



UNIVERSITAS INDONESIA

**ISOLASI, IDENTIFIKASI, DAN PENGUJIAN KEMAMPUAN
KAPANG SELULOLITIK DARI MANUSKRIP KUNO
BERBAHAN DALUANG ASAL PERPUSTAKAAN FAKULTAS
ILMU PENGETAHUAN BUDAYA UNIVERSITAS INDONESIA**

SKRIPSI

MICHELLE

0806453245

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

DEPARTEMEN BIOLOGI

DEPOK

JUNI 2012



UNIVERSITAS INDONESIA

**ISOLASI, IDENTIFIKASI, DAN PENGUJIAN KEMAMPUAN
KAPANG SELULOLITIK DARI MANUSKRIP KUNO
BERBAHAN DALUANG ASAL PERPUSTAKAAN FAKULTAS
ILMU PENGETAHUAN BUDAYA UNIVERSITAS INDONESIA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

MICHELLE

0806453245

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM


DEPARTEMEN BIOLOGI

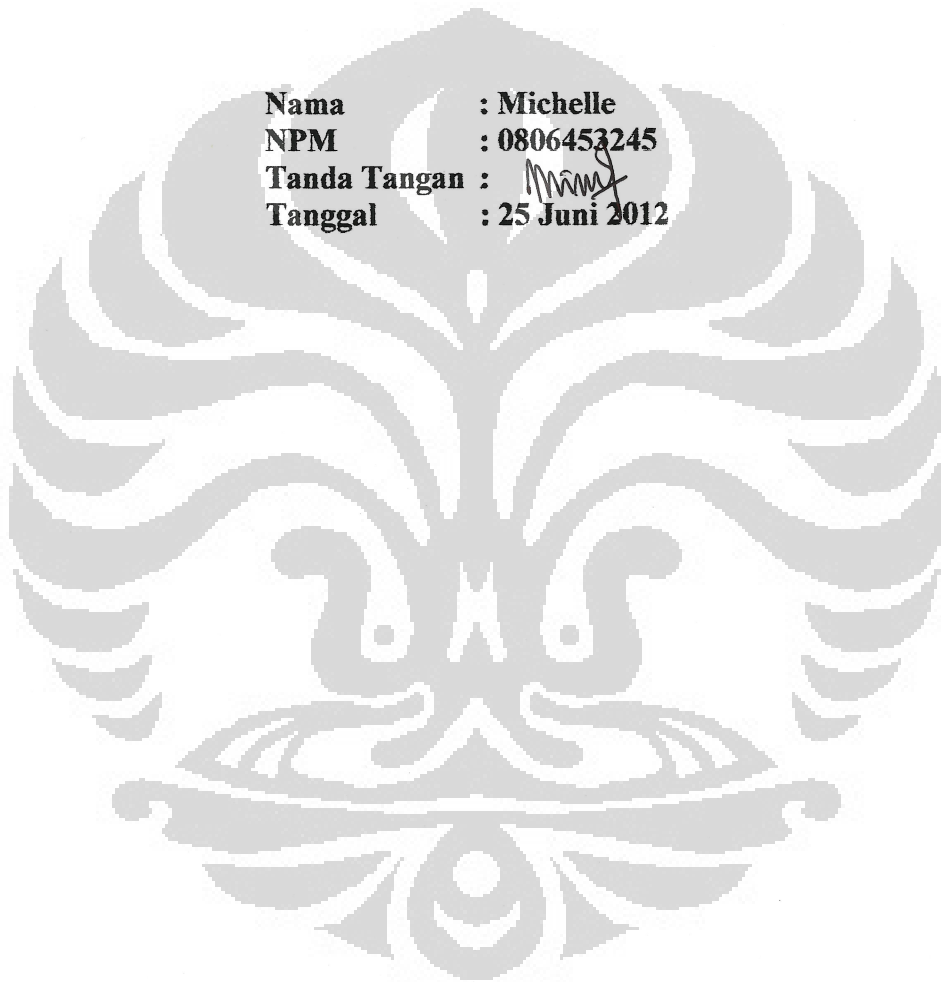
DEPOK

JUNI 2012

HALAMAN PENGESAHAN ORISINALITAS

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

Nama : Michelle
NPM : 0806453245
Tanda Tangan : 
Tanggal : 25 Juni 2012



HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Michelle
NPM : 0806453245
Program Studi : Biologi
Judul Skripsi : Isolasi, Identifikasi, dan Pengujian Kemampuan
Kapang Selulolitik dari Manuskrip Kuno
Berbahan Daluang Asal Perpustakaan Fakultas
Ilmu Pengetahuan Budaya Universitas Indonesia

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 : Ariyanti Oetari, Ph.D (*Ariyanti*)

Penguji I : Wellyzar Sjamsuridzal, Ph.D (*Wellyzar*)

Penguji II : Dra. Dian Hendrayanti, M.Sc (*Dian*)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 25 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yesus atas kasih karunia, berkat, kemurahan, kebaikan dan kemudahan yang diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ariyanti Oetari, Ph.D. selaku pembimbing atas bimbingan, motivasi, perhatian, kesabaran, dan sumbangan pikiran selama penelitian hingga tersusunnya skripsi.
2. Hibah Riset Unggulan Prioritas *Indigenous Studies* 2010 atas nama Ariyanti Oetari, Ph.D. yang telah membiayai penelitian ini.
3. Wellyzar Sjamsuridzal, Ph.D. dan Dian Hendrayanti, M.Sc. selaku penguji I dan II atas kesediaannya menguji penulis dan memberikan saran, kritik, dan dukungan dalam penelitian dan penulisan skripsi.
4. Dr. rer. nat. Mufti Petala Patria, M.Sc. selaku Ketua Departemen Biologi, Dra. Nining Betawati Prihantini, M.Sc. selaku Sekretaris Departemen Biologi FMIPA UI, Dra. Titi Soedjiarti, M.U. selaku Koordinator Pendidikan, dan segenap staf pengajar atas ilmu pengetahuan yang telah diberikan kepada penulis selama berada di Biologi.
5. Dr. Wibowo Mangunwardoyo dan Dra. Setiorini, M.Kes. yang telah memberikan saran, kritik, dan dukungan kepada penulis.
6. Dr. Dadang Kusmana, M.S. selaku Penasehat Akademik atas segala kasih sayang dan saran-saran, serta semangat yang selalu diberikan.
7. Mbak Asri atas bantuannya memeriksa kelengkapan UP, seminar, dan sidang.
8. Mama, Papa, Ronald, dan Mansell atas doa, kasih sayang, pengertian, pengorbanan, serta dukungan moril dan materil yang selalu diberikan hingga skripsi ini dapat terselesaikan.
9. Alvin Natalius, Dessy Komalasari, dan Edvan Arifsaputra sebagai teman seperjuangan, yang selalu menjalani suka dan duka bersama penulis selama penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
10. Pak Pri, Kak Dafina, Kak Irvan, Mba Dalia, Mba Reno, Ibu Retno, Kak Bregas, Kak Fahreza, Kak Niar, Omen, Chir, Rere, Grand, Okta, Odyt, Seyla,

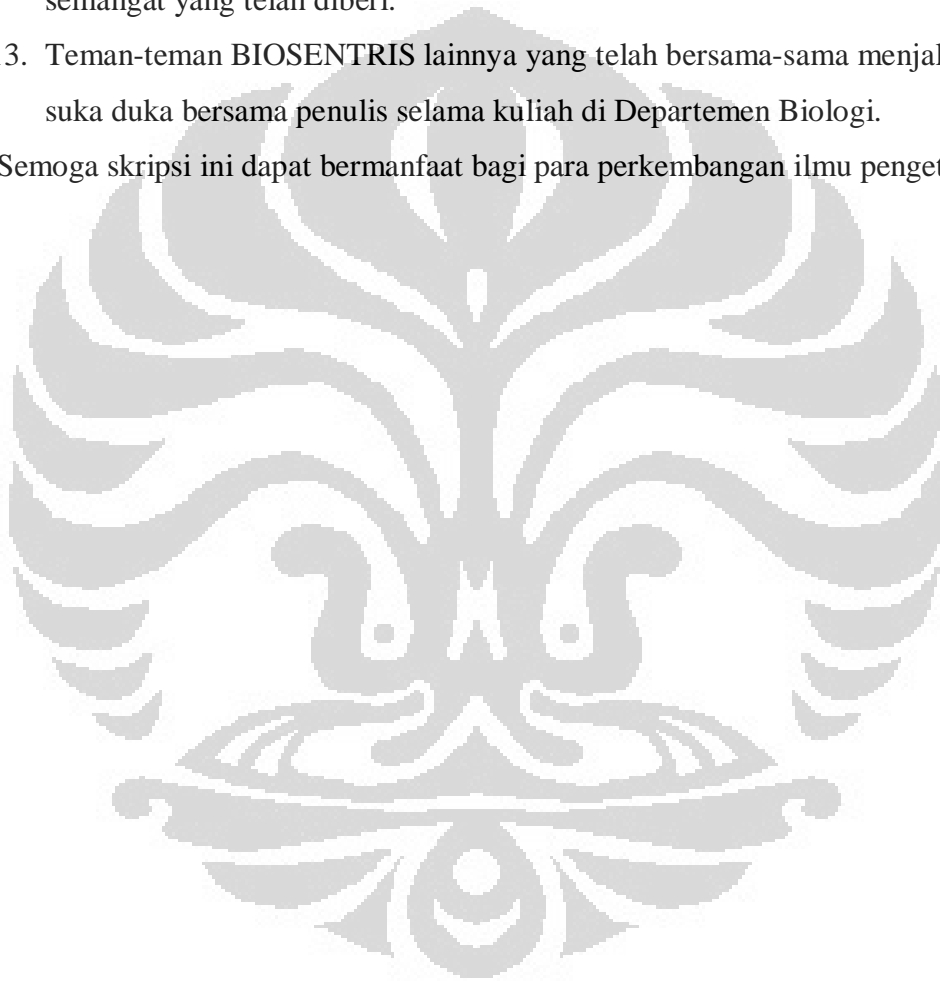
Hanum, Savit, Dhila, Rusli, Sentot, Fathon, Chiki, Hana dan Bidin atas persahabatan, kebersamaan, dan bantuan yang diberikan selama berada di laboratorium mikrobiologi dan COE IBR-GS FMIPA UI.

11. Diah Oktofa, Novalia Nikita, dan Roni Wongso atas perhatian, doa, dan dukungan semangat yang telah diberi.
12. Erwin, Leti, Ardian, Rani, Enggar, Andy, Herlina serta seluruh teman-teman Keluarga Mahasiswa Katolik FMIPA UI atas doa, perhatian, dan dukungan semangat yang telah diberi.
13. Teman-teman BIOSENTRIS lainnya yang telah bersama-sama menjalani suka duka bersama penulis selama kuliah di Departemen Biologi.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para perkembangan ilmu pengetahuan.

Penulis

2012



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

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

Nama : Michelle
NPM : 0806453245
Program Studi : S1
Departemen : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

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

Isolasi, Identifikasi, dan Pengujian Kemampuan Kapang Selulolitik dari Manuskrip Kuno Berbahan Daluang Asal Perpustakaan Fakultas Ilmu Pengetahuan Budaya Universitas Indonesia

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari 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 : 25 Juni 2012

Yang menyatakan



(Michelle)

ABSTRAK

Nama : Michelle
Program Studi : Biologi
Judul : Isolasi, Identifikasi, dan Pengujian Kemampuan Selulolitik Kapang dari Manuskrip Kuno Berbahan Daluang Asal Perpustakaan Fakultas Ilmu Pengetahuan Budaya Universitas Indonesia

Penelitian bertujuan untuk mengisolasi, mengidentifikasi, dan menguji kemampuan kapang selulolitik dari lima manuskrip daluang asal Perpustakaan FIB UI. Hasil isolasi pada medium PCA menghasilkan 19 isolat kapang, sedangkan isolasi pada medium DG18 menghasilkan 15 isolat kapang xerofilik. Sebanyak 15 isolat kapang memiliki kemampuan tumbuh pada kertas daluang, sedangkan 14 isolat dapat menggunakan *CarboxyMethyl Cellulose* (CMC) dan *Congo red* yang mengindikasikan dapat menghasilkan endoglukanase. Hasil identifikasi konvensional berdasarkan karakter morfologi menunjukkan 4 isolat merupakan genus *Aspergillus*, 8 isolat merupakan genus *Penicillium*, 1 isolat merupakan genus *Fraseriella*, dan 2 isolat merupakan *mycelia sterilia*.

Kata kunci: *Aspergillus*, daluang, *Fraseriella*, manuskrip kuno, *Penicillium*, selulolitik.

xvi + 94 halaman : 42 gambar; 10 tabel; 4 lampiran
Daftar Acuan : 58 (1977--2012)

ABSTRACT

Name : Michelle
Study Program : Biology
Title : Isolation, Identification, and Investigation of Cellulolytic Fungi from Old Manuscripts of Daluang Materials from Library of Faculty of Humanities University of Indonesia

This research was to isolate fungi from old daluang manuscripts from Library of Faculty of Humanities University of Indonesia, to investigate cellulolytic isolates and to identify the isolates. Nineteen mould isolates were obtained on medium PCA, whilst fifteen xerophilic mould isolates were obtained on medium DG18 agar. Fifteen isolates were able to grow on daluang paper. Fourteen isolates were able to grow on *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) and *Congo red* indicating they have endoglucanase. Identification by conventional method showed that 4 isolates were *Aspergillus*, 8 isolates were *Penicillium*, 1 isolate were *Fraseriella*, and 2 isolates were *mycelia sterilia*.

Keyword: *Aspergillus*, cellulolytic, daluang, *Fraseriella*, old manuscript, *Penicillium*

xvi + 94 pages : 42 pictures; 10 tables; 4 attachments
Bibliography : 58 (1977--2012)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
1. PENDAHULUAN.....	1
2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Fungi.....	7
2.2 Kertas Daluang	8
2.3 Pengambilan Sampel dan Isolasi Kapang dari Manuskrip Kuno	12
2.4 Selulase.....	12
2.5 Pengujian Kemampuan Mikroorganisme Selulolitik.	14
2.6 Identifikasi Kapang Secara Konvensional	15
3. METODE PENELITIAN	18
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian.....	18
3.2 Alat dan Bahan	18
3.2.1 Alat	18
3.2.2 Bahan.....	18
3.2.2.1 Mikroorganisme	18
3.2.2.2 Medium	19
3.2.2.3 Bahan kimia.....	19
3.2.2.4 Bahan habis pakai.....	19
3.3 Cara Kerja.....	19
3.3.1 Pembuatan Medium.....	20
3.3.1.1 <i>Dichloran-18% Glycerol Agar</i> (DG18).....	20
3.3.1.2 <i>Czapek's Dox Agar</i> (CDA) Tanpa Sumber Karbon	20
3.3.1.3 <i>Plate Count Agar</i> (PCA)	20
3.3.1.4 <i>Potato Dextrose Agar</i> (PDA)	21
3.3.1.5 <i>Czapeks's Dox Agar</i> (CDA) dengan Penambahan CMC	21
3.3.2 Pengambilan Sampel Kapang dari Manuskrip Kuno Berbahan Daluang	22
3.3.3 Isolasi Kapang	22
3.3.4 Pemurnian Kapang	24

3.3.5	Pembuatan <i>Stock</i> dan <i>Working Culture</i>	24
3.3.6	Enumerasi dengan Metode <i>Total Plate Count</i> (TPC)	24
3.3.7	Pengujian Kemampuan Kapang Selulolitik Pada Substrat Kertas Daluang	25
3.3.8	Pengujian Kemampuan Kapang Selulolitik Menggunakan Medium CDA dengan Penambahan <i>Carboxy Methyl Cellulose</i> (CMC)	26
3.3.9	Identifikasi Kapang	27
3.3.10	Analisis Data	27
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1	Pengambilan Sampel dan Isolasi Kapang dari Manuskrip Kuno Berbahan Daluang	28
4.2	Enumerasi Kapang	35
4.3	Pengujian Isolat-isolat Kapang pada Substrat Kertas Daluang	36
4.4	Pengujian Isolat-isolat Kapang Menggunakan Medium CDA dengan Penambahan <i>Carboxy Methyl Cellulose</i> (CMC)	39
4.5	Identifikasi Kapang Secara Konvensional	42
4.5.1	<i>Aspergillus</i> sp. FIB.SR.2.2, <i>Aspergillus</i> sp. FIB.PRI.2.2, <i>Aspergillus</i> sp. FIB.PP.2.1, dan <i>Aspergillus</i> sp. FIB.PP.2.2.....	44
4.5.2	<i>Penicillium</i> sp. FIB.SR.2.1, <i>Penicillium</i> sp. FIB.SR.4, <i>Penicillium</i> sp. FIB.PRI.6.1, <i>Penicillium</i> sp. FIB.PP.1, <i>Penicillium</i> sp. FIB.PP.4, <i>Penicillium</i> sp. FIB.PP.6.1, <i>Penicillium</i> sp. FIB.KD.5.1, dan <i>Penicillium</i> sp. KD.5.2	53
4.5.3	<i>Fraseriella</i> sp. FIB.PRI.6.2	68
4.5.4	<i>Mycelia sterilia</i> FIB.PRII.3	70
4.5.5	<i>Mycelia sterilia</i> FIB.SR.6	72
5.	KESIMPULAN DAN SARAN	76
5.1	Kesimpulan	76
5.2	Saran	76
	DAFTAR REFERENSI	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Kerusakan pada manuskrip kuno berbahan daluang koleksi Perpustakaan FIB UI	4
Gambar 2.6.(1)	Beberapa tipe spora aseksual pada kapang anamorfik	16
Gambar 2.6.(2)	Beberapa tipe spora seksual pada kapang teleomorfik.....	16
Gambar 3.3.2	Bagian-bagian manuskrip yang dioleskan <i>cotton bud</i> steril dalam pengambilan sampel kapang	22
Gambar 3.3.3	Isolasi kapang dari manuskrip kuno dengan meletakkan sebagian <i>cotton bud</i> hasil pengambilan sampel pada medium PCA.....	23
Gambar 4.1.(1)	Hasil isolasi kapang FIB.PRI.6.2 dari Manuskrip Primbon I yang ditanam dalam medium PCA setelah inkubasi selama 7 hari pada suhu 27° C	30
Gambar 4.1.(2)	Kondisi Manuskrip Primbon Pegon.....	31
Gambar 4.1.(3)	Kondisi Manuskrip Primbon I dan Serat Rama en R Indrapoetra	32
Gambar 4.1.(4)	Kondisi Manuskrip Primbon II dan Kitab Djatiswara.....	32
Gambar 4.1.(5)	Hasil pengamatan isolasi kapang hari ke-7 yang ditumbuhkan pada medium DG18 pada suhu 27° C	35
Gambar 4.3	Hasil pengujian isolat FIB.SR.6 pada kertas daluang setelah inkubasi selama 7 hari pada suhu 27° C dalam medium CDA basal	37
Gambar 4.4	Perbedaan diameter zona bening dari lima isolat kapang berbeda dalam medium yang mengandung CMC setelah inkubasi selama 6 hari pada suhu 27° C	42
Gambar 4.5.1.(1)	Tipe kepala konidia pada karakter mikromorfologi genus <i>Aspergillus</i>	45
Gambar 4.5.1.(2)	Pengamatan karakter morfologi <i>Aspergillus</i> sp. FIB.SR.2.2 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	46
Gambar 4.5.1.(3)	Pengamatan karakter morfologi <i>Aspergillus</i> sp. FIB.SR.2.2 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	46
Gambar 4.5.1.(4)	Pengamatan karakter morfologi <i>Aspergillus</i> sp. FIB.PRI.2.2 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	47
Gambar 4.5.1.(5)	Pengamatan karakter morfologi <i>Aspergillus</i> sp. FIB.PRI.2.2 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	48
Gambar 4.5.1.(6)	Pengamatan karakter morfologi <i>Aspergillus</i> sp. FIB.PP.2.1 secara mikroskopik berumur 7 hari	

