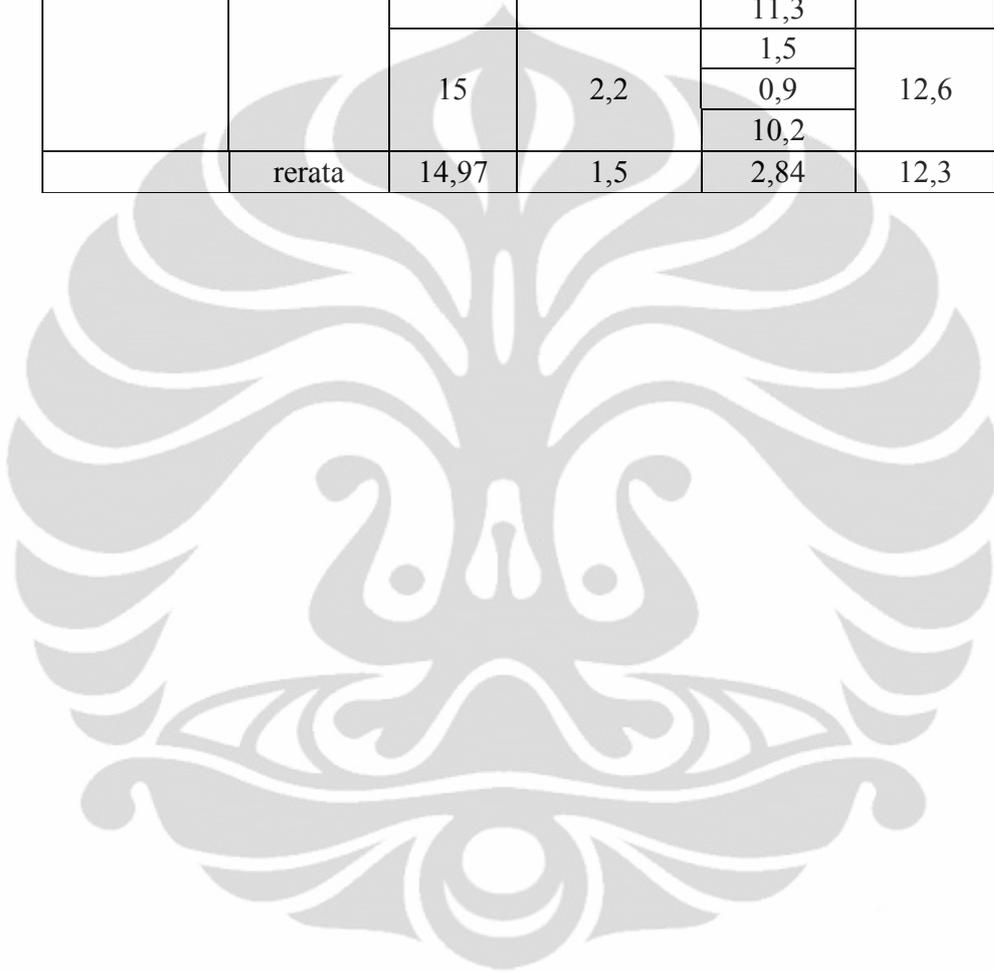
Spesies	Kelompok akar	panjang akar (cm)	jarak spot mikoriza dari ujung akar (cm)	panjang spot mikoriza (cm)	panjang total spot mikoriza	jarak antar spot mikoriza (cm)
<i>Dendrobium crumenatum</i>	Akar muda	4,6	0,4	0,7	3,7	0,1
				0,2		0,1
				1		0,3
				1,8		
	Akar muda	4,9	0,2	1,5	4	0,3
				1		0,4
				1,5		
	Akar muda	4,9	0,7	0,9	4	0,2
				3,1		
	rerata	4,8	0,43	1,30	3,9	0,23
	Akar remaja	9,8	0,3	5,3	9,3	0,2
				4		
		9,9	0,7	4	8,9	0,3
				4,9		
		10	0,5	3,6	8,9	0,4
	2,4	0,2				
	2,9					
	rerata	9,9	0,5	3,87	9,03	0,28
	Akar tua	15	0,3	2	13,3	0,6
				2,5		0,222
5,5				0,6		
3,3						
14,9		0,2	3,1	14	0,5	
			8,9		0,2	
			2			
15		0,4	1,4	13,7	0,4	
	2,5		0,5			
9,8						
rerata	14,97	0,3	4,1	13,67	0,43	
<i>Dendrobium cucullatum</i>	Akar muda	4,4	1,5	2,9	2,9	
		4,7	0,8	1,4	3,7	0,2