	dalam medium CDA pada suhu 27° C	49
Gambar 4.5.1.(7)	Pengamatan karakter morfologi <i>Aspergillus</i> sp. FIB.PP.2.1 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	49
Gambar 4.5.1.(8)	Pengamatan karakter morfologi <i>Aspergillus</i> sp. FIB.PP.2.2 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	51
Gambar 4.5.1.(9)	Pengamatan karakter morfologi <i>Aspergillus</i> sp. FIB.PP.2.2 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	51
Gambar 4.5.2.(1)	Tipe percabangan pada karakter mikromorfologi genus <i>Penicillium</i>	54
Gambar 4.5.2.(2)	Pengamatan karakter morfologi <i>Penicillium</i> sp. FIB.SR.2.1 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	55
Gambar 4.5.2.(3)	Pengamatan karakter morfologi <i>Penicillium</i> sp. FIB.SR.2.1 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	56
Gambar 4.5.2.(4)	Pengamatan karakter morfologi <i>Penicillium</i> sp. FIB.SR.4 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	57
Gambar 4.5.2.(5)	Pengamatan karakter morfologi <i>Penicillium</i> sp. FIB.SR.4 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	57
Gambar 4.5.2.(6)	Pengamatan karakter morfologi <i>Penicillium</i> sp. FIB.PRI.6.1 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	58
Gambar 4.5.2.(7)	Pengamatan karakter morfologi <i>Penicillium</i> sp. FIB.PRI.6.1 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	59
Gambar 4.5.2.(8)	Pengamatan karakter morfologi <i>Penicillium</i> FIB.PP.1 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	60
Gambar 4.5.2.(9)	Pengamatan karakter morfologi <i>Penicillium</i> FIB.PP.1 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	60
Gambar 4.5.2.(10)	Pengamatan karakter morfologi <i>Penicillium</i> FIB.PP.4 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	61
Gambar 4.5.2.(11)	Pengamatan karakter morfologi <i>Penicillium</i> FIB.PP.4 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	62
Gambar 4.5.2.(12)	Pengamatan karakter morfologi <i>Penicillium</i> FIB.PP.6.1 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	63
Gambar 4.5.2.(13)	Pengamatan karakter morfologi <i>Penicillium</i> FIB.PP.6.1 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	63

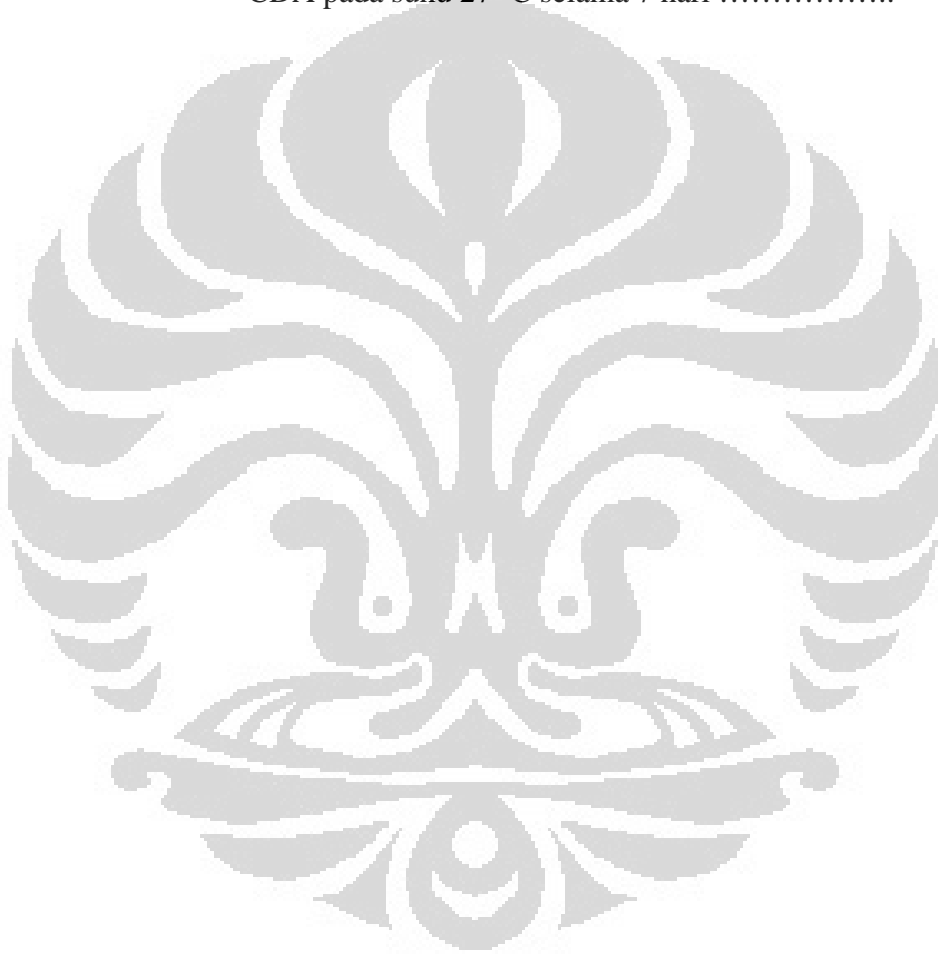
Gambar 4.5.2.(14)	Pengamatan karakter morfologi <i>Penicillium</i> FIB.KD.5.1 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	64
Gambar 4.5.2.(15)	Pengamatan karakter morfologi <i>Penicillium</i> FIB.KD.5.1 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	65
Gambar 4.5.2.(16)	Pengamatan karakter morfologi <i>Penicillium</i> FIB.KD.5.2 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	66
Gambar 4.5.2.(17)	Pengamatan karakter morfologi <i>Penicillium</i> FIB.KD.5.2 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	66
Gambar 4.5.3.(1)	Pengamatan karakter morfologi <i>Fraseriella</i> FIB.PRI.6.2 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	69
Gambar 4.5.3.(2)	Pengamatan karakter morfologi <i>Fraseriella</i> FIB.PRI.6.2 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	69
Gambar 4.5.4.(1)	Pengamatan karakter morfologi <i>mycelia sterilia</i> FIB.PRII.3 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	71
Gambar 4.5.4.(2)	Pengamatan karakter morfologi <i>mycelia sterilia</i> FIB.PRII.3 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	71
Gambar 4.5.5.(1)	Pengamatan karakter morfologi <i>mycelia sterilia</i> FIB.SR.6 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	73
Gambar 4.5.5.(2)	Pengamatan karakter morfologi <i>mycelia sterilia</i> FIB.SR.6 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C	73

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Hasil isolasi kapang dari manuskrip kuno berbahan daluang asal Perpustakaan FIB UI pada medium PCA.....	33
Tabel 4.3	Hasil pengujian isolat kapang pada kertas daluang dalam medium CDA basal pada suhu 27° C setelah inkubasi 6 hari.....	38
Tabel 4.4	Hasil pengujian kemampuan selulolitik isolat kapang pada medium CDA basal dengan penambahan CMC setelah inkubasi selama 6 hari pada suhu 27°C.....	40
Tabel 4.5	Hasil identifikasi kapang dari manuskrip kuno berbahan daluang.....	43
Tabel 4.5.1	Hasil pengamatan morfologi <i>Aspergillus</i> sp. FIB.SR.2.2, <i>Aspergillus</i> sp. FIB.PRI.2.2, <i>Aspergillus</i> sp. FIB.PP.2.1, dan <i>Aspergillus</i> sp. FIB.PP.2.2 secara makroskopik dan mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C.....	52
Tabel 4.5.2.(1)	Hasil pengamatan morfologi <i>Penicillium</i> sp. FIB.SR.2.1, <i>Penicillium</i> sp. FIB.SR.4, <i>Penicillium</i> sp. FIB.PRI.6.1, dan <i>Penicillium</i> sp. FIB.PP.1 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C.....	67
Tabel 4.5.2.(2)	Hasil pengamatan morfologi <i>Penicillium</i> sp. FIB.PP.4, <i>Penicillium</i> sp. FIB.PP.6.1, <i>Penicillium</i> sp. FIB.KD.5.1, dan <i>Penicillium</i> sp. FIB.KD.5.2 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C.....	67
Tabel 4.5.3	Hasil pengamatan morfologi <i>Fraseriella</i> sp. FIB.PRI.6.2 secara makroskopik dan mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C.....	70
Tabel 4.5.4	Hasil pengamatan morfologi <i>mycelia sterilia</i> FIB.PRII.3 secara makroskopik dan mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C.....	72
Tabel 4.5.5	Hasil pengamatan morfologi <i>mycelia sterilia</i> FIB.PRI.6 secara makroskopik dan mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C.....	74

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Skema kerja penelitian.....	83
Lampiran 2.	Standar warna.....	84
Lampiran 3.	Hasil enumerasi isolat kapang dari manuskrip kuno berbahan daluang dalam medium PCA dengan penambahan <i>rose bengal</i> dan gliserol setelah inkubasi 4 hari pada suhu 27° C.....	85
Lampiran 4.	Hasil pengukuran diameter isolat kapang dari manuskrip kuno berbahan daluang dalam medium CDA pada suhu 27° C selama 7 hari	86



BAB 1 PENDAHULUAN

Perpustakaan Fakultas Ilmu Pengetahuan Budaya Universitas Indonesia (FIB UI) dahulu bernama Perpustakaan Fakultas Sastra Universitas Indonesia (FS UI), dan didirikan pada tahun 1940 bersamaan dengan berdirinya Fakultas Sastra di *Universiteit van Indonesia* yang terletak di Jl. Merdeka Barat 13, Jakarta Pusat. *Universiteit van Indonesia* berganti nama menjadi Universitas Indonesia (UI) pada tahun 1950. Fakultas Sastra UI kemudian pindah ke Kampus Rawamangun pada tahun 1960 dan pindah ke UI Depok pada tahun 1987. Perpustakaan FS UI berubah menjadi Perpustakaan FIB UI sesuai dengan perubahan nama Fakultas Sastra menjadi Fakultas Ilmu Pengetahuan Budaya pada tahun 2003. Perpustakaan FIB UI menyimpan berbagai koleksi rujukan, majalah, jurnal ilmiah, koleksi Cina dan Jerman serta berbagai koleksi naskah kuno. Koleksi manuskrip kuno yang berbahan dasar kertas lontar, kertas Eropa dan kertas daluang disimpan dalam ruang naskah Perpustakaan FIB UI (Perpustakaan Fakultas Ilmu Pengetahuan Budaya Universitas Indonesia 2008: 1). Sejak tanggal 1 April 2011, seluruh buku yang berada di perpustakaan fakultas dipindahkan ke Perpustakaan Pusat UI yang diresmikan pada bulan Agustus 2011 (Universitas Indonesia 2011: 1).

Perpustakaan FIB UI saat ini memiliki 3.300 naskah kuno, namun hanya sekitar 2000 naskah yang tercatat dalam Katalog Induk Naskah-Naskah Nusantara Fakultas Sastra Indonesia. Behrend dan Pudjiastuti (1997a: x--xi) menyatakan bahwa koleksi manuskrip FS UI (sekarang menjadi FIB UI) pada awalnya disusun oleh Dr. Th. Pigeaud yang telah mengumpulkan manuskrip Jawa dari periode 1925 hingga 1942, saat menjabat sebagai pegawai bahasa pemerintah Belanda di Yogyakarta dan Surakarta. Manuskrip Jawa tersebut dibeli atas permintaan *Koninklijk Bataviaasch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen* (KBG). Pengumpulan dan pembeliannya dilakukan oleh Pigeaud yang dibantu oleh J.L. Moens. Koleksi manuskrip tersebut disimpan di Lembaga Penyelidikan Kebudayaan Indonesia (*Instituut voor Taal- en Cultuur-Onderzoek* = ITCO) yang bernaung di bawah Fakultas Sastra Universitas Indonesia pada tahun 1945. Pada

tanggal 1 Juni 1959, ITCO memisahkan diri dari FS UI sehingga koleksi manuskrip Pigeaud menjadi koleksi FS UI. Irfan (2006: 2) melaporkan bahwa selain koleksi naskah Pigeaud, Perpustakaan FIB UI juga memiliki koleksi naskah yang berasal dari PT. Caltex Pacific Indonesia yang menyumbangkan 30 naskah kuno ke ruang naskah FS UI pada tahun 1977.

Manuskrip atau naskah merupakan dokumen yang ditulis dengan tangan (Galba & Wahyuningsih 1997: 6). Menurut Undang-Undang Republik Indonesia nomor 43 tahun 2007 tentang perpustakaan bab 1, pasal 1, butir 5 dikatakan naskah kuno adalah semua dokumen tertulis yang berumur minimal 50 tahun, dan mempunyai nilai penting bagi kebudayaan nasional, sejarah, dan ilmu pengetahuan (Pemerintah Republik Indonesia 2007: 3).

Perpustakaan FIB UI memiliki koleksi manuskrip kuno berbahan daluang dengan jumlah 60 naskah. Manuskrip tersebut mengandung informasi tentang pemikiran, pengetahuan yang mencakup bidang agama, sejarah, hukum, adat-istiadat, dan filsafat pada masa lalu (Behrend & Pudjiastuti 1997a: 1--575; Behrend & Pudjiastuti 1997b: 1--460). Permadi (2005: 4) melaporkan bahwa kertas daluang merupakan kertas tradisional yang terbuat dari kulit batang pohon saeh (*Broussonetia papyrifera* Vent.). Kertas tersebut memiliki berbagai istilah di Indonesia, misalnya daluang di Sunda, gedhong atau dluwang di Jawa, dluwang di Madura, kembala di Sumba, dan malak di Seram.

Hasil penelitian Irfan (2006: 4--47) menunjukkan bahwa kondisi naskah kuno di Perpustakaan FIB UI yang berada dalam keadaan baik hanya berjumlah 47 naskah (12,74%), mengalami sedikit kerusakan berjumlah 292 naskah (79,13%), dan mengalami kerusakan berat berjumlah 30 naskah (8,13%) dari 369 naskah yang diteliti. Kondisi naskah dikatakan baik apabila memiliki ciri-ciri sampul masih baik, punggung buku tidak robek, naskah masih terjilid dengan baik, kertas tidak robek dan tidak terlipat, dan tidak ada lembaran yang hilang. Kondisi naskah dikatakan mengalami sedikit kerusakan apabila memiliki ciri-ciri sampul masih baik tetapi sudah ada tanda pecah-pecah pada punggung naskah bagian luar maupun dalam, kertas ada yang robek dan terlihat kotor, serta terdapat tanda kuning kecokelatan pada kertas. Kondisi naskah dikatakan mengalami kerusakan berat apabila memiliki ciri-ciri sampul naskah sudah tidak terjilid

dengan baik, jahitan naskah lepas atau hilang, lembaran hilang, kertas berlubang, robek, dan terdapat bercak-bercak hitam. Irfan (2006: 48--49) juga melaporkan adanya naskah berlubang karena serangan serangga berjumlah 311 naskah (84,28%), terkena serangan fungi berjumlah 165 naskah (44,74%), dan terkena air sebanyak 4 naskah (14,63%).

Berdasarkan hasil pengamatan pada prapenelitian tanggal 24 Maret 2011, manuskrip kuno berbahan daluang koleksi Perpustakaan FIB UI seperti Serat Rama en R Indrapoetra, Primbon I, Primbon II, Primbon Pegon, dan Kitab Djatiswara telah mengalami kerusakan yang diduga akibat dari fungi. Kerusakan tersebut ditandai dengan adanya bercak-bercak cokelat atau hitam pada permukaan kertas, perubahan warna kertas, bau asam pada kertas, dan kertas menjadi rapuh. Kerusakan manuskrip kuno berbahan daluang asal Perpustakaan FIB UI dapat dilihat pada Gambar 1.1. Pemeliharaan (preservasi) manuskrip kuno tersebut oleh kurator dengan menyimpan manuskrip kuno di dalam ruangan yang bersuhu 16--18° C dengan kelembaban sebesar 53%. Manuskrip-manuskrip kuno tersebut tersusun rapi dalam rak tertutup yang terbuat dari kayu jati dan diberi serpihan kayu cendana sebagai anti serangga (Prapenelitian, 24 Maret 2011). UNESCO (2006: 4--15) menyebutkan beberapa hal yang perlu dilakukan dalam melakukan perawatan dan penanganan manuskrip kuno, seperti ruangan tempat penyimpanan manuskrip memiliki kisaran kelembaban relatif 50--60% dan kisaran suhu 16--20° C, koleksi manuskrip kuno disimpan dalam lemari yang tertutup, ruangan tempat penyimpanan dibersihkan secara teratur minimal seminggu sekali, dan sampul-sampul manuskrip yang sudah rapuh perlu diganti dengan sampul bebas asam untuk menghindari serangan jamur.