(Lanjutan)

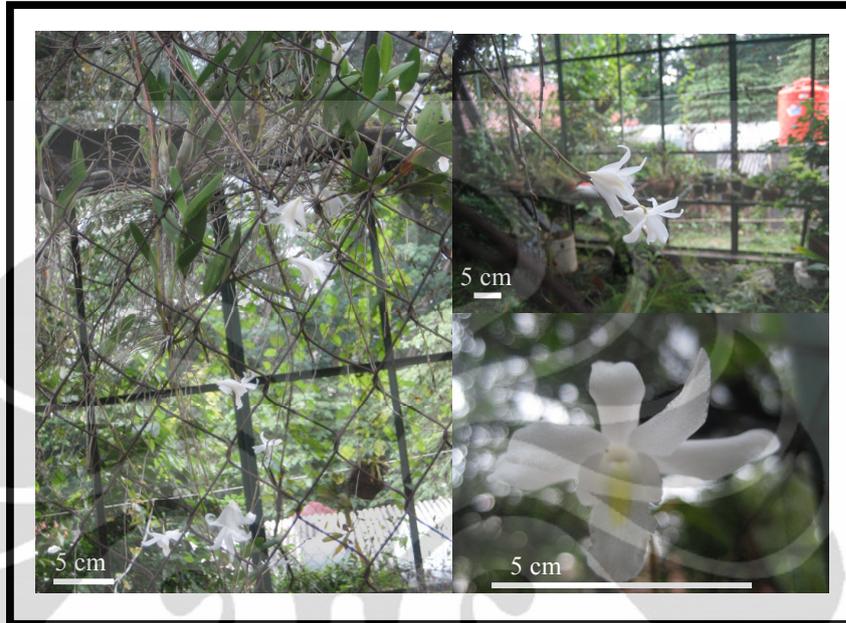
<i>Dendrobium anosmum</i>				2,3		
		4,4	1,7	1,5	2,6	0,1
				1,1		
	rerata	4,5	1,33	1,84	3,07	0,15
	Akar remaja	10	2,5	2,5	6,9	0,2
				1,3		0,4
				3,1		
		9,6	2,2	3,4	7	0,4
				3,6		
	10	1,1	1,5	7,2	1,7	
			5,7			
	rerata	9,87	1,93	3,01	7,03	0,68
	Akar tua	15	2,1	4,1	12,7	0,2
				8,6		
		12,5	1,8	3,5	9,7	1
				6,2		
		14,9	2,1	2,1	8,3	0,8
				3,1		3,7
			3,1			
	rerata	14,13	2	4,39	10,23	1,43
Akar muda	4,6	1,7	2,9	2,9		
			0,4		0,1	
			2,9			
	4,3	0,3	4	4		
	rerata	4,5	1,07	2,55	3,4	0,1
	Akar remaja	8,1	0,9	0,5	5,8	1,2
				0,9		0,2
				4,4		
		8,2	1,3	1	6,7	0,1
				2,4		0,1
				3,3		
	8,3	1,8	1,7	5,2	0,2	
			1,9		0,1	
		1,6				
rerata	8,2	1,33	1,97	5,9	0,32	
Akar tua	15	1,4	0,3	10,5	0,1	
			1,3		0,1	
			0,9		0,5	
			0,9		0,1	

(Lanjutan)

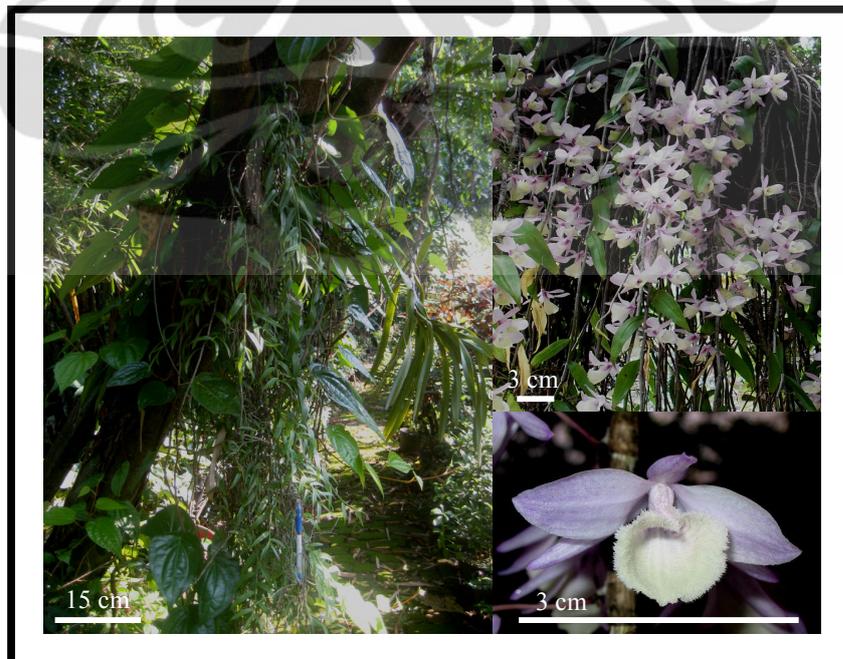
				0,5		1,9
				4,7		0,4
				1,9		
		14,9	0,9	0,5	13,8	0,1
				2		0,1
				11,3		
		15	2,2	1,5	12,6	0,1
				0,9		0,1
				10,2		
	rerata	14,97	1,5	2,84	12,3	0,35

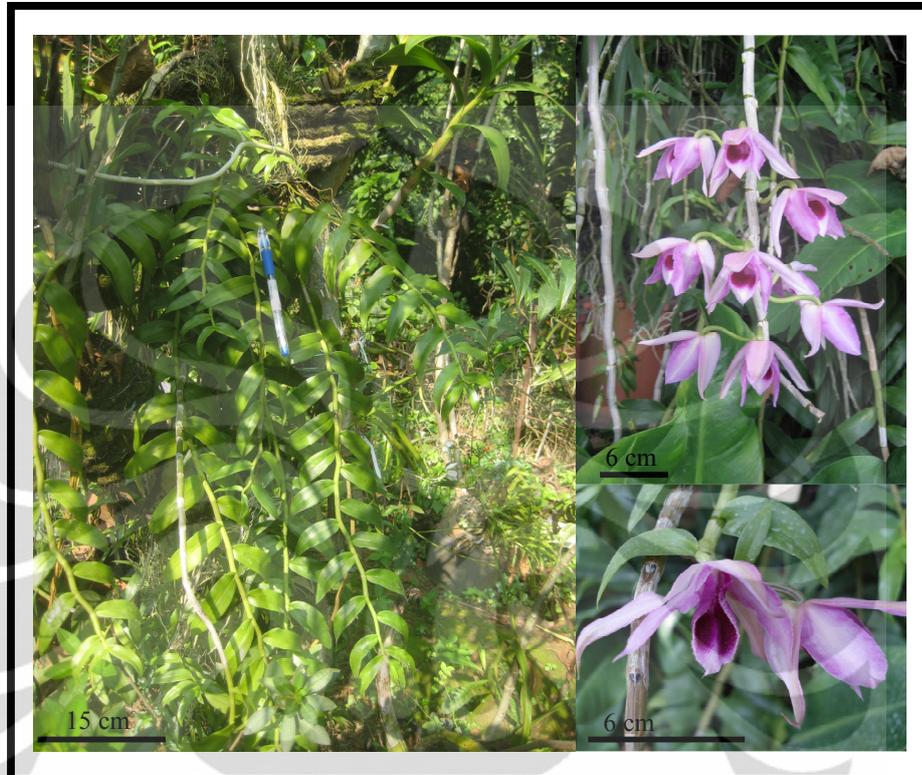


Lampiran 4. Tanaman *Dendrobium crumenatum* sw.