Gambar 1.1. Kerusakan pada manuskrip kuno berbahan daluang koleksi Perpustakaan FIB UI
[Sumber: Dokumentasi pribadi, 24 Maret 2011.]

Kertas pada manuskrip mengandung selulosa sebagai bahan materi organik (Sterflinger & Pinzari 2011: 4). Selulosa merupakan polisakarida tidak bercabang yang tersusun dari unit-unit β -1,4 glikosida (Campbell dkk. 2002: 68). Kandungan selulosa pada kertas dapat digunakan oleh beberapa mikroorganisme seperti fungi dan bakteri sebagai substrat tumbuhnya (Michaelsen dkk. 2010: 69).

Fungi yang tumbuh pada kertas manuskrip menyebabkan kertas mengalami biodeteriorasi (Sterflinger & Pinzari 2011: 1). Biodeteriorasi adalah penguraian substrat atau bahan oleh aktivitas organisme dan bersifat merugikan karena menyebabkan kerusakan dan menurunkan kualitas substrat atau bahan tersebut (Gandjar dkk. 2006: 116--117). Arroyo (2009: 41) menyatakan bahwa fungi selulolitik memanfaatkan kertas sebagai sumber makanannya dengan menghasilkan enzim selulase yang mendegradasi selulosa menjadi senyawa yang lebih sederhana untuk kemudian diserap oleh fungi. Michaelsen dkk. (2009: 161) melaporkan bahwa fungi menghasilkan pigmen atau asam-asam organik yang mengakibatkan adanya bercak-bercak hitam atau coklat pada manuskrip.

Fungi yang menyebabkan kerusakan pada kertas bersifat xerofilik (Pinzari dkk. 2010: 10). Xerofil adalah mikroorganisme yang mampu tumbuh pada

lingkungan yang sangat kering atau memiliki nilai *water activity* (a_w) yang rendah (Madigan dkk. 2012: 142). Pitt dan Hocking (2009: 4) melaporkan bahwa nilai a_w untuk kapang xerofilik adalah 0,65 hingga 0,70. Michaelsen dkk. (2010: 74) melaporkan bahwa *Aspergillus nidulans* Eidam, *Aspergillus niger* van Tieghem, *Aspergillus versicolor* (Vuill.) Tirab, *Epicoccum nigrum* Link, *Penicillium commune* Thom, *Penicillium pinophilum* Thom, *Penicillium chrysogenum* Thom, *Cladosporium cladosporioides* (Fres.) de Vries, dan *Cladosporium herbarum* (Pers.) merupakan kapang-kapang yang ditemukan pada buku “*Le Stanze del Bandello*” dari abad ke-16 asal Perpustakaan Braidense di Italia. Shamsian dkk. (2008: 421) melaporkan bahwa kapang pengkontaminan utama dari manuskrip berusia ratusan tahun asal Perpustakaan Astan Quds, Iran adalah *Aspergillus P. Micheli* Ex Haller, dan *Penicillium* Link.

Berbagai metode pengujian kemampuan mikroorganisme selulolitik telah dikembangkan hingga saat ini. Pengujian mikroorganisme selulolitik secara kualitatif dilakukan dengan melihat ada atau tidaknya pertumbuhan mikroorganisme pada medium (Halliwell 1979: 23). Beberapa metode penentuan aktivitas selulolitik secara kualitatif yang telah dilaporkan, antara lain pelepasan warna azur dari selulosa (Smith 1977: 980--981) dan pertumbuhan mikroorganisme uji pada kertas saring selulosa (Oberkotter & Rosenberg 1978: 206--207). Metode *plate assay* umum digunakan sebagai metode pengujian kemampuan selulolitik secara kualitatif. Metode *plate assay* menggunakan medium yang mengandung polisakarida seperti selulosa dan dicampurkan dengan pewarna kromogenik (Jo dkk. 2011: 129). Adanya kemampuan selulolitik fungi dideteksi dengan mengamati zona bening (*clear zone*) yang terbentuk di sekitar koloni fungi yang merupakan reaksi dari enzim yang disekresikan oleh koloni dengan kompleks pewarna-selulosa (Teather & Wood 1982: 777).

Mikroorganisme yang diisolasi dari manuskrip dan mampu menghasilkan selulase perlu diketahui identitasnya. Untuk mengetahui identitas kapang dari manuskrip, dapat dilakukan identifikasi. Madigan dkk. (2012: 463) menyatakan bahwa identifikasi diperlukan untuk mendapatkan identitas dari mikroorganisme tersebut. Identifikasi dapat dilakukan dengan mengamati karakter fenotipik, salah satunya dengan mengamati karakter morfologi. Gandjar dkk. (1999: 4)

menyatakan bahwa identifikasi konvensional pada kapang dapat dilakukan dengan mengetahui karakter morfologi kapang tersebut dan membandingkannya dengan kunci identifikasi pada monograf. Samson dkk. (2004: 4, 24, & 42) melaporkan karakter kunci yang penting untuk identifikasi kapang adalah ada tidaknya alat reproduksi seksual dan aseksual, bentuk spora seksual dan aseksual, tipe *conidiogenous cell*, keberadaan septum pada hifa, serta ukuran dan lebar hifa.

University of Indonesia Culture Collection (UICC) telah memiliki 19 isolat kapang yang diisolasi dari manuskrip daluang asal Perpustakaan FIB UI. Namun demikian, isolat-isolat kapang yang diperoleh dari manuskrip daluang belum diketahui apakah memiliki kemampuan selulolitik dan dapat memanfaatkan manuskrip sebagai substratnya. Selain itu, isolat-isolat kapang dari manuskrip daluang yang menunjukkan kemampuan selulolitik belum diketahui genusnya.

Tujuan dari penelitian ini adalah memperoleh isolat kapang dari manuskrip kuno berbahan daluang asal Perpustakaan FIB UI, memperoleh isolat kapang selulolitik yang menggunakan kertas daluang sebagai substrat dan memperoleh identitas kapang-kapang tersebut. Hipotesis dari penelitian ini adalah diperoleh isolat dan diketahui genus kapang selulolitik dari manuskrip kuno berbahan daluang asal Perpustakaan FIB UI. Hasil identitas kapang yang diisolasi dari manuskrip daluang, diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai informasi dalam melakukan preservasi manuskrip di perpustakaan, seperti pengaturan kondisi lingkungan perpustakaan sehingga dapat mencegah atau menghambat pertumbuhan kapang dan penggunaan alat pelindung diri bagi para kurator untuk melindungi diri dari kapang-kapang yang bersifat patogen bagi manusia.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Fungi

Fungi merupakan organisme eukariotik, kemoheterotropik, dan bereproduksi secara aseksual dan seksual. Penyusun dinding sel fungi adalah glukosa dan kitin (Webster & Weber 2007: 5 & 33). Fungi mencerna makanannya secara ekstraseluler dan mengabsorpsi nutrisi sebagai bahan dasar metabolisme (Gandjar dkk. 2006: 23).

Fungi membutuhkan nutrisi organik untuk melakukan pertumbuhan. Secara umum, fungi memperoleh nutrisi dengan menjadi saprofit atau parasit. Fungi sebagai saprofit menyerap nutrisi dari bahan organik yang telah mati kemudian diuraikan menjadi zat-zat kimia yang lebih sederhana. Fungi sebagai parasit menyerap sebagian atau semua nutrisi dari inangnya yang masih hidup. Fungi parasit dapat menyebabkan penyakit pada organisme yang menjadi inangnya (Deacon 2006: 6).

Fungi termasuk ke dalam kingdom *Eumycota*. Fungi dibagi menjadi lima filum yaitu *Chytridiomycota*, *Zygomycota*, *Glomeromycota*, *Ascomycota*, dan *Basidiomycota* (Deacon 2006: 16). Dasar pembagian filum tersebut berdasarkan alat reproduksi seksual yang dihasilkan (Hogg 2005: 199). *Chytridiomycota* mempunyai spora berflagel yang disebut dengan zoospora (Deacon 2006: 27). *Zygomycota* menghasilkan zigospora sebagai spora seksual dan sporangiospora sebagai spora aseksual (Webster & Weber 2007: 182). Berdasarkan Redecker dan Raab (2006: 885), belum ada bukti yang menunjukkan bahwa *Glomeromycota* bereproduksi secara seksual. Webster dan Weber (2007: 248) menyatakan bahwa *Ascomycota* mempunyai askus yang menghasilkan askospora sebagai spora seksual. *Basidiomycota* mempunyai basidium dan menghasilkan basidiospora sebagai spora seksual (Deacon 2006: 43).

Fungi dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok berdasarkan morfologinya, yaitu khamir (*yeast*), kapang (*mold*), dan cendawan (*mushroom*). Khamir adalah kelompok fungi uniseluler yang bereproduksi secara aseksual

dengan membentuk tunas (*budding*), pembelahan (*fission*), atau produksi konidia pada tangkai pendek (*sterigma*) dan secara seksual dengan pembentukan spora seksual. Kapang merupakan fungi multiseluler yang membentuk filamen panjang dan bercabang yang disebut hifa. Cendawan adalah fungi yang dapat membentuk tubuh buah sehingga dapat dilihat dengan kasat mata (Hogg 2005: 211).

Hifa merupakan suatu struktur dari kapang yang berbentuk seperti tabung dan menyerupai seuntai benang panjang (Hogg 2005: 211). Kumpulan hifa yang bercabang-cabang membentuk suatu jala disebut miselium. Kumpulan miselium yang semakin banyak dan menebal akan membentuk suatu koloni dan dapat dilihat dengan kasat mata. Miselium dapat dibedakan atas miselium vegetatif yang berfungsi menyerap nutrisi dari lingkungan dan miselium fertil yang berfungsi dalam bereproduksi, yaitu untuk memproduksi konidia atau spora (Gandjar dkk. 2006: 12).

Fungi yang tumbuh pada manuskrip kuno bersifat xerofilik. Berdasarkan Madigan dkk. (2012: 142), xerofil adalah mikroorganisme yang memiliki kemampuan hidup pada lingkungan yang sangat kering atau memiliki nilai *water activity* (a_w) yang rendah. Pitt dan Hocking (2009: 4--5) melaporkan bahwa nilai a_w untuk kapang xerofilik adalah 0,65 hingga 0,70. *Eurotium herbariorum* (Wigg.) Link, *Wallemia sebi* (Fr.) Arx, *Aspergillus tamarii* Kita, dan *Xeromyces bisporus* L.R. Fraser merupakan beberapa contoh kapang xerofilik.

2.2 Kertas Daluang

Kertas daluang merupakan kertas tradisional yang terbuat dari kulit batang pohon saeh (*B. papyrifera*). Kertas daluang dimanfaatkan sebagai salah satu media untuk pembuatan manuskrip di Indonesia (Permadi 2005: 2). Ditinjau dari asal katanya, manuskrip berasal dari bahasa Belanda, yaitu *manu* yang berarti tangan, dan *schrift* yang berarti tulisan (Galba & Wahyuningsih 1997: 6). Berdasarkan Kamus Istilah Kearsipan (2005: 95), manuskrip atau naskah merupakan dokumen yang ditulis dengan tangan atau diketik dan menyimpan berbagai ungkapan rasa dan pikiran serta mengandung nilai historis.

Teygeler (2000: 2--3) menyatakan bahwa daluang telah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia sejak zaman dahulu. Pada abad ke-12, daluang digunakan sebagai bahan pakaian sehari-hari dan untuk keperluan upacara keagamaan Hindu. Pada pertengahan abad ke-17, daluang digunakan sebagai bahan keperluan tulis-menulis. Wirajaya (2009: 1) melaporkan bahwa masyarakat Gunung Kidul dan Pacitan memanfaatkan gulungan daluang untuk menuliskan cerita panji untuk pertunjukan wayang beber, media untuk menuliskan ayat-ayat Al-Quran, mantera-mantera orang suci, ilmu agama, dan seni kaligrafi.

Jones (1993: 477) melaporkan bahwa pada tahun 1696 (abad ke-17), VOC mengimpor kertas-kertas dari Belanda untuk keperluan pegawai pemerintahan kolonial. Kertas Eropa termasuk mahal pada masa tersebut sehingga penduduk lokal memanfaatkan kertas daluang sebagai alternatif pengganti kertas Eropa. Selain itu, pada masa tersebut pohon saeh sebagai bahan baku pembuatan kertas daluang masih banyak ditemukan keberadaannya. Oetari dkk. (2010: 13) melaporkan bahwa saat ini pohon saeh jarang ditemukan di Indonesia karena pemanfaatannya hampir tidak ada. Tumbuhan tersebut terdapat di Basemah (Sumatera), Sulawesi, Garut (Jawa Barat), Purwokerto (Jawa Tengah), Ponorogo (Jawa Timur), Pamekasan dan Sumenep (Pulau Madura).

Kertas daluang memiliki beberapa karakteristik yang berbeda dengan kertas yang terbuat dari kulit batang pohon tumbuhan lainnya. Karakteristik tersebut berupa tekstur, serat, bekas alat dan media pembuatan kertas, warna, dan ketebalan kertas (Permadi 2010: 12). Menurut Ekadjati (2007: 1), kertas daluang memiliki tekstur kasar. Permadi (2010: 14--19) melaporkan bahwa kertas daluang memiliki serat panjang. Kertas daluang memiliki bekas alur alat pemukul, alat pengikat, dan getah pelepah pohon pisang pada lembaran-lembaran daluang yang terbentuk selama proses pembuatannya. Kertas daluang umumnya berwarna putih kekuningan atau putih kecokelatan dan memiliki ketebalan yang tidak rata, bahkan dalam satu lembar kertas. Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa daluang dibuat secara tradisional.

Pengrajin kertas daluang masih ditemukan saat ini. Salah satu pengrajin kertas daluang adalah Bapak Mufid A. Sururi dari desa Tanggulan, Dago, Bandung (Oetari 2012, *pers. comm.*) serta keluarga Abidin dan Deden di

Kampung Toenggilis, Desa Cinunuk, Wanaraja, Kabupaten Garut. Kertas daluang masih dibuat dan digunakan hingga saat ini. Masyarakat Hindu di Bali menggunakan kertas daluang untuk upacara Ngaben. Kertas daluang juga digunakan untuk sertifikat atau piagam (Wirajaya 2009: 1).

Menurut Permadi (2005: 8--9), proses pembuatan kertas daluang sebagai berikut (1) pohon saeh ditebang dan dikuliti sampai terlihat kulit dalamnya yang berwarna putih, (2) kulit batang pohon kemudian dipotong-potong sesuai kebutuhan kemudian direndam di dalam air selama satu malam, (3) setelah direndam kulit batang pohon kemudian dipukul-pukul dengan alat yang terbuat dari perunggu hingga mencapai lebar dua kali dari lebar semula di atas balok kayu, (4) kulit batang pohon tersebut kemudian dicelupkan ke dalam air lalu diperas, (5) lembaran bahan kertas kemudian diperam dan ditutupi daun pisang selama tiga hari, (6) bahan kertas dijemur di bawah sinar matahari dengan ditempelkan pada batang pohon pisang, dan (7) kertas yang sudah kering dipotong sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

Kertas daluang memiliki serat yang sangat kuat, sehingga tidak mudah sobek. Hal tersebut menjadi alasan hingga saat ini manuskrip-manuskrip berbahan daluang yang berusia ratusan tahun masih terlihat utuh (Wirajaya 2009: 1). Permadi (2010: 12--13) melaporkan bahwa saat ini, manuskrip daluang disimpan di dalam berbagai museum dan cagar budaya di Pulau Jawa, seperti manuskrip *Babad Pajajaran* serta *Fikih dan Tauhid* koleksi Museum Negeri Jawa Barat, *Khutbah Jum'at*, *Khutbah Iedul Fitri* dan *Kitab Fikih* koleksi Cagar Budaya Candi Cangkuang Garut, *Cariosan Prabu Silihwangi* dan *Kitab Waruga Jagat* koleksi Museum Prabu Geusan Ulun Sumedang, *Kitab Dusut* dan *Kumpulan Do'a* koleksi Keraton Kasepuhan Cirebon, *Kitab Al-Qur'an* koleksi Balai Pelestarian Sejarah dan Nilai Tradisional Bandung, dan *Serat Sastramiruda* koleksi Museum Radya Pustaka Surakarta.

Metode pelestarian manuskrip menjadi masalah yang penting bagi para konservator di institusi maupun bagi para pemilik manuskrip yang ada di masyarakat. Metode pelestarian yang berasal dari kearifan lokal setempat merupakan pengetahuan tradisional di tiap daerah yang mengandalkan ketersediaan bahan yang saat ini masih ada dan diaplikasikan oleh masyarakat

setempat. Aplikasi kearifan lokal pelestarian manuskrip memiliki beberapa keuntungan, antara lain: tidak membahayakan kesehatan, tidak memiliki efek samping bagi manuskrip, tidak memerlukan keahlian dan peralatan khusus, serta tidak memerlukan biaya yang cukup besar. Beberapa contoh bentuk metode kearifan lokal pelestarian manuskrip yang ditemukan di masyarakat Cirebon hingga saat ini, antara lain (1) membungkus manuskrip dengan kain putih, (2) melindungi manuskrip dengan kertas stofmap kuning, (3) menyimpan di dalam peti kayu, koper, dan lemari jati, (4) membungkus dengan kertas koran, lalu diletakkan dalam lemari yang terkena pantulan halus sinar matahari pagi dan sore hari, (5) meletakkan kemenyan di ruangan tempat, (6) memberi perlakuan khusus seperti berwudhu dan berdoa sebelum membuka manuskrip, (7) membuka lemari tempat penyimpanan manuskrip pada pagi dan sore hari, dan (8) keberadaan pohon-pohon tertentu yang rimbun di sekitar pekarangan rumah (Oetari *dkk.* 2010: 9--10).

Beberapa kegiatan menyimpan manuskrip yang dilakukan masyarakat lokal, memiliki arti sebagai berikut. Membungkus manuskrip dengan kain putih dapat melindungi manuskrip dari debu, kutu buku, dan melindungi dari perubahan kelembaban udara. Melindungi manuskrip dengan materi yang berwarna kuning diyakini memiliki kekuatan menghalau serangga yang akan mendekati manuskrip. Menyimpan dalam peti, koper, dan lemari jati diasumsikan dapat menurunkan fluktuasi udara yang tidak teratur. Penyimpanan di lemari yang terkena pantulan halus sinar matahari pagi dan sore hari diasumsikan dapat menghambat perkembangan serangga dan mikroorganisme. Membuka lemari pada pagi dan sore hari untuk mengurangi kelembaban dalam lemari. Memberikan kemenyan dalam ruangan diasumsikan dapat menghalau datangnya serangga dan faktor biota lainnya. Memberikan perlakuan ritual khusus, seperti berwudhu dan berdoa sebelum membuka manuskrip diyakini memberikan kekuatan religius. Keberadaan pepohonan tertentu yang rindang di sekitar pekarangan rumah diasumsikan dapat mengurangi fluktuasi suhu udara (Oetari *dkk.* 2010: 10).

2.3 Pengambilan Sampel dan Isolasi Kapang dari Manuskrip Kuno

Tahap awal memperoleh isolat kapang dari manuskrip kuno adalah pengambilan sampel. Pinzari dkk. (2010: 8--9) melaporkan bahwa pengambilan sampel kapang dari manuskrip kuno dapat dilakukan dengan metode *non-invasive sampling* dan *invasive sampling*. Metode *non-invasive sampling* dilakukan dengan melakukan *swab* menggunakan *cotton bud* steril atau selotip pada permukaan kertas yang memiliki bercak-bercak cokelat atau hitam. Metode tersebut digunakan untuk memperoleh hifa atau spora dari kapang yang terdapat di permukaan kertas tanpa merusak struktur kertas. Metode *invasive sampling* menggunakan pisau atau jarum tanam tajam untuk mengambil sedikit potongan atau serpihan kertas pada bagian yang menunjukkan adanya struktur kapang. Potongan-potongan dan serpihan kertas tersebut dapat digunakan untuk inokulasi langsung ke medium yang spesifik dalam cawan petri.

Hasil pengambilan sampel kemudian dilanjutkan dengan isolasi untuk memperoleh mikroorganisme yang diinginkan. Isolasi adalah proses memisahkan mikroorganisme tertentu dari lingkungannya dan dari mikroorganisme yang tidak diinginkan, sehingga diperoleh biakan murni. Biakan murni adalah mikroorganisme yang tumbuh berasal dari satu sel tunggal (Talaro & Talaro 2002: 72). Pinzari dkk. (2010: 9--10) melaporkan bahwa isolasi kapang dapat dilakukan dengan metode *direct plating*. Metode tersebut dilakukan dengan meletakkan langsung sebagian *cotton* hasil *swab* dan serpihan kertas ke medium yang spesifik pada cawan petri.

2.4 Selulase

Selulosa merupakan polisakarida tidak bercabang, terdiri dari 10.000 ribu unit atau lebih D-glukosa yang dihubungkan oleh ikatan β -1,4 glukosida (Campbell dkk. 2002: 68). Selulosa merupakan senyawa organik yang paling melimpah di bumi dan dimanfaatkan sebagai sumber karbon serta sumber energi oleh organisme heterotrof (Decker dkk. 2003: 689--690). Tumbuhan memiliki selulosa sebagai salah satu komponen penyusun dinding sel. Sebagian besar

bahan selulosa di tumbuhan mengandung tiga komponen utama, yaitu selulosa sekitar 40--45%, hemiselulosa sekitar 25--30%, dan lignin sekitar 15--30% sehingga dikenal dengan istilah lignoselulosa (Perez dkk. 2002: 54--55).

Selulase merupakan enzim kompleks yang menguraikan selulosa dengan memutus ikatan β -1,4-glukosida pada selulosa menjadi unit gula sederhana. Secara umum, selulase terdiri dari tiga komponen enzim utama. Enzim pertama adalah endo- β -1,4-glukanase (EC 3.2.1.4) yang bekerja lebih aktif pada selulosa amorf dan derivat terlarut seperti *carboxymethyl cellulose* (CMC), sehingga sering disebut enzim CMC-ase. Enzim endo- β -1,4-glukanase menghidrolisis ikatan β -1,4 glukosida secara acak pada rantai selulosa dan menghasilkan ujung rantai baru yang merupakan substrat untuk enzim kedua. Enzim kedua adalah ekso- β -1,4-glukanase atau dikenal selobiohidrolase (EC 3.2.1.91) menghidrolisis bagian kristalin dari selulosa pada ujung pereduksi dan non pereduksi dan menghasilkan selobiosa dan glukosa. Enzim ekso- β -1,4-glukanase memiliki aktivitas sangat tinggi pada avisel, sehingga sering disebut sebagai enzim aviselase. Enzim ketiga adalah β -1,4-glukosidase atau dikenal dengan selobiase (EC 3.2.1.21) menghidrolisis selobiosa dan selooligosakarida berantai pendek dan menghasilkan glukosa. Ketiga komponen enzim selulase tersebut memiliki spesifisitas terhadap substrat, bekerja bersama-sama dan secara bertahap dalam menguraikan selulosa menjadi unit glukosa (Lynd dkk. 2002: 511).

Carboxy Methyl Cellulose (CMC) adalah salah satu derivat selulosa yang dapat larut dalam air, bersifat amorf, berwarna putih, tidak berbau, tidak berasa, dan berbentuk padatan. CMC merupakan senyawa turunan selulosa yang terbentuk oleh reaksi selulosa dengan alkali dan asam kloroasetat. Substrat CMC umum digunakan dalam pengujian aktivitas endo- β -1,4-glukanase. Avisel atau selulosa mikrokristalin merupakan fragmen selulosa yang mengandung 200 unit glukosa dengan tingkat kristalinitas yang lebih tinggi dibanding CMC. Avisel hanya dapat dihidrolisis oleh enzim selobiohidrolase atau ekso- β -1,4-glukanase (Lynd dkk. 2002: 511).

Selobiosa adalah disakarida, terdiri dari 2-D-glukanopiranososa yang dihubungkan oleh ikatan β -1,4-glukosida. Selobiosa merupakan substrat bagi

enzim selobiase atau β -1,4-glukosidase. Enzim β -1,4-glukosidase akan menghidrolisis selobiosa menjadi dua unit glukosa (Lynd dkk. 2002: 511).

Arroyo (2009: 43) melaporkan bahwa kertas dan dokumen tua mengandung selulosa sebagai komponen utama. Fungi yang memiliki kemampuan selulolitik dapat mendegradasi selulosa pada kertas. *Alternaria* Nees, *Aspergillus*, *Fusarium* Link, *Humicola* Traaen, *Myrothecium* Tode, *Penicillium*, dan *Stachybotrys* Ehrenb merupakan fungi selulolitik yang sering ditemukan pada kertas dan dokumen tua. Onsoni dkk. (2005: 27) melaporkan bahwa *Aspergillus* menghasilkan sejumlah besar endo- β -1,4-glukanase dan β -glukosidase, tetapi jumlah enzim ekso- β -1,4-glukanase yang dihasilkan rendah. Wood (1971: 361) melaporkan bahwa kapang *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. dapat menghasilkan enzim selulase berupa β -1,4-glukosidase.

2.5 Pengujian Kemampuan Mikroorganisme Selulolitik

Berbagai macam metode untuk pengujian kemampuan mikroorganisme selulolitik telah banyak diketahui. Smith (1977: 980--981) melaporkan metode pengujian kemampuan mikroorganisme selulolitik menggunakan selulosa yang diwarnai (selulosa-azur). Metode selulosa-azur merupakan metode yang cepat, mudah, dan efektif dalam pengujian kemampuan selulolitik isolat-isolat kapang dalam jumlah yang sangat banyak. Selain itu, metode tersebut juga dapat digunakan untuk mengukur aktivitas selulase relatif isolat kapang yang satu dengan lainnya. Selulosa sebagai satu-satunya sumber karbon dapat berikatan dengan indikator warna azur (biru) membentuk kompleks selulosa-azur. Aktivitas enzim selulase yang dimiliki mikroorganisme mengakibatkan terputusnya ikatan pada selulosa-azur kompleks, sehingga warna azur pada medium selulosa-azur akan dilepaskan dan berdifusi ke dalam agar pada lapisan bawah medium. Intensitas warna dan kecepatan difusi azur berhubungan dengan tingkat aktivitas selulase.

Teather dan Wood (1982: 777) menggunakan *Congo red* untuk pengujian kemampuan bakteri-bakteri selulolitik yang berasal dari rumen sapi. Kelebihan metode *Congo red* adalah dapat mengetahui aktivitas dari tiga komponen enzim

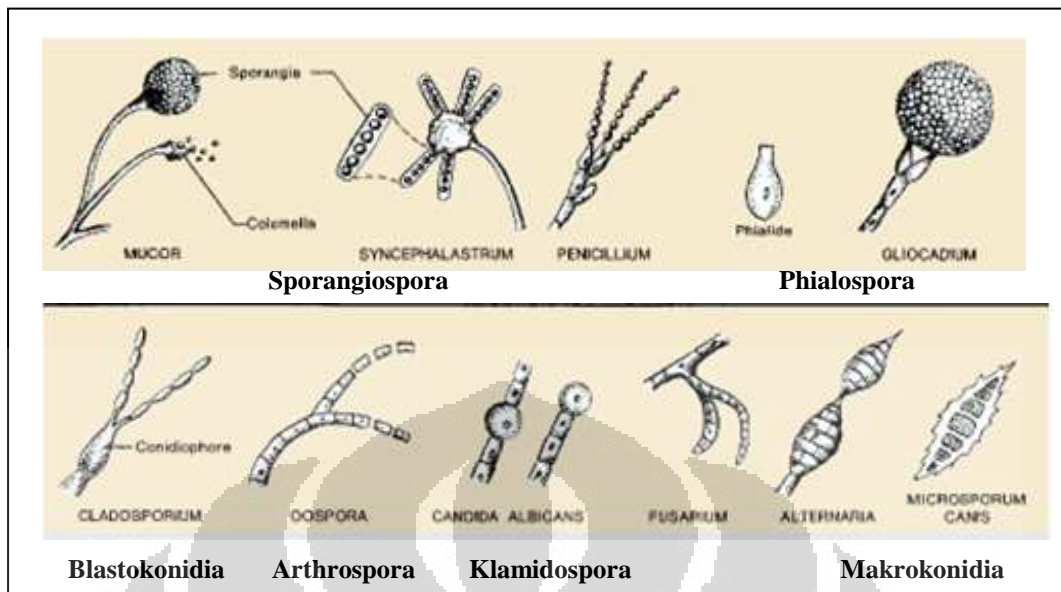
selulase. Medium yang digunakan adalah medium basal yang telah ditambahkan substrat selulosa spesifik sebagai sumber karbon. *Congo red* dapat berikatan dengan polisakarida yang terdiri dari unit-unit glukosa yang dihubungkan oleh ikatan β -1,4 glukosida. Adanya kemampuan selulolitik dapat diketahui dari zona bening yang terbentuk di sekitar koloni biakan bakteri setelah medium selulosa berisi biakan bakteri diinkubasi dan ditetesi *Congo red*. Zona bening terbentuk karena *Congo red* tidak dapat berikatan dengan substrat selulosa yang telah terhidrolisis menjadi glukosa sebagai hasil dari aktivitas selulase.

2.6 Identifikasi Kapang Secara Konvensional

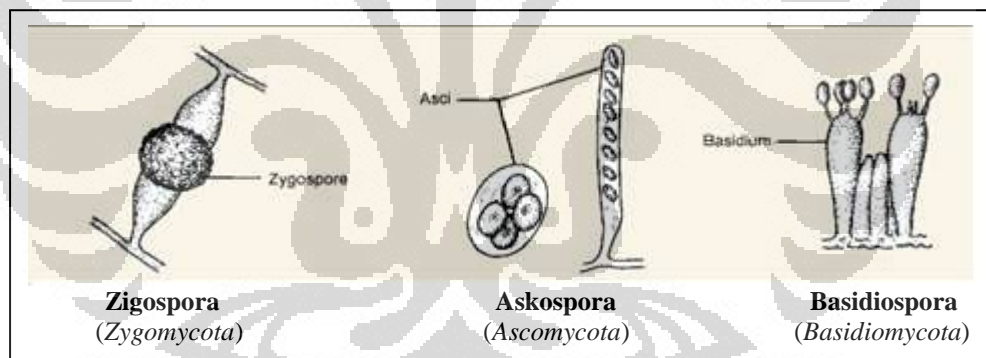
Identifikasi konvensional pada kapang dapat dilakukan dengan mengamati karakter morfologi secara mikroskopik dan morfologi secara makroskopik kapang serta membandingkan karakter tersebut dengan kunci identifikasi pada monograf. Pitt dan Hocking (2009: 59) menyebutkan bahwa karakter morfologi kapang secara mikroskopik yang penting adalah ada dan tidaknya spora seksual dan aseksual, tipe spora seksual dan aseksual, bentuk spora seksual dan aseksual, tipe *conidiogenous cell*, keberadaan septum pada hifa, serta ukuran dan lebar hifa.

Apabila hanya ditemukan spora aseksual pada pengamatan morfologi secara mikroskopik, maka kapang tersebut berada pada fase anamorfik. Kapang yang menghasilkan spora seksual berada pada fase teleomorfik (Webster & Weber 2007: 32). Apabila tidak ditemukan spora aseksual dan seksual pada pengamatan morfologi secara makroskopik, maka kapang tersebut disebut *mycelia sterilia* (Barnett & Hunter 2003: 34).

Spora aseksual yang dihasilkan oleh kapang antara lain arthrokonidia, blastokonidia, sporangiospora, kladiospora dan konidia (Gambar 2.6.(1)). Spora seksual yang dihasilkan oleh kapang antara lain zigospora, askospora, dan basidiospora (Gambar 2.6.(2)). Zigospora dihasilkan oleh *Zygomycota*, askospora dihasilkan oleh *Ascomycota*, dan basidiospora dihasilkan oleh *Basidiomycota* (Gandjar dkk. 2006: 56).



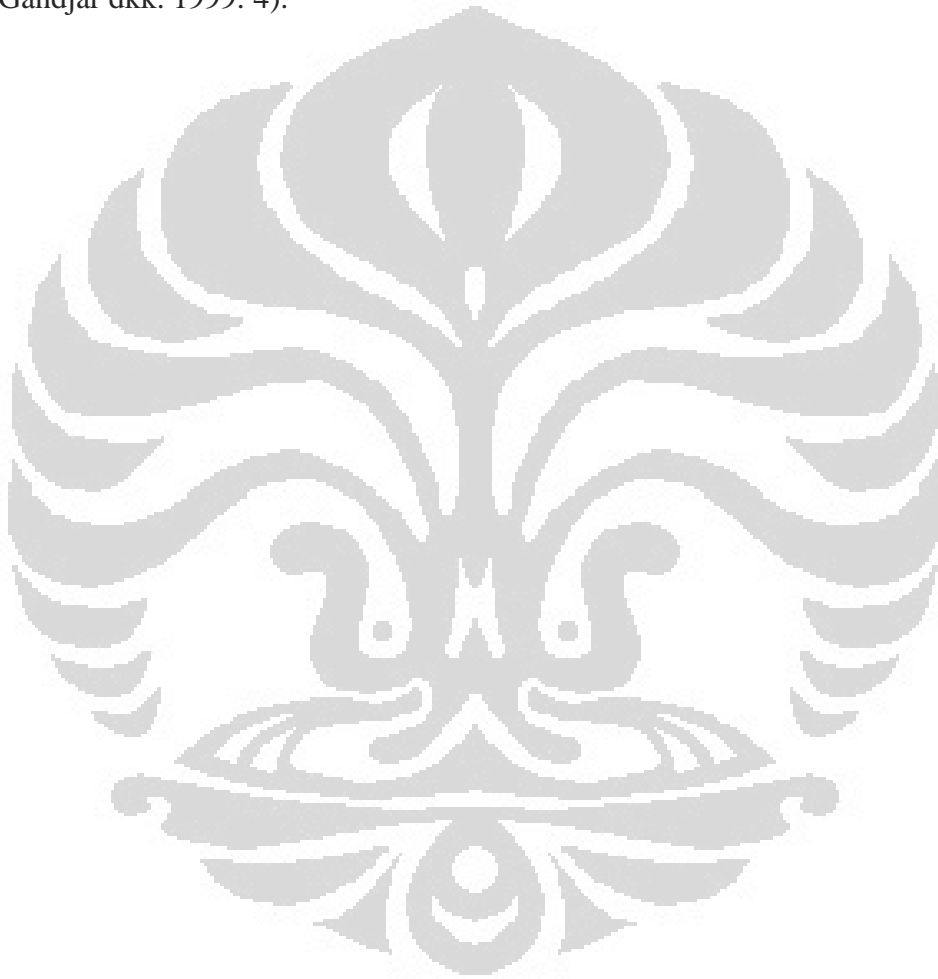
Gambar 2.6.(1). Beberapa tipe spora aseksual pada kapang anamorfik
[Sumber: Benson 2001: 49, dengan modifikasi.]



Gambar 2.6.(2). Beberapa tipe spora seksual pada kapang teleomorfik
[Sumber: Benson 2001: 50, dengan modifikasi.]

Berdasarkan hifa yang dimiliki, fungi dibagi menjadi dua kelompok yaitu *higher fungi* dan *lower fungi*. *Higher fungi* memiliki hifa monositik yaitu hifa yang berseptum dan memiliki satu inti di setiap kompartemennya. *Lower fungi* memiliki hifa senositik yaitu tidak berseptum sehingga memiliki banyak inti. Filum *Chytridiomycota*, *Glomeromycota* dan *Zygomycota* termasuk ke dalam *lower fungi* sedangkan filum *Ascomycota* dan *Basidiomycota* termasuk ke dalam *higher fungi* (Hogg 2005: 199--200).