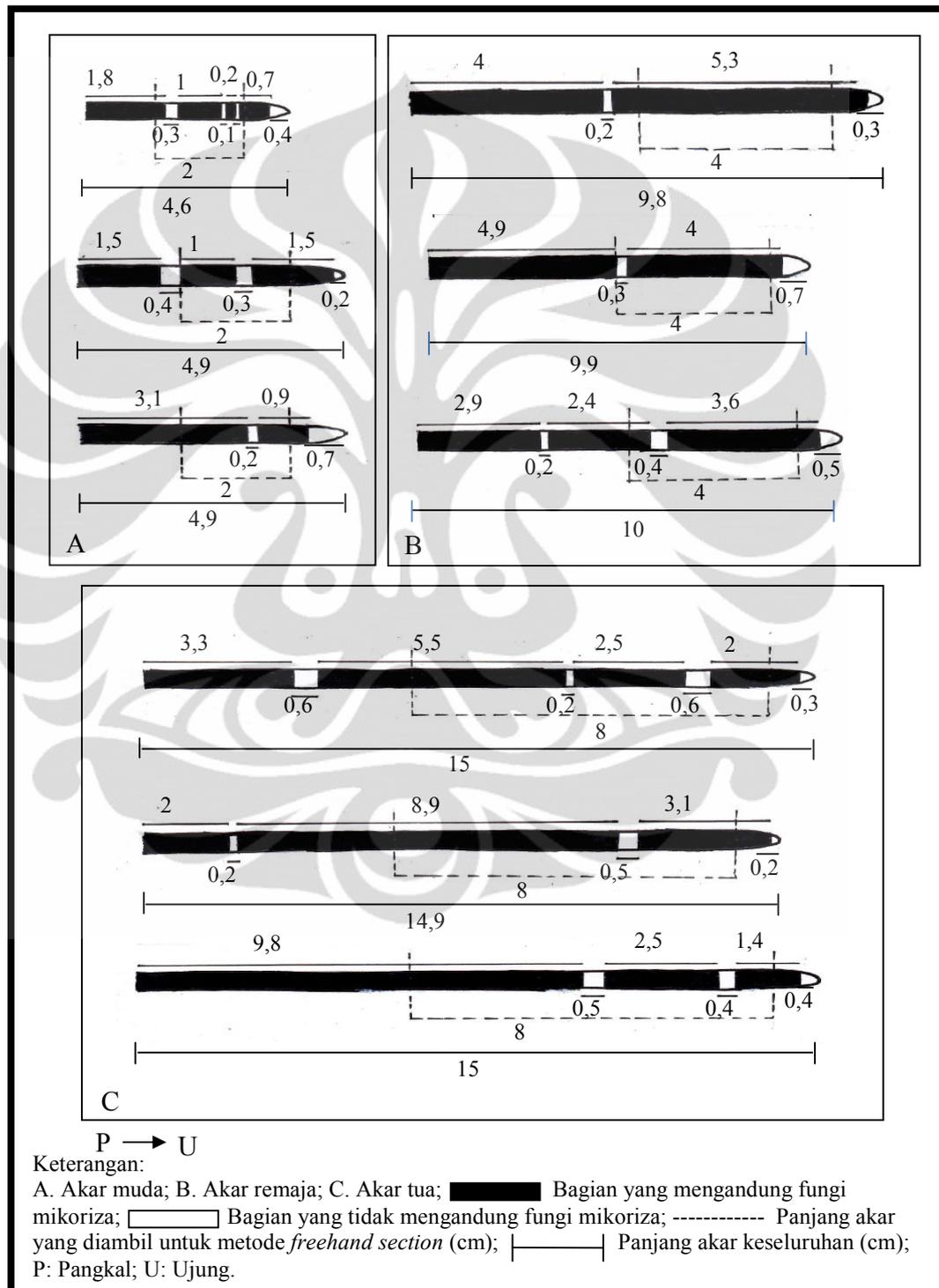


Lampiran 5. Tanaman *Dendrobium cucullatum* R. Br.  
[Tropicsphere 2007: 3.]