Selain dilakukan identifikasi dengan mengamati karakter morfologi secara mikroskopik, dapat juga dilakukan dengan pengamatan karakter morfologi secara makroskopik. Karakter morfologi secara makroskopik kapang dapat diketahui berdasarkan warna dan tekstur koloni, keberadaan *exudate drops*, sporulasi, zonasi, *radial furrow*, *growing zone*, dan pengamatan sebalik koloni (Benson 2001: 50--52). Selain itu, dalam mengamati karakter morfologi kapang juga harus memperhatikan medium yang digunakan, suhu inkubasi, dan umur biakan (Gandjar dkk. 1999: 4).



BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Biologi, FMIPA UI, Depok dan Laboratorium *Center of Excellence for Indigenous Biological Resource–Genome Studies* (CoE IBR-GS), UI, Depok mulai bulan Februari hingga Mei 2012.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan adalah cawan petri, tabung reaksi, Erlenmeyer, pembakar spiritus, *spatel Drygalsky*, *stainless steel cork borer*, *lighter*, *autoclave* [Hirayama], oven [Heraeus], gunting, *digital caliper*, batang pengaduk, *beaker glass*, gelas ukur, botol alkohol, jarum tanam tajam, jarum tanam bulat, pinset, pipet tetes, *refrigerator* [Gassio], kompor listrik [Sanyo], pemanas air [Sharp], timbangan *digital* [And EW-300 G], timbangan analitik [Sartorius], vorteks [Bio-Rad], mikropipet 1000 μ l dan 200 μ l [Gilson], *tips*, *transfer box*, *object glass*, *cover glass*, Alat Pelindung Diri (jas laboratorium, masker, dan *goggles*), kamera digital [Canon], mikroskop trinokular [Carl-Zeiss], dan mikroskop cahaya [Boeco].

3.2.2 Bahan

3.2.2.1 Mikroorganisme

Mikroorganisme yang digunakan adalah isolat kapang koleksi *University of Indonesia Culture Collection* (UICC) dari manuskrip kuno berbahan daluang asal Perpustakaan FIB UI yang diisolasi pada tanggal 11 April 2011, isolat kapang

Aspergillus niger UICC 371 sebagai kontrol positif, dan *Rhizopus oryzae* UICC 24B sebagai kontrol negatif pengujian kemampuan kapang selulolitik. Manuskrip kuno berbahan daluang yang digunakan adalah Serat Rama en R Indrapoetra, Primbon I, Primbon II, Primbon Pegon, dan Kitab Djatiswara.

3.2.2.2 Medium

Medium yang digunakan adalah *Dichloran-18% Glycerol Agar* (DG18) [Oxoid], *Plate Count Agar* (PCA) [Britania], *Potato Dextrose Agar* (PDA) [BD], dan *Czapek's Dox Agar* (CDA). Medium DG-18 digunakan untuk isolasi dan pemurnian kapang-kapang dari manuskrip daluang. Medium PCA digunakan untuk enumerasi spora kapang dari manuskrip daluang. Medium PDA digunakan untuk pembuatan *stock* dan *working culture*. Medium basal CDA dan medium basal CDA dengan CMC sebagai sumber karbon digunakan sebagai medium penapisan kapang selulolitik dari manuskrip daluang.

3.2.2.3 Bahan Kimia

Bahan kimia yang digunakan adalah alkohol 70%, pewarna *Congo red*, etanol 96% p.a. [Merck], kloramfenikol [Wako], *rose bengal* [TCI], *lactophenol cotton blue* [Merck], *carboxymethyl cellulose* (CMC) [BDI], dan kertas daluang (diperoleh dari Bapak Mufid A. Sururi dari Bandung).

3.2.2.4 Bahan Habis Pakai

Bahan habis pakai yang digunakan adalah tisu gulung, kertas label, plastik tahan panas [Bell], kertas *Yellow Pages*, *cotton bud* steril, karet gelang, selotape [Scotch], dan parafilm [M].

3.3 Cara Kerja

Skema kerja penelitian dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.3.1 Pembuatan medium

3.3.1.1 Medium *Dichloran-18% Glycerol Agar* (DG18)

Pembuatan medium DG18 berdasarkan Atlas (2010: 593). Sebanyak 15,7 g bubuk DG18 agar dilarutkan ke dalam 350 ml akuades, kemudian dipanaskan dan diaduk hingga homogen. Medium didiamkan hingga suhu 40--50° C, kemudian ditambahkan 103 ml gliserol 87% dan air hangat hingga volume akhir mencapai 500 ml. Sebanyak 0,05 g kloramfenikol yang telah dilarutkan dengan 1 ml etanol 96% ditambahkan ke dalam medium DG-18 agar yang masih cair, kemudian diaduk hingga homogen. Medium disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121° C dengan tekanan 2 atm selama 15 menit. Sebanyak 20 ml medium dituang secara aseptis ke dalam masing-masing cawan petri steril, kemudian dibiarkan mengeras.

3.3.1.2 Medium basal *Czapek's Dox Agar* (CDA) tanpa sumber karbon

Pembuatan medium CDA tanpa sumber karbon berdasarkan Atlas (2010: 480). Sebanyak 0,5 g KCl, 3 g NaNO₃, 1 g K₂HPO₄, 0,5 g MgSO₄. 7H₂O, 0,01 g FeSO₄.7H₂O, dan 15 g agar dilarutkan ke dalam akuades hingga mencapai volume 1.000 ml. Medium disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121° C selama 15 menit. Medium didiamkan hingga suhunya mencapai 40--50° C kemudian ditambahkan 500 mg tetrasiklin. Sebanyak 20 ml medium dituang secara aseptis ke dalam masing-masing cawan petri steril, kemudian dibiarkan mengeras.

3.3.1.3 Medium *Plate Count Agar* (PCA)

Pembuatan medium PCA berdasarkan petunjuk yang terdapat pada kemasan. Medium PCA dibuat dengan cara melarutkan 23,5 g bubuk PCA dalam akuades hingga mencapai volume 1.000 ml. Campuran medium dipanaskan dan diaduk hingga homogen kemudian disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121° C dengan tekanan 2 atm selama 15 menit. Medium yang telah steril didiamkan

hingga suhunya mencapai 40--50° C kemudian ditambahkan antibiotik tetrasiklin sebanyak 500 mg dan diaduk hingga homogen. Sebanyak 20 ml medium dituang secara aseptis ke dalam masing-masing cawan petri steril, kemudian dibiarkan mengeras.

3.3.1.4 Medium *Potato Dextrose Agar* (PDA)

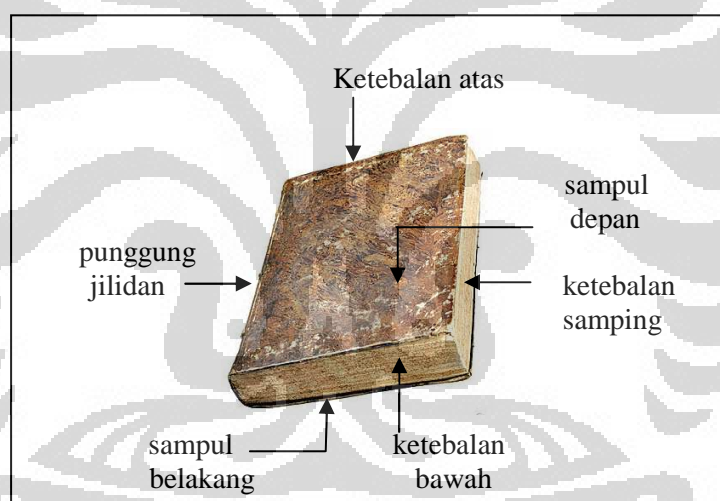
Pembuatan medium PDA berdasarkan petunjuk yang terdapat pada kemasan. Medium PDA dibuat dengan melarutkan 39 g bubuk PDA dalam akuades hingga mencapai volume 1.000 ml. Campuran medium dipanaskan dan diaduk hingga homogen. Medium yang telah homogen didiamkan hingga suhunya mencapai 40--50° C, kemudian ditambahkan antibiotik kloramfenikol sebanyak 0,2 g. Medium selanjutnya dimasukkan ke dalam tabung reaksi masing-masing sebanyak 6 ml, dan disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121° C dengan tekanan 2 atm selama 15 menit. Tabung yang berisi medium PDA steril dimiringkan dan dibiarkan hingga mengeras.

3.3.1.5 Medium Basal *Czapek's Dox Agar* (CDA) dengan Penambahan CMC

Petunjuk pembuatan medium berdasarkan Teather dan Wood (1982: 778) serta Atlas (2010: 480) yang telah dimodifikasi. Medium CDA sebanyak 1.000 ml dibuat dengan cara melarutkan 3 g NaNO₃, 1 g K₂HPO₄, 0,5 g MgSO₄·7H₂O, 0,5 g KCl, 0,01 g FeSO₄·7H₂O, dan 15 g agar kemudian ditambahkan akuades hingga mencapai volume 1.000 ml. Campuran medium dipanaskan kemudian diaduk hingga homogen. Substrat CMC sebanyak 0,1% (v/b) ditambahkan ke dalam campuran medium. Campuran setelah homogen kemudian disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121° C dengan tekanan 2 atm selama 15 menit. Medium ditambahkan antibiotik tetrasiklin sebanyak 500 mg. Sebanyak 20 ml medium dituang secara aseptis ke dalam masing-masing cawan petri steril, kemudian dibiarkan mengeras.

3.3.2 Pengambilan Sampel Kapang dari Manuskrip Kuno Berbahan Daluang

Pengambilan sampel kapang dari manuskrip kuno berbahan daluang dilakukan dengan metode *non-invasive sampling* berdasarkan Pinzari dkk. (2010: 8). Metode tersebut dilakukan dengan cara mengoleskan *cotton bud* steril pada bagian sampul atas, tebalan atas, tebalan bawah, tebalan samping, punggung jilidan, dan bagian dalam dari manuskrip kuno berbahan daluang yang mengalami kerusakan dan ditumbuhi fungi. Pada bagian dalam manuskrip kuno, *cotton bud* steril dioleskan pada permukaan kertas yang mengandung bercak hijau atau kehitaman lalu dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali pada halaman kertas yang berbeda. *Cotton bud* hasil sampling kemudian dimasukkan ke dalam amplop steril.



Gambar 3.3.2. Bagian-bagian manuskrip yang dioleskan *cotton bud* steril dalam pengambilan sampel kapang

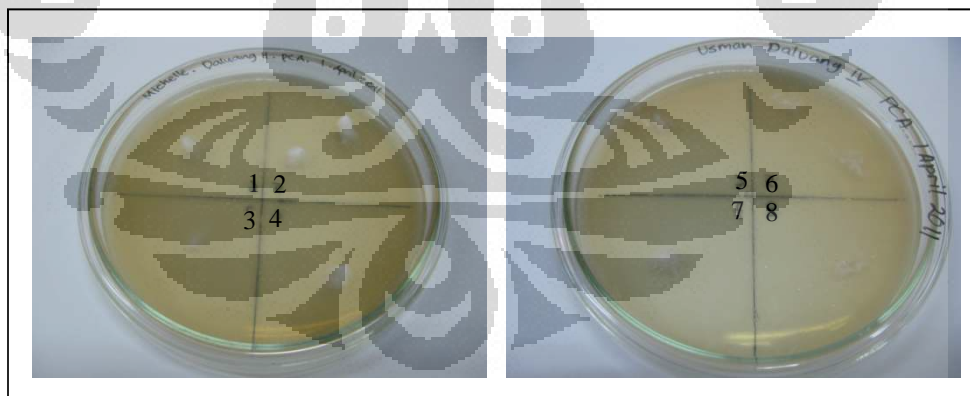
[Sumber: Dreamstime 2012: 1, dengan modifikasi.]

3.3.3 Isolasi Kapang

Isolasi kapang dari manuskrip daluang berdasarkan Michaelsen dkk. (2009: 162--163) yang dimodifikasi. Michaelsen dkk. (2009: 162--163) melakukan isolasi dengan mengoleskan *cotton bud* hasil pengambilan sampel ke permukaan medium dalam cawan petri secara langsung. Modifikasi dari metode isolasi

tersebut adalah dengan mengambil sebagian *cotton bud* hasil pengambilan sampel dengan pinset dan diletakkan pada permukaan medium dalam cawan petri.

Dua cawan petri berisi medium DG18 digunakan untuk isolasi kapang dari satu buah manuskrip. Masing-masing cawan petri dibagi menjadi empat kuadran. Kapas dari *cotton bud* hasil pengambilan sampel pada bagian sampul atas diletakkan pada kuadran pertama di cawan petri pertama. Kapas dari *cotton bud* hasil pengambilan sampel pada bagian ketebalan atas diletakkan pada kuadran kedua di cawan petri pertama. Kapas dari *cotton bud* hasil pengambilan sampel pada bagian ketebalan bawah diletakkan pada kuadran ketiga di cawan petri pertama. Kapas dari *cotton bud* hasil pengambilan sampel pada bagian ketebalan samping diletakkan pada kuadran keempat di cawan petri pertama. Kapas dari *cotton bud* hasil pengambilan sampel pada bagian punggung buku diletakkan pada kuadran kelima di cawan petri kedua. Kapas dari *cotton bud* hasil pengambilan sampel pada bagian dalam manuskrip diletakkan pada kuadran keenam, ketujuh, dan kedelapan di cawan petri kedua. Medium kemudian diinkubasi pada suhu 27° C. Koloni yang tumbuh pada daerah sekitar kapas yang diletakkan selanjutnya dilakukan pemurnian.



Gambar 3.3.3. Isolasi kapang dari manuskrip kuno dengan meletakkan sebagian *cotton bud* hasil pengambilan sampel pada medium PCA

[Sumber: Dokumentasi pribadi, 11 April 2011.]

3.3.4 Pemurnian Kapang

Pemurnian kapang dilakukan berdasarkan Benson (2001: 85). Hifa dan konidia kapang diambil menggunakan jarum tanam tajam kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi akuades steril sebanyak 5 ml. Suspensi dihomogenkan dengan vorteks. Satu ose suspensi sel kapang diambil kemudian dilakukan empat *streak* pada medium DG18. *Streak* diulangi sebanyak tiga kali pada cawan petri masing-masing dibuat empat *streak* tanpa inokulasi. Hasil pemurnian diinkubasi pada suhu 27° C dalam keadaan terbalik. Medium diamati selama beberapa hari hingga bersporulasi dan terdapat koloni tunggal yang representatif. Koloni tunggal yang representatif kemudian dipindahkan sebagai *stock culture* dan *working culture*.

3.3.5 Pembuatan *stock culture* dan *working culture*

Pembuatan *stock culture* dan *working culture* berdasarkan Cappuccino dan Sherman (2002: 7). Koloni kapang yang telah murni dipindahkan ke dalam dua tabung reaksi berisi medium PDA miring sebagai *stock culture* dan *working culture*. Pembuatan *stock culture* dan *working culture* dilakukan dengan metode *stab* menggunakan jarum tanam tajam. *Stock culture* dan *working culture* kemudian diinkubasikan pada suhu 27° C. Biakan kapang *stock culture* yang telah tumbuh dan bersporulasi disimpan di lemari pendingin pada suhu 4° C. Biakan *working culture* disimpan pada suhu ruang agar dapat digunakan untuk pengujian.

3.3.6 Enumerasi dengan Metode *Total Plate Count* (TPC)

Enumerasi dilakukan untuk mengetahui jumlah spora isolat kapang dari manuskrip daluang. Enumerasi dengan metode TPC dilakukan berdasarkan Hogg (2005: 91--93). Isolat kapang dari manuskrip daluang ditumbuhkan dalam medium PDA miring dengan metode *streak* sebanyak 15 gores. Biakan ditumbuhkan hingga bersporulasi pada 27° C. Akuades steril sebanyak 5 ml

dimasukkan ke dalam biakan. Sel isolat dikerik menggunakan jarum tanam bulat dan dihomogenkan menggunakan vorteks hingga diperoleh suspensi sel.

Suspensi sel kapang kemudian diencerkan menggunakan akuades steril hingga faktor pengenceran 10^{-4} , 10^{-5} , dan 10^{-6} . Sebanyak 0,1 ml dari setiap suspensi yang telah diencerkan, dituangkan pada medium PCA dan disebar menggunakan spatel *Drygalsky*. Masing-masing faktor pengenceran dilakukan tiga kali pengulangan. Biakan kemudian diinkubasi selama tiga hari pada suhu ruang 27°C . Koloni yang tumbuh dihitung berdasarkan rumus Hogg (2005: 91--93), yaitu:

$$\text{Jumlah CFU/ml} = \frac{\text{jumlah rata-rata koloni yang tumbuh}}{\text{volume inokulum} \times \text{faktor pengenceran}}$$

3.3.7 Pengujian Isolat-isolat Kapang Pada Substrat Kertas Daluang

Pengujian kemampuan kapang selulolitik dengan substrat potongan kertas daluang menggunakan *paper disc method* berdasarkan Oberkotter dan Rosenberg (1978: 206) yang telah dimodifikasi. Oberkotter dan Rosenberg (1978: 206) menggunakan kertas saring Whatman no.1 sebagai sumber karbon tunggal dalam pengujian pertumbuhan dan aktivitas endoglukanase dari sel bakteri *Cellvibrio vulgaris*. Modifikasi dari metode tersebut adalah tidak menggunakan kertas saring Whatman no.1 tetapi potongan kertas daluang sebagai sumber karbon tunggal.

Medium basal CDA yang telah mengeras di cawan petri dibagi menjadi 4 kuadran. Kertas daluang digunting membentuk persegi dengan ukuran 1x1 cm. Potongan kertas tersebut kemudian diletakkan di cawan petri pada kuadran masing-masing. Potongan kertas pertama ditetaskan suspensi isolat kapang yang akan diujikan. Potongan kertas kedua ditetaskan akuades steril. Potongan kertas ketiga ditetaskan suspensi sel kapang selulolitik *Aspergillus niger* UICC 371 sebagai kontrol positif. Potongan kertas keempat ditetaskan suspensi sel kapang non selulolitik *Rhizopus oryzae* UICC 24B sebagai kontrol negatif. Volume masing-masing suspensi adalah 20 μl . Biakan diinkubasi pada suhu 27°C .

Pengulangan dilakukan sebanyak tiga kali. Hasil positif ditunjukkan dengan adanya pertumbuhan hifa pada *paper disc*. Hasil negatif ditunjukkan dengan tidak adanya pertumbuhan hifa pada permukaan potongan kertas daluang. Pertumbuhan hifa menunjukkan kemampuan isolat kapang menggunakan kertas daluang sebagai substrat.

3.3.8 Pengujian Isolat-isolat Kapang Menggunakan Medium CDA dengan Penambahan *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC)

Pengujian kemampuan kapang selulolitik dengan penambahan CMC berdasarkan metode Onori dkk. (2005: 27). Medium CDA dengan penambahan CMC dalam cawan petri dibagi menjadi empat kuadran. Setiap kuadran dibuat sumur hingga ke dasar cawan petri menggunakan *stainless steel cork borer* berdiameter 0,9 cm. Sumur pertama diisi suspensi isolat kapang yang akan diujikan. Sumur kedua diisi akuades steril. Sumur ketiga diisi suspensi sel kapang selulolitik *Aspergillus niger* UICC 371 sebagai kontrol positif. Sumur keempat diisi suspensi sel kapang non selulolitik *Rhizopus oryzae* UICC 24B sebagai kontrol negatif. Volume masing-masing suspensi adalah 80 µl. Biakan diinkubasi pada suhu ruang selama 5 hari. Pada hari kelima, larutan *Congo red* 0,2% ditetaskan ke atas permukaan medium uji secara aseptis hingga menutupi seluruh permukaan medium. Biakan yang telah ditetesi *Congo red* diinkubasi kembali selama 24 jam supaya *Congo red* dapat meresap ke dalam medium kemudian diamati. Hasil positif ditunjukkan dengan terbentuknya zona bening di sekitar koloni. Hasil negatif ditunjukkan dengan tidak terbentuknya zona bening di sekitar koloni kapang. Zona bening merupakan suatu daerah tidak berwarna di sekeliling koloni yang tumbuh. Zona bening terbentuk karena *Congo red* tidak dapat berikatan dengan hasil hidrolisis substrat selulosa. Pengukuran diameter zona bening menggunakan jangka sorong. Kemampuan kapang selulolitik ditentukan melalui pengukuran Indeks Aktivitas Selulase berdasarkan Kader dan Omar (1998: 3).

$$\text{IAS} = \frac{\text{diameter zona bening} - \text{diameter koloni kapang}}{\text{diameter koloni kapang}}$$

3.3.9 Identifikasi Kapang

Identifikasi kapang selulolitik dilakukan dengan mengamati karakter morfologi kapang secara mikroskopik dan makroskopik. Pengamatan karakter morfologi secara mikroskopik kapang dilakukan berdasarkan Pitt dan Hocking (2009: 59). Pengamatan karakter morfologi secara mikroskopik dilakukan dengan memperhatikan ada dan tidaknya spora seksual dan aseksual, tipe spora seksual dan aseksual, bentuk spora seksual dan aseksual, tipe *conidiogenous cell*, keberadaan septum pada hifa, dan ukuran dan lebar hifa. Hasil pengamatan kemudian dibandingkan dengan kunci identifikasi pada monograf, yaitu: *Identification of Common Aspergillus Species* oleh Klich (2002), *Introduction to Food and Airborne-Fungi* oleh Samson dkk. (2004), dan *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* oleh Barnett dan Hunter (2003).

Pengamatan morfologi kapang secara makroskopik dilakukan berdasarkan Benson (2001: 50--52). Karakter morfologi kapang secara makroskopik dilakukan dengan mengamati koloni kapang mulai dari tumbuhnya hifa hingga bersporulasi. Hal-hal yang perlu diamati saat pengamatan morfologi secara makroskopik, yaitu warna, diameter, tekstur, zonasi, *radial furrow*, *growing zone*, dan *exudate drops* dari suatu koloni kapang. Pengamatan warna koloni kapang dilakukan berdasarkan standar warna Faber Castell (Lampiran 2).

3.3.10 Analisis Data

Data yang diperoleh disusun dalam bentuk tabel dan gambar. Data yang diperoleh bersifat kualitatif serta kuantitatif. Data kualitatif yang diperoleh adalah pertumbuhan hifa pada *paper disc* dan karakter morfologi isolat kapang dari manuskrip daluang. Data kualitatif dianalisis secara deskriptif. Data kuantitatif yang diperoleh adalah hasil TPC kapang dari manuskrip daluang dan diameter zona bening. Data kuantitatif dianalisis secara statistik dengan menggunakan standar deviasi.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengambilan Sampel dan Isolasi Kapang dari Manuskrip Kuno Berbahan Daluang

Pengambilan sampel dari manuskrip kuno berbahan daluang asal Perpustakaan FIB UI dilakukan pada tanggal 24 Maret 2011. Pengambilan sampel manuskrip kuno dilakukan secara acak, yaitu diambil berdasarkan manuskrip kuno yang mengalami kerusakan yang diduga berasal dari fungi. Kerusakan tersebut ditandai dengan adanya bercak-bercak cokelat atau hitam pada permukaan kertas, adanya butir-butir kecil hitam seperti spora pada kertas, kertas menjadi rapuh, dan adanya bau asam pada naskah. Manuskrip Serat Rama en R Indrapoetra, Primbon I, Primbon Pegon, Primbon II, dan Kitab Djatiswara merupakan sampel manuskrip kuno yang telah mengalami kerusakan yang diduga akibat dari fungi.

Metode *non-invasive sampling* dengan *cotton bud* steril digunakan untuk memperoleh spora dan hifa kapang yang berada di permukaan manuskrip kuno. Menurut Pinzari dkk. (2010: 10), spora yang menempel pada kapas *swab* pada manuskrip akan menyebabkan spora dan hifa kapang mudah menempel pada permukaan *cotton bud* steril, sehingga tidak merusak keadaan manuskrip kuno. Michaelsen dkk. (2009: 162) melaporkan telah melakukan pengambilan sampel dari manuskrip kuno *Le Stanze del Bandello* yang berasal dari abad ke-16 di *Braidense Library* di Milan dengan metode *non-invasive sampling*. Metode tersebut dilakukan pada permukaan kertas yang mengalami kerusakan oleh fungi.

Isolasi kapang dari manuskrip daluang dilakukan dengan metode *direct plating*, yaitu dengan meletakkan langsung sebagian *cotton* hasil *swab* ke medium agar pada cawan petri. Koloni kapang tumbuh di sekitar kapas setelah diinkubasi selama 7 hari di medium PCA. Michaelsen dkk. (2009: 162--164) telah melakukan *swab* pada manuskrip kuno kemudian hasil *swab* tersebut diinokulasikan secara langsung pada medium *Malt Extract Agar* (MEA) dan

Czapek's Yeast Agar (CYA). Beberapa spesies dari hasil isolasi dari manuskrip kuno *Le Stanze del Bandello* yang berasal dari abad ke-16 di *Braidense Library* di Milan berdasarkan identifikasi secara molekuler adalah *Aspergillus niger*, *A. nidulans*, *A. versicolor*, *Epicoccum nigrum*, *Penicillium commune*, *P. chrysogenum*, *P. pinophilum*, *Cladosporium cladosporioides*, dan *C. herbarum*.

Isolasi kapang dari manuskrip kuno berbahan daluang menggunakan medium *Plate Count Agar* (PCA) yang ditambahkan kloramfenikol. Medium PCA merupakan medium non selektif dan dapat digunakan untuk menumbuhkan bakteri, kapang, dan khamir. Menurut Atlas (2010: 4, 7, & 1402), komposisi PCA terdiri dari tripton, *yeast extract*, D-glukosa, dan agar. Tripton digunakan sebagai sumber nitrogen. *Yeast extract* berfungsi sebagai sumber karbon, nitrogen, dan vitamin. Glukosa digunakan sebagai sumber karbon, dan agar berfungsi sebagai penguat medium. Kloramfenikol digunakan untuk membunuh bakteri yang mungkin menempel pada kapas karena isolasi hanya bertujuan untuk memperoleh kapang. Menurut Mueller dkk. (2004: 340), kloramfenikol merupakan *broad-spectrum antibiotics* yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif dan Gram negatif tetapi tidak menghambat pertumbuhan kapang maupun khamir.

Hasil isolasi dari Manuskrip Serat Rama en R Indrapoetra, Primbon I, Primbon Pegon, Primbon II, dan Kitab Djatiswara ditunjukkan pada Tabel 4.1 . Salah satu contoh hasil isolasi kapang ditunjukkan oleh Gambar 4.1.(1) yang berasal dari Manuskrip Primbon I. Isolasi dari kelima manuskrip tersebut menghasilkan 19 isolat yang berasal dari *cotton bud* hasil *swab* pada saat pengambilan sampel. Isolat terbanyak berasal dari Manuskrip Primbon Pegon, yaitu sebanyak 6 isolat. Manuskrip Primbon Pegon memperlihatkan kerusakan yang paling berat. Kerusakan tersebut berupa terdapat banyak lubang pada permukaan kertas, kertas mengalami perubahan warna, dan banyak terdapat bercak-bercak cokelat dan hitam pada kertas. Kapang dari Manuskrip Primbon I yang berhasil diisolasi berjumlah 5 isolat. Kapang dari Manuskrip Serat Rama en R Indrapoetra yang berhasil diisolasi berjumlah 4 isolat. Manuskrip Primbon II dan Kitab Djatiswara menghasilkan 2 isolat kapang. Hal tersebut menunjukkan adanya korelasi antara kondisi manuskrip kuno dengan jumlah koloni yang dihasilkan dari setiap manuskrip.

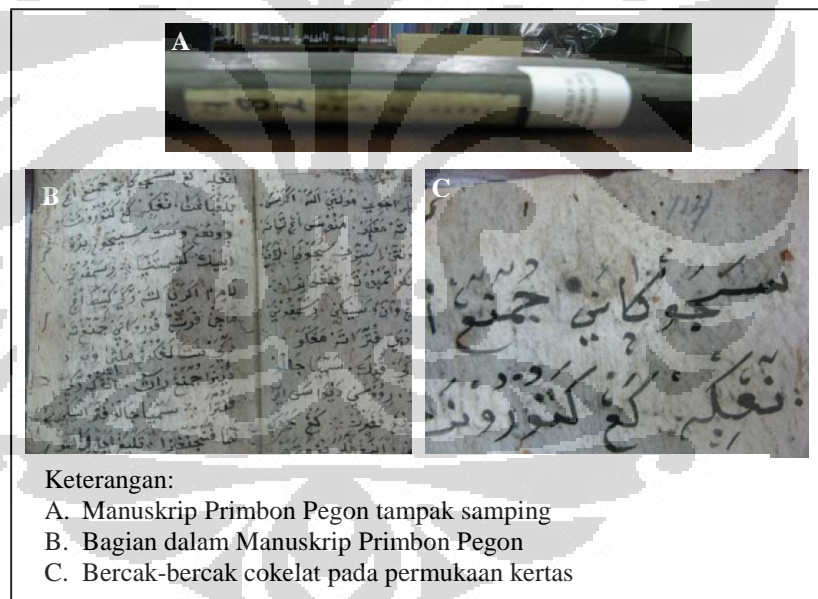
Isolasi kapang dari manuskrip daluang dengan metode *direct plating* memiliki kelemahan, yaitu terdapat spora-spora dari berbagai jenis kapang yang menempel pada permukaan medium dalam jarak yang sangat berdekatan. Spora-spora dari *cotton bud* dengan laju pertumbuhan cepat akan mendominasi medium dan menekan pertumbuhan kapang lain dengan laju pertumbuhan lambat, sehingga hanya sedikit kapang yang tumbuh pada medium. Oleh karena itu, untuk memperoleh isolat yang lebih banyak, *cotton bud* hasil pengambilan sampel sebaiknya dimasukkan ke dalam akuades steril, kemudian dihomogenkan dengan *vortex* agar spora-spora kapang yang menempel pada kapas terlepas dan tersuspensikan dalam akuades. Suspensi spora kemudian disebar pada medium isolasi dalam cawan petri. Michaelsen dkk. (2009: 164) melaporkan bahwa hasil isolasi dengan menggunakan suspensi spora menghasilkan 11 isolat kapang, sedangkan hasil isolasi dengan metode *direct plating* menghasilkan 7 isolat kapang.



Gambar 4.1.(1). Hasil isolasi kapang FIB.PRI.6.2 dari Manuskrip Primbon I yang ditanam dalam medium PCA setelah inkubasi selama 7 hari pada suhu 27° C [Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Secara garis besar, kelima manuskrip kuno berbahan daluang asal Perpustakaan FIB UI masih tergolong cukup baik. Tulisan pada manuskrip kuno tersebut masih dapat terbaca, tidak ada jilidan yang lepas, tidak ada halaman yang sobek, dan setiap manuskrip kuno memiliki sampul yang telah diganti dengan sampul bebas asam. Kondisi manuskrip kuno berbahan daluang koleksi Perpustakaan FIB UI dapat dilihat pada Gambar 4.1.(2), 4.1.(3), dan 4.1.(4).

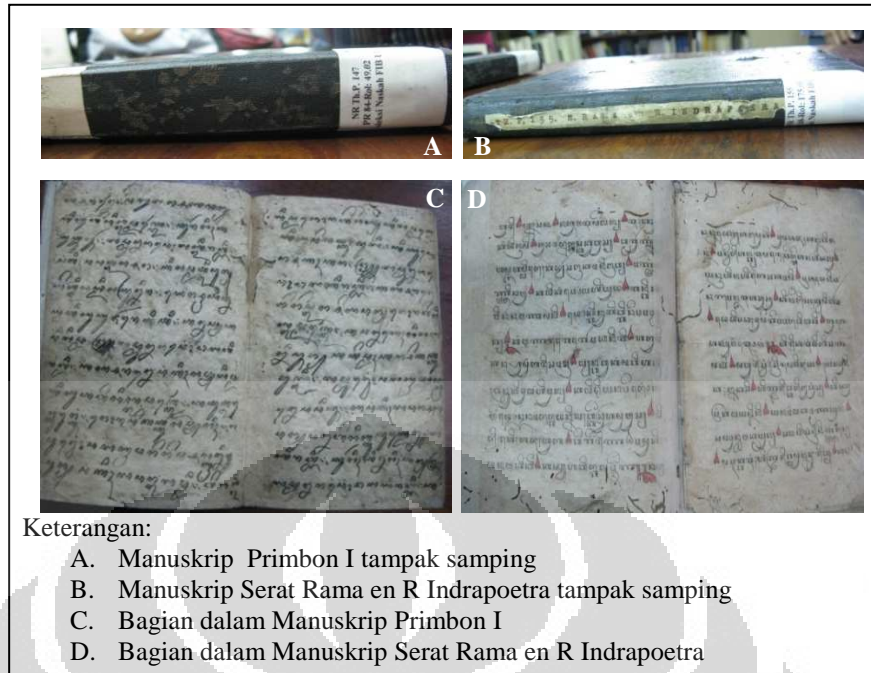
Kondisi manuskrip kuno yang tergolong cukup baik tersebut disebabkan adanya pemeliharaan atau preservasi yang baik, seperti manuskrip disimpan di dalam ruangan bersuhu 16--18° C dengan kelembaban sebesar 53%. Manuskrip-manuskrip tersebut juga tersusun rapi dalam rak tertutup yang terbuat dari kayu jati dan diberi serpihan kayu cendana sebagai anti serangga. Hal tersebut sesuai dengan anjuran dari UNESCO (2006: 4, 16) bahwa ruangan tempat penyimpanan koleksi manuskrip kuno sebaiknya bersuhu 16--20° C dengan kelembaban relatif 50--60%. Sampul-sampul manuskrip kuno yang rapuh sebaiknya diganti dengan sampul bebas asam untuk menghindari serangan jamur. Menurut Merritt dan Brewer (2007: 2), kelembaban relatif antara 50--60% dapat mengurangi kemungkinan perkecambahan spora. Suhu antara 16--20° C dapat menekan pertumbuhan fungi.



Keterangan:

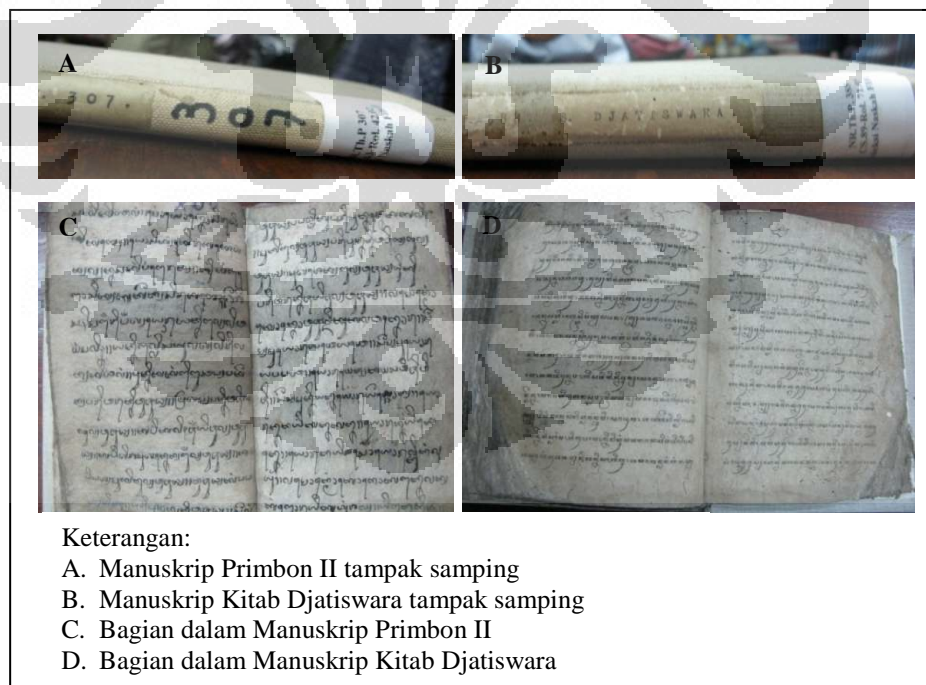
- A. Manuskrip Primbon Pegon tampak samping
- B. Bagian dalam Manuskrip Primbon Pegon
- C. Bercak-bercak coklat pada permukaan kertas

Gambar 4.1.(2). Kondisi Manuskrip Primbon Pegon
[Sumber: Dokumentasi pribadi.]