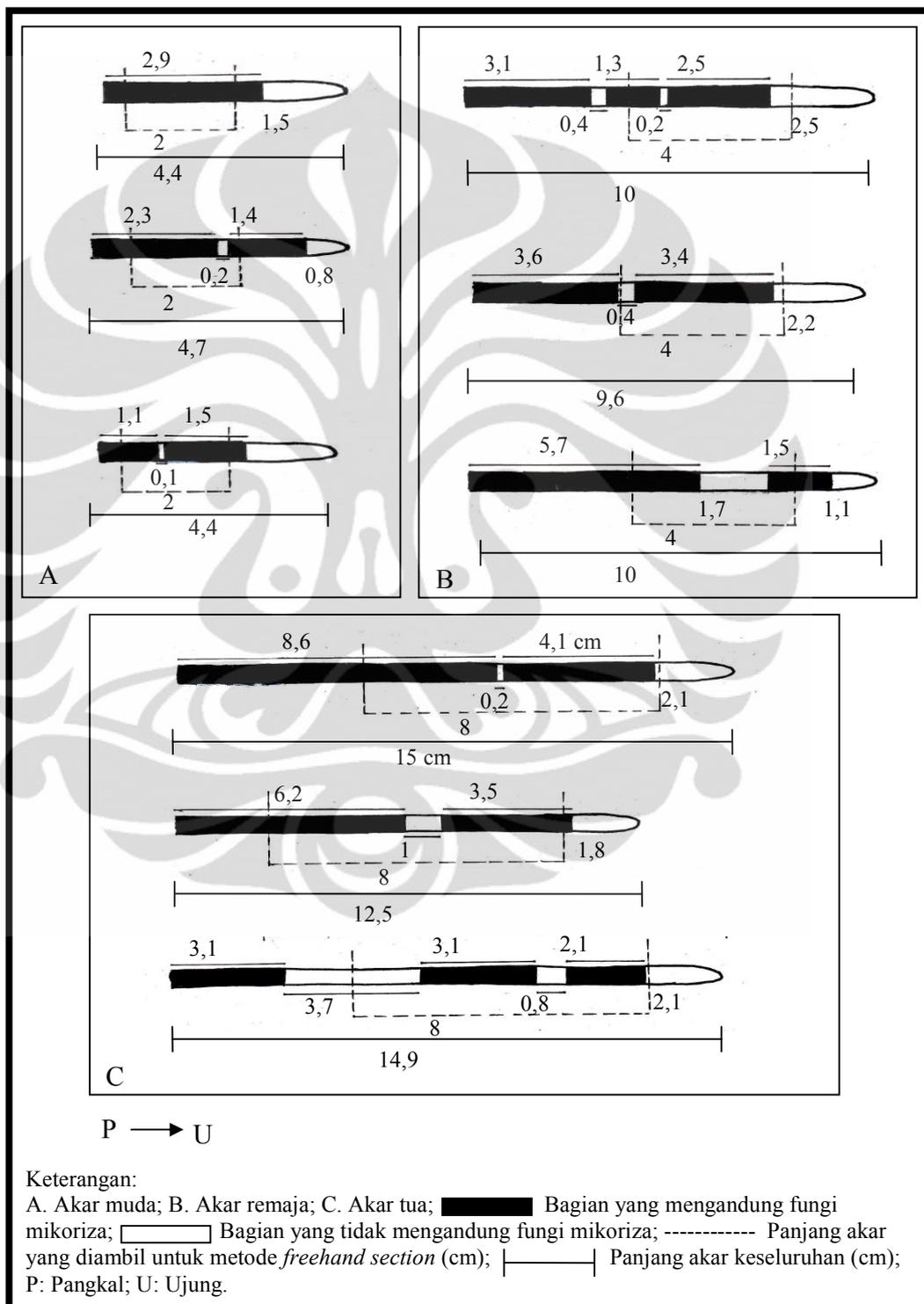


Lampiran 6. Tanaman *Dendrobium anosmum* Lindl.