Gambar 4.1.(3). Kondisi Manuskrip Primbon I dan Serat Rama en R Indrapoetra

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]



Gambar 4.1.(4). Kondisi Manuskrip (A) Primbon II dan (B) Kitab Djatiswara

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Tabel 4.1 Hasil isolasi kapang dari manuskrip daluang asal Perpustakaan FIB UI pada medium PCA

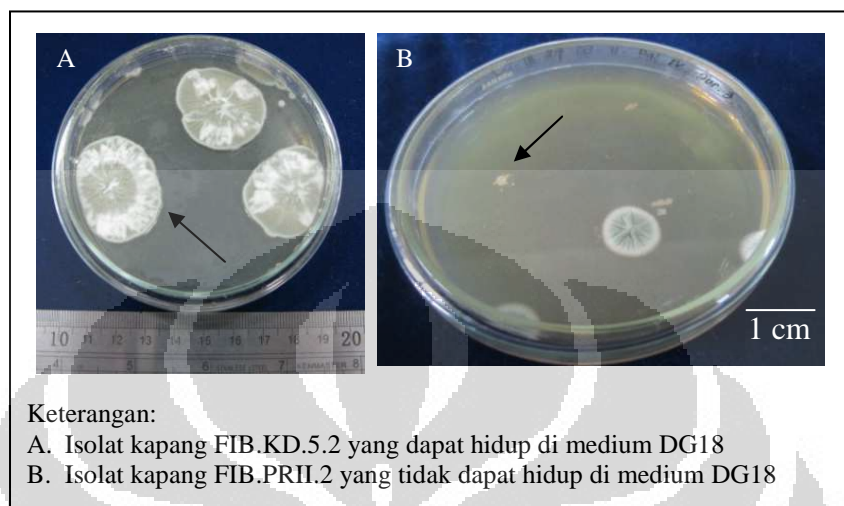
Nama Manuskrip	Kondisi Naskah	Bagian Manuskrip	Jumlah Koloni yang tumbuh	Jumlah Total Koloni	Kode Isolat
Serat Ramen R Indrapoetra	<ul style="list-style-type: none"> •Terdapat banyak lubang dan tanda bekas terkena air pada permukaan kertas •kertas mengalami perubahan warna •terdapat bercak-bercak cokelat dan hitam pada permukaan kertas 	1.Sampul atas	-		-
		2.Ketebalan atas	2		FIB.SR.2.1 FIB.SR.2.2
		3.Ketebalan bawah	-		-
		4.Ketebalan sampung	1	4	FIB.SR.4
		5.Punggung buku	-		-
		6.Bagian dalam	1		FIB.SR.6
Primbon I	<ul style="list-style-type: none"> •Terdapat banyak lubang dan tanda bekas terkena air pada permukaan kertas •terdapat bercak-bercak cokelat dan hitam pada permukaan kertas 	1.Sampul atas	-		-
		2.Ketebalan atas	3		FIB.PRI.2.1 FIB.PRI.2.2 FIB.PRI.2.3
		3.Ketebalan bawah	-		-
		4.Ketebalan sampung	-		-
		5.Punggung buku	-	5	-
		6.Bagian dalam	2		FIB.PRI.6.1 FIB.PRI.6.2
Primbon Pegon	<ul style="list-style-type: none"> •Terdapat banyak lubang •kertas mengalami perubahan warna •terdapat banyak bercak-bercak cokelat dan hitam pada permukaan kertas 	1.Sampul atas	1		FIB.PP.1
		2.Ketebalan atas	2		FIB.PP.2.1 FIB.PP.2.2
		3.Ketebalan bawah	-	6	-
		4.Ketebalan sampung	1		FIB.PP.4
		5.Punggung buku	-		-
		6.Bagian dalam	2		FIB.PP.6.1 FIB.PP.6.2
Primbon II	<ul style="list-style-type: none"> •kertas mengalami perubahan warna •terdapat sedikit bercak-bercak cokelat dan hitam 	1.Sampul atas	-		-
		2.Ketebalan atas	1	2	FIB.PRII.2
		3.Ketebalan bawah	1		FIB.PRII.3

	pada permukaan kertas	4.Ketebalan samping	-	-
		5.Punggung buku	-	-
		6.Bagian dalam	-	-
Kitab Djatiswara	•kertas mengalami perubahan warna	1.Sampul atas	-	-
	•terdapat sedikit bercak-bercak cokelat dan hitam pada permukaan kertas	2.Ketebalan atas	-	-
		3.Ketebalan bawah	-	2
		4.Ketebalan Samping	-	-
		5.Punggung buku	2	FIB.KD.5.1 FIB.KD.5.2
		6.Bagian dalam	-	-
Total			19 koloni	19 isolat

Hasil isolasi menunjukkan bahwa jumlah isolat kapang yang diperoleh paling banyak berasal dari bagian ketebalan atas manuskrip kuno. Manuskrip-manuskrip kuno di Perpustakaan FIB UI disusun bertumpuk secara vertikal di dalam lemari kayu, sehingga bagian ketebalan atas merupakan bagian manuskrip yang terpapar langsung dengan udara. Menurut Yang dan Heinsohn (2007: 36), spora-spora kapang yang berada di udara kemudian jatuh mengendap karena gravitasi. Selanjutnya spora akan menempel pada permukaan suatu benda.

Sebanyak 19 isolat hasil isolasi kapang dari medium PCA ditanam kembali pada medium DG18. Hasil pengamatan pada hari ketujuh menunjukkan bahwa dari 19 isolat hanya 15 isolat yang mampu tumbuh di medium DG18. Kapang FIB.PRI.2.1 dan FIB.PRI.2.3 (dari Manuskrip Primbon I), kapang FIB.PP.6.2 (dari Manuskrip Primbon Pegon), dan kapang FIB.PR.II.2 (dari Manuskrip Primbon II) merupakan isolat kapang yang bersifat non xerofilik karena tidak mampu tumbuh pada medium DG18. Menurut Madigan dkk. (2012: 142), xerofilik merupakan mikroorganisme yang mampu tumbuh pada lingkungan yang sangat kering atau memiliki nilai kadar air atau *water activity* (a_w) yang rendah. Menurut Hocking dan Pitt (1980: 488--492), medium DG18 merupakan medium yang cocok untuk menumbuhkan kapang xerofilik karena medium tersebut memiliki a_w sebesar 0,955. Komposisi medium DG18 terdiri atas pepton,

glukosa, K_2HPO_4 , $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, dikloran, dan agar. Gliserol 18% (v/v) berfungsi sebagai penurun a_w , sedangkan dikloran berfungsi memperlambat pertumbuhan kapang yang non-xerofilik.



Gambar 4.1.(5). Hasil pengamatan isolasi kapang hari ke-7 yang ditumbuhkan dalam medium DG18 pada suhu $27^{\circ}C$

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

4.2 Enumerasi Kapang

Enumerasi dilakukan menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) untuk mengetahui jumlah spora kapang yang digunakan dalam pengujian kapang selulolitik. Jumlah *Colony Forming Unit* per ml (CFU/ml) yang diperoleh memberikan informasi jumlah spora kapang yang hidup, sehingga dapat mewakili jumlah sel yang digunakan sebagai inokulum dalam pengujian isolat kapang selulolitik. Jumlah spora kapang yang digunakan dalam penapisan berkisar $(1.27-9) \times 10^7$ CFU/ml (Lampiran 4). Jumlah spora kapang tersebut kemudian diseragamkan menjadi 10^7 CFU/ml, untuk menghindari adanya perbedaan hasil yang terlalu signifikan. Kader dan Omar (1998: 2) telah melakukan pengujian kemampuan selulase menggunakan metode *paper assay* terhadap 16 isolat kapang dari taman Sayap-Kinabalu, Sabah dengan inokulum sel kapang sebesar 10^7 CFU/ml.

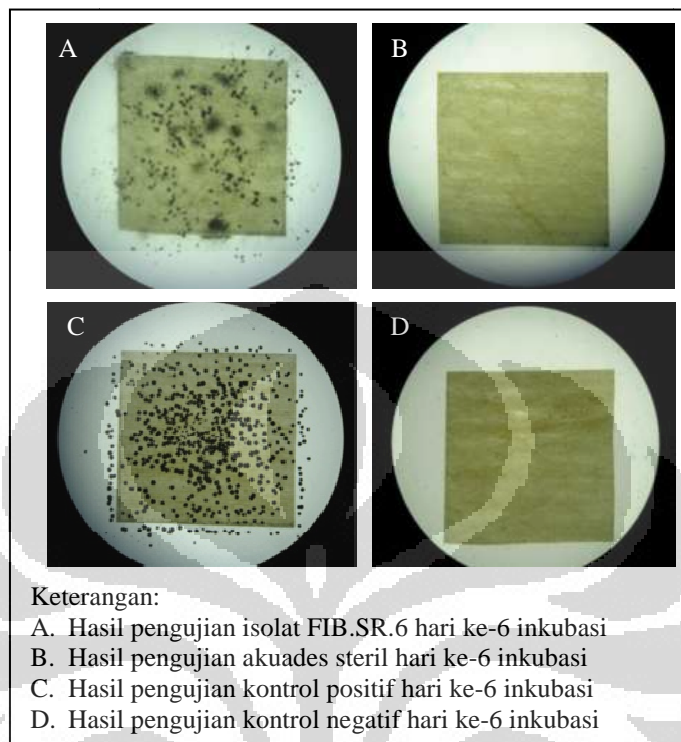
Enumerasi kapang dilakukan pada medium PCA dengan penambahan *rose bengal* dan gliserol 18%. Medium PCA digunakan untuk enumerasi mikroorganisme, *rose bengal* untuk memperlambat pertumbuhan kapang non xerofilik, dan gliserol 18% berfungsi sebagai penurun a_w . King dkk. (1979: 959--964) menggunakan medium yang mengandung *rose bengal* untuk mengisolasi dan enumerasi kapang dari makanan. Hocking dan Pitt (1980: 488--492) menggunakan medium yang mengandung gliserol untuk enumerasi kapang yang diisolasi dari makanan kering dan semi kering.

4.3 Pengujian Isolat-isolat Kapang Pada Substrat Kertas Daluang

Pengujian isolat-isolat kapang pada substrat kertas daluang dilakukan pada 15 isolat kapang yang telah bersporulasi. Pengujian isolat kapang pada substrat kertas daluang termasuk ke dalam metode kualitatif, yaitu melihat ada atau tidaknya pertumbuhan hifa pada permukaan kertas daluang. Pengujian isolat kapang pada potongan kertas daluang steril digunakan untuk mengetahui isolat-isolat kapang yang mampu menggunakan kertas daluang sebagai substrat.

Hasil pengujian 15 isolat kapang pada kertas daluang menunjukkan bahwa ke-15 isolat tersebut mampu tumbuh pada kertas daluang (Tabel 4.3). Hal tersebut dibuktikan dengan adanya pertumbuhan hifa kapang pada permukaan kertas daluang setelah diinkubasi selama 6 hari pada suhu 27° C. Pertumbuhan kapang pada potongan kertas daluang ditunjukkan dengan adanya hifa dan spora pada permukaan kertas (Gambar 4.3). Potongan kertas daluang yang ditetaskan akuades steril sebagai kontrol medium tidak menunjukkan adanya pertumbuhan kapang. Potongan kertas daluang yang ditetaskan suspensi sel *Aspergillus niger* UICC 371 sebagai kontrol positif menunjukkan adanya pertumbuhan kapang. Potongan kertas daluang yang ditetaskan suspensi sel *Rhizopus oryzae* UICC 24B sebagai kontrol negatif tidak menunjukkan adanya pertumbuhan kapang. Oberkotter dan Rosenberg (1978: 205--209) melakukan pengujian pada bakteri *Cellvibrio vulgaris* untuk mengetahui enzim endoglukanase menggunakan kertas saring *Whatman* no.1 di atas medium yang mengandung *phosphate buffer* (pH 7.0) 0.067 M, 1 mM $MgSO_4 \cdot 7H_2O$. *Cellvibrio vulgaris* dapat tumbuh pada kertas

saring Whatman no.1 karena memanfaatkan kertas saring sebagai satu-satunya sumber karbon untuk pertumbuhannya.



Gambar 4.3 Hasil pengujian isolat FIB.SR.6 pada kertas daluang setelah inkubasi selama 6 hari pada suhu 27° C dalam medium CDA basal

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Isolat kapang yang tumbuh pada potongan kertas daluang mengindikasikan bahwa kapang tersebut memiliki kemampuan selulolitik dengan mendegradasi selulosa dalam kertas daluang untuk memperoleh glukosa dan senyawa yang lebih sederhana. Pengujian isolat kapang dengan kertas daluang menggunakan medium basal CDA tanpa sumber karbon, sehingga kertas daluang menjadi satu-satunya sumber karbon bagi kapang. Kapang mensekresikan enzim ekstraseluler yang dapat menguraikan kertas sehingga kapang dapat tumbuh di permukaan kertas daluang. Isolat kapang yang tumbuh pada kertas daluang mengindikasikan kapang juga dapat tumbuh pada manuskrip kuno berbahan daluang. Permadi (2010: 6) melaporkan bahwa kertas daluang terbuat dari kulit batang pohon saeh. Kavanagh (2005: 23) melaporkan bahwa dinding sel tumbuhan mengandung selulosa. Menurut Arroyo (2009: 41), fungi yang tumbuh pada bahan yang

mengandung selulosa mensekresikan selulase yang menguraikan selulosa menjadi senyawa yang lebih sederhana untuk diserap oleh fungi.

Tabel 4.3 Hasil pengujian isolat kapang pada kertas daluang dalam medium CDA basal pada suhu 27° C setelah inkubasi 6 hari.

Nama Manuskrip	Isolat / Kontrol	Tumbuh hifa	Sporulasi	Pertumbuhan hifa		
				Ulangan I	Ulangan II	Ulangan III
Serat Rama en R	FIB.SR.2.1	Hari ke-4	Hari ke-6	+	+	+
	FIB.SR.2.2	Hari ke-3	Hari ke-6	+	+	+
Indrapoetra	FIB.SR.4	Hari ke-4	Hari ke-6	+	+	+
	FIB.SR.6	Hari ke-3	Hari ke-6	+	+	+
Primbon I	FIB.PRI.2.2	Hari ke-3	Hari ke-5	+	+	+
	FIB.PRI.6.1	Hari ke-3	Hari ke-5	+	+	+
	FIB.PRI.6.2	Hari ke-2	Hari ke-4	+	+	+
Primbon Pegon	FIB.PP.1	Hari ke-3	Hari ke-5	+	+	+
	FIB.PP.2.1	Hari ke-3	Hari ke-5	+	+	+
	FIB.PP.2.2	Hari ke-3	Hari ke-5	+	+	+
	FIB.PP.4	Hari ke-3	Hari ke-6	+	+	+
	FIB.PP.6.1	Hari ke-3	Hari ke-6	+	+	+
Primbon II	FIB.PRII.3	Hari ke-4	-	+	+	+
Kitab	FIB.KD.5.1	Hari ke-3	Hari ke-5	+	+	+
Djatiswara	FIB.KD.5.2	Hari ke-3	Hari ke-5	+	+	+
	Akuades steril (kontrol medium)	-	-	-	-	-
	<i>Aspergillus niger</i> UICC 371 (kontrol positif)	Hari ke-3	Hari ke-5	+	+	+
	<i>Rhizopus oryzae</i> UICC 24B (kontrol negatif)	-	-	-	-	-

Keterangan:

(+) = terdapat pertumbuhan hifa pada kertas daluang

(-) = tidak terdapat pertumbuhan hifa pada kertas daluang

4.4 Pengujian Isolat-Isolat Kapang Menggunakan Medium CDA dengan Penambahan *Carboxymethyl Cellulose* (CMC)

Pengujian isolat-isolat kapang dengan metode sumur dilakukan untuk mengetahui isolat-isolat kapang yang memiliki kemampuan selulolitik. Kemampuan selulolitik kapang ditentukan dengan melihat zona bening yang terbentuk di sekitar koloni kapang. Prinsip kerja dari metode sumur adalah kapang menggunakan substrat selulosa yang berada di sekeliling sumur kemudian mensekresikan enzim selulase untuk mendegradasi selulosa dan berdifusi ke medium di luar sumur. Onori dkk. (2005: 27) berhasil melakukan penapisan 13 kapang *Aspergillus* yang diisolasi dari tanah dan jelaga di Iran menggunakan metode sumur untuk mengetahui kapang yang memiliki aktivitas endoglukanase tertinggi.

Hasil pengujian dengan metode sumur (Tabel 4.4) menunjukkan adanya pertumbuhan pada 15 isolat kapang uji, namun hanya 14 isolat kapang uji yang menghasilkan zona bening setelah diinkubasi selama 6 hari pada suhu 27° C. Zona bening yang terbentuk di sekitar koloni kapang dapat dilihat pada Gambar 4.4. Semakin luas diameter zona bening yang terbentuk menandakan semakin banyak substrat CMC yang telah terdegradasi. Zona bening yang terbentuk mengindikasikan bahwa isolat kapang mampu mendegradasi substrat CMC dengan mengeluarkan enzim ekstraseluler. Diketahui bahwa CMC dapat didegradasi oleh enzim endoglukanase. Kapang-kapang yang dapat menghidrolisis CMC diduga menghasilkan enzim endoglukanase dan hasil degradasi tersebut digunakan untuk pertumbuhan kapang. Lynd dkk. (2002: 511) menyatakan bahwa CMC merupakan substrat yang umum digunakan untuk mengetahui aktivitas CMC-ase atau endoglukanase.