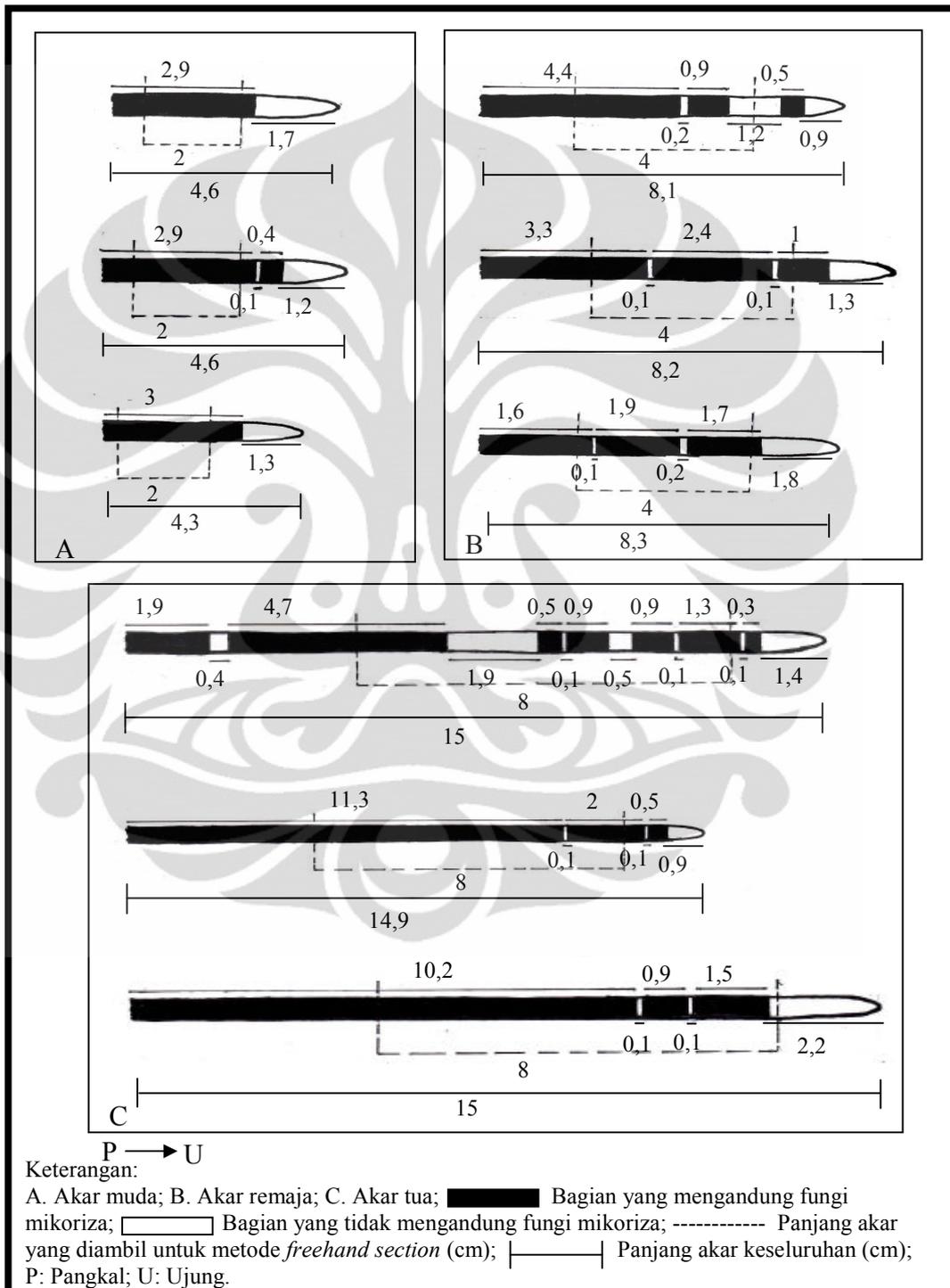
Lampiran 7. Sketsa ilustrasi bagian dan panjang akar yang akan dipotong untuk membuat sayatan melintang akar *Dendrobium crumenatum* Sw.



Lampiran 9. Sketsa ilustrasi bagian dan panjang akar yang akan dipotong untuk membuat sayatan melintang akar *Dendrobium cucullatum* R. Br.



Lampiran 8. Sketsa ilustrasi bagian dan panjang akar yang akan dipotong untuk membuat sayatan melintang akar *Dendrobium anosmum* Lindl.



Lampiran 10. Persentase kepadatan fungi mikoriza di dalam jaringan akar *Dendrobium crumenatum* Sw., *Dendrobium cucullatum* R. Br., dan *Dendrobium anosmum* Lindl. berdasarkan usia akar

spesies	kelompok akar	sel terinfeksi (%)	Total persentase kepadatan fungi mikoriza (%)
<i>Dendrobium crumenatum</i>	akar muda	40,04	41,31
	akar remaja	43,1	
	akar tua	40,78	
<i>Dendrobium cucullatum</i>	akar muda	43,37	35,82
	akar remaja	44,16	
	akar tua	19,93	
<i>Dendrobium anosmum</i>	akar muda	34,72	36,53
	akar remaja	38,42	
	akar tua	36,44	