Zona bening yang terbentuk bervariasi dalam tingkat beningnya, mulai dari yang tidak terlihat jelas hingga yang terlihat sangat jelas. Hal tersebut menunjukkan bahwa setiap kapang uji memiliki kemampuan yang berbeda-beda dalam menguraikan substrat CMC. Isolat FIB.PP.4, FIB.PP.2.2, FIB.SR.4, FIB.SR.2.2, dan FIB.PRI.6.2 menghasilkan zona bening yang terlihat sangat jelas dibandingkan dengan isolat lainnya. Zona bening yang terlihat sangat jelas

mengindikasikan bahwa CMC terdegradasi secara sempurna menjadi monomer-monomer glukosa dan ikatan β -1,4-glikosida sudah terputus, sehingga tidak dapat berikatan lagi dengan *Congo red* dan tidak mewarnai medium. Zona bening yang tidak terlihat jelas mengindikasikan bahwa CMC terdegradasi menjadi fragmen-fragmen yang lebih pendek dan masih memiliki ikatan β -1,4-glukosida, sehingga masih dapat berikatan dengan *Congo red* dan mewarnai medium. Menurut Teather dan Wood (1982: 777), *Congo red* dapat berikatan secara kuat dengan polisakarida yang memiliki ikatan β -1,4-glikosida dan menyebabkan warna merah pada medium. Menurut Yuan dkk. (2011: 324), selulase yang disekresikan kapang memutus ikatan β -1,4-glikosida dari selulosa dalam medium dan menyebabkan *Congo red* tidak dapat berikatan lagi dengan selulosa, akibatnya *Congo red* tidak mewarnai medium dan terlihat sebagai zona bening di sekitar koloni. Menurut Yoon dkk. (2007: 22--23), terbentuknya zona bening berkaitan pula dengan menurunnya pH medium akibat asam organik yang dikeluarkan fungi pada bagian medium yang telah terdegradasi dan menyebabkan *Congo red* sebagai indikator pH berubah warna dari merah menjadi oranye.

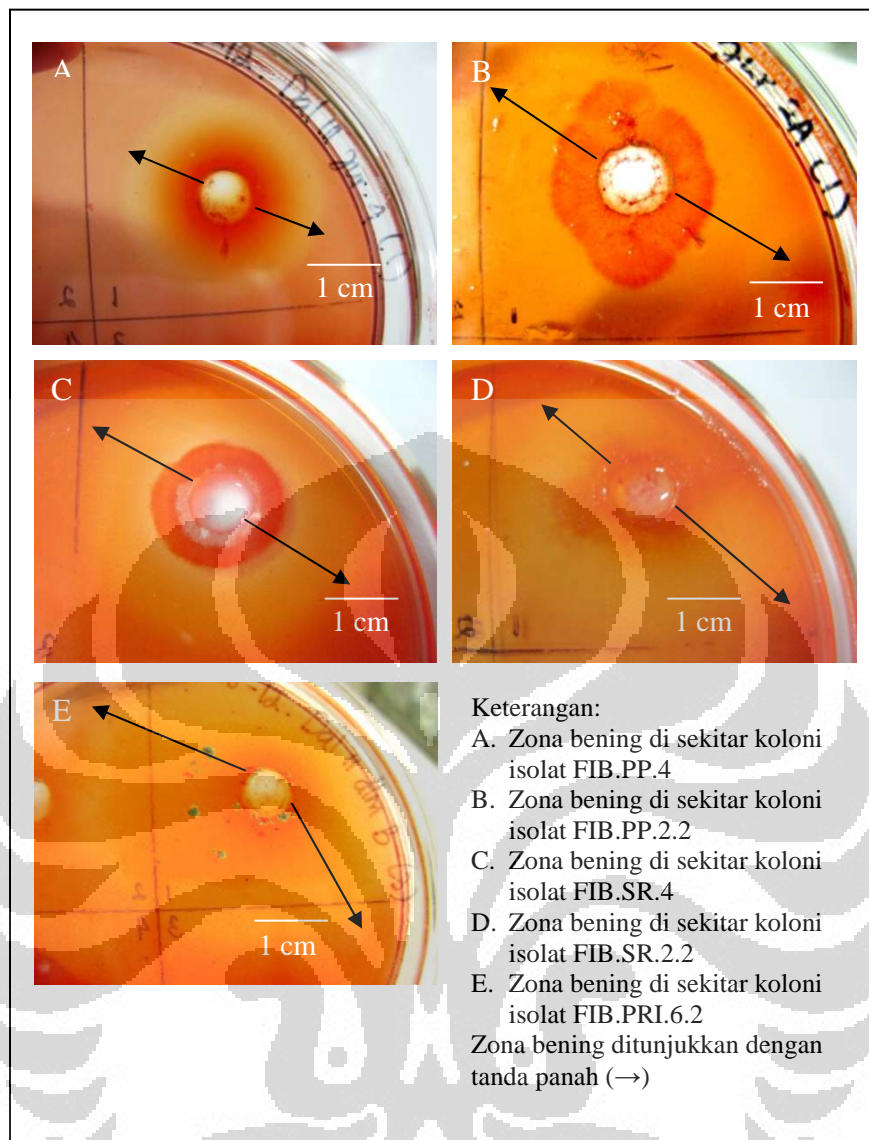
Nilai zona bening yang terukur kemudian dikonversi menjadi nilai Indeks Aktivitas Selulase (IAS). Nilai IAS terbesar diperoleh dari isolat FIB.PRI.6.2. Nilai IAS isolat kapang terkecil adalah FIB.PRI.6. Hal tersebut mengindikasikan bahwa kapang FIB.PRI.6.2 mendegradasi substrat CMC lebih banyak dibanding isolat lainnya.

Tabel 4.4 Hasil pengujian isolat kapang dalam medium CDA basal dengan penambahan CMC setelah inkubasi selama 6 hari pada suhu 27° C

Nama Manuskrip	Kode Isolat	Pengulangan	Diameter rata-rata (mm)		I.A.S	I.A.S rata-rata \pm Standar Deviasi
			Koloni	Zona bening		
Serat Rama en R Indrapoetra	FIB.SR.2.1	I	0	0	0	0
		II	0	0	0	
		III	0	0	0	
FIB.SR.2.2	FIB.SR.2.2	I	9	22,46	1,50	2,66 \pm 1,17
		II	9	43,55	3,84	
		III	9	32,91	2,66	
FIB.SR.4	FIB.SR.4	I	9	29,70	2,30	3,16 \pm 0,92

Universitas Indonesia

		II	9	36,57	3,06	
		III	9	46,11	4,12	
	FIB.SR.6	I	9	20,89	1,32	1,35 ±
		II	9	21,46	1,38	0,04
		III	0	0	0	
Primbon I	FIB.PRI.2.2	I	9	25,03	1,78	
		II	9	15,90	0,77	1,24 ±
		III	9	19,49	1,17	0,51
	FIB.PRI.6.1	I	9	16,83	0,87	
		II	0	0	0	1,20 ±
		III	9	22,67	1,52	0,46
FIB.PRI.6.2	I	9	38,55	3,28		
	II	9	36,82	3,09	3,60 ±	
	III	9	48,71	4,41	0,71	
FIB.PP.1	I	9	27,59	2,07		
	II	9	34,30	2,81	2,49 ±	
	III	9	32,39	2,60	0,38	
FIB.PP.2.1	I	9	31,52	2,50		
	II	9	0	0	2,76 ±	
	III	9	36,17	3,02	0,37	
Primbon Pegon	FIB.PP.2.2	I	9	24,99	1,78	
		II	9	28,74	2,19	2,07 ±
		III	9	29,05	2,23	0,25
FIB.PP.4	I	9	28,47	2,16		
	II	9	19,55	1,17	1,88 ±	
	III	9	29,81	2,31	0,62	
FIB.PP.6.1	I	9	33,53	2,73		
	II	9	36,27	3,03	2,70 ±	
	III	9	30,02	2,34	0,35	
Primbon II	FIB.PRIL.3	I	9	36,30	3,03	
		II	9	49,34	4,48	3,53 ±
		III	9	36,67	3,07	0,82
Kitab Djatiswara	FIB.KD.5.1	I	9	31,61	2,51	
		II	9	30,76	2,42	2,47 ±
		III	0	0	0	0,07
FIB.KD.5.2	I	0	0	0		
	II	9	37,91	3,21	3,05 ±	
	III	9	35,06	2,90	0,22	
Akuades	I	0	0	0		
	II	0	0	0	0	
	III	0	0	0		
<i>A. niger</i> UICC 371	I	9	25,78	1,86		
	II	9	25,42	1,82	2,05 ±	
	III	9	31,05	2,45	0,35	
<i>R. oryzae</i> UICC 24B	I	0	0	0		
	II	0	0	0	0	
	III	0	0	0		



Gambar 4.4 Perbedaan diameter zona bening dari lima isolat kapang berbeda dalam medium yang mengandung CMC setelah inkubasi selama 6 hari pada suhu 27° C

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

4.5 Identifikasi Kapang Secara Konvensional

Identifikasi terhadap 15 isolat kapang dari 5 manuskrip kuno berbahan daluang asal Perpustakaan FIB UI dilakukan secara konvensional, yaitu melalui pengamatan morfologi secara mikroskopik dan makroskopik. Pengamatan mikromorfologi dan makromorfologi 15 kapang dari manuskrip kuno berbahan daluang dilakukan pada isolat berumur 7 hari dalam medium CDA. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa 8 isolat merupakan genus *Penicillium*, 4 isolat

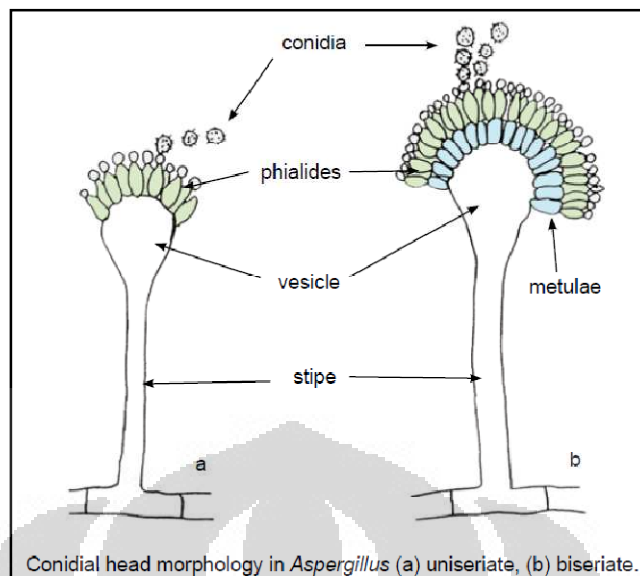
merupakan genus *Aspergillus*, 1 isolat merupakan genus *Fraseriella*, dan 2 isolat merupakan *mycelia sterilia*. Identifikasi kapang dari manuskrip kuno berbahan daluang secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.5. Shamsian dkk. (2008: 420--422) telah mengisolasi dan mengidentifikasi kapang dari 495 manuskrip dan buku kuno yang diambil secara acak di Perpustakaan Museum Astan Quds di Iran. *Aspergillus* spp. sebanyak 34 isolat (41%) dan *Penicillium* sebanyak 19 isolat (22,9%) merupakan kapang pengkontaminan utama pada manuskrip dan buku kuno di Perpustakaan Museum Astan Quds di Iran.

Tabel 4.5 Hasil identifikasi kapang dari manuskrip kuno berbahan daluang

Nama Manuskrip	Bagian Manuskrip	Genus yang Diisolasi
Serat Rama en R Indrapoetra	Ketebalan atas	<i>Penicillium</i> sp. FIB.SR.2.1 <i>Aspergillus</i> sp. FIB.SR.2.2
	Ketebalan samping	<i>Penicillium</i> sp. FIB.SR.4
	Bagian dalam	<i>mycelia sterilia</i> FIB.SR.6
Primbon I	Ketebalan atas	<i>Aspergillus</i> sp. FIB.PRI.2.2
	Bagian dalam	<i>Penicillium</i> sp. FIB.PRI.6.1 <i>Fraseriella</i> sp. FIB.PRI.6.2
	Sampul atas	<i>Penicillium</i> sp. FIB.PP.1
Primbon Pegon	Ketebalan atas	<i>Aspergillus</i> sp. FIB.PP.2.1 <i>Aspergillus</i> sp. FIB.PP.2.2
	Ketebalan samping	<i>Penicillium</i> sp. FIB.PP.4
	Bagian dalam	<i>Penicillium</i> sp. FIB.PP.6.1
Primbon II	Ketebalan bawah	<i>mycelia sterilia</i> FIB.PRII.3
Kitab Djatiswara	Punggung buku	<i>Penicillium</i> sp. FIB.KD.5.1 <i>Penicillium</i> sp. FIB.KD.5.2

4.5.1 *Aspergillus* sp. FIB.SR.2.2, *Aspergillus* sp. FIB.PRI.2.2, *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.1, dan *Aspergillus* sp. FIB. PP.2.2

Pengamatan dilakukan pada kapang FIB.SR.2.2, kapang FIB.PRI.2.2, kapang FIB.PP.2.1, dan kapang FIB.PP.2 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C. Pengamatan mikromorfologi pada keempat kapang dari manuskrip kuno berbahan daluang tersebut menunjukkan tidak ditemukan bentuk seksual sehingga disimpulkan bahwa kapang tersebut berada pada fase anamorf. Konidia dari kapang FIB.SR.2.2, kapang FIB.PRI.2.2, kapang FIB.PP.2.1, dan kapang FIB.PP.2 merupakan sel tunggal yang tidak bersepta. Konidia terlihat bertumpuk membentuk untaian seperti rantai. Konidia berasal dari bagian apikal konidiofor yang mengalami pembengkakan (vesikel). Kepala konidia terdiri dari vesikel, fialid dan metula. Deskripsi kapang FIB.SR.2.2, kapang FIB.PRI.2.2, kapang FIB.PP.2.1, dan kapang FIB.PP.2 sesuai dengan deskripsi kapang *Aspergillus* pada monograf *Introduction to Food and Airborne-Fungi* oleh Samson dkk. (2004: 107). Menurut Samson dkk. (2004: 107), *Aspergillus* memiliki ujung konidiofor yang membulat membentuk vesikel. Struktur yang terdiri dari vesikel, metula, fialid, dan konidia akan membentuk kepala konidia. Kepala konidia *Aspergillus* terbagi menjadi dua tipe, yaitu *uniseriate* dan *biseriate* (Gambar 4.5.1.(1)). Tipe kepala konidia *uniseriate* tersusun oleh vesikel yang dilapisi oleh susunan fialid yang menghasilkan konidia, sedangkan tipe kepala konidia *biseriate* tersusun oleh vesikel dilapisi oleh struktur metula kemudian pada metula dilapisi oleh struktur fialid yang menghasilkan konidia. Konidia terdiri dari satu sel, tidak bersepta memiliki dinding yang halus atau kasar, hialin atau berpigmen.

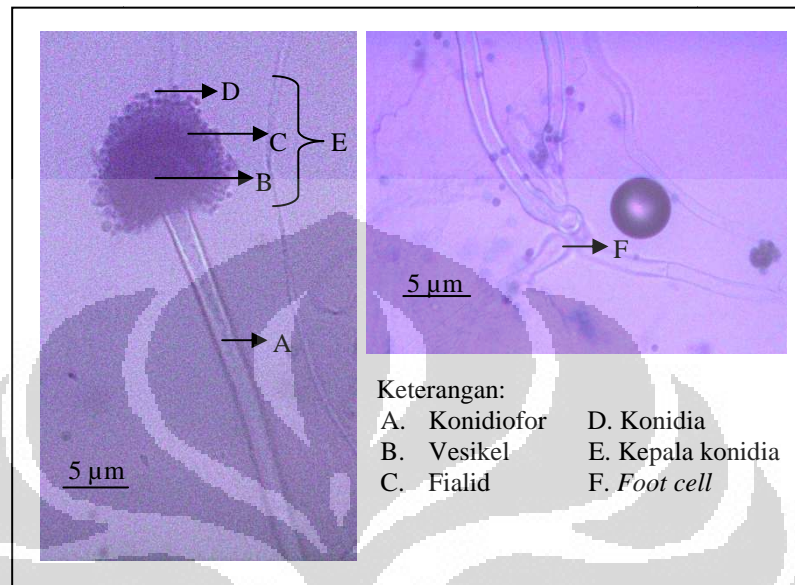


Gambar 4.5.1.(1) Tipe kepala konidia pada karakter mikromorfologi genus *Aspergillus* [Sumber: Ellis dkk. 2007: 8.]

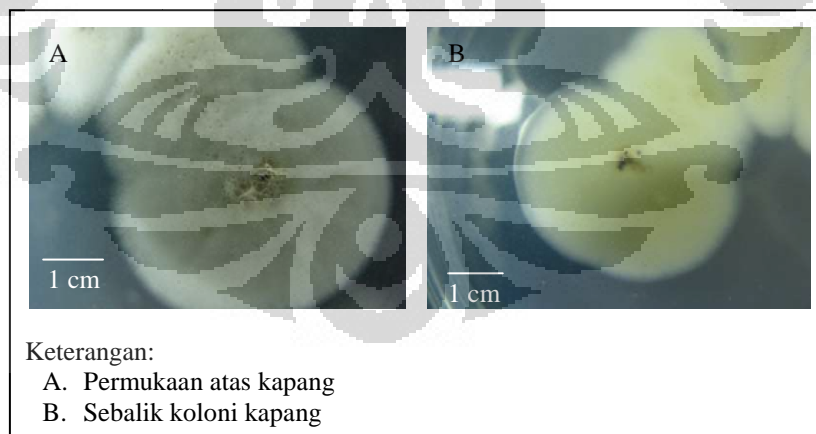
Pengamatan mikromorfologi dilakukan pada kapang FIB.SR.2.2 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C. Konidia berbentuk bulat dan bertekstur kasar. Diameter konidia *Aspergillus* sp. FIB.SR.2.2 berkisar 3,71--5,24 μm . Diameter kepala konidia *Aspergillus* sp. FIB.SR.2.2 berkisar 48,76--65,09 μm . Lebar hifa vegetatif *Aspergillus* sp. FIB.SR.2.2 berkisar 8,93--13,37 μm . Kepala konidia *Aspergillus* sp. FIB.SR.2.2 berbentuk *radiate* dan fialid tumbuh pada seluruh bagian vesikel (*full fertile*). Tipe kepala konidia *Aspergillus* sp. FIB.SR.2.2 adalah *uniseriate* karena memiliki fialid namun tidak memiliki metula. Fialid duduk langsung di atas vesikel.

Pengamatan karakter morfologi *Aspergillus* sp. FIB.SR.2.2 secara makroskopik menunjukkan *Aspergillus* sp. FIB.SR.2.2 memiliki diameter koloni rata-rata 4,67--24,32 mm dalam waktu 7 hari (Lampiran 4), memiliki warna koloni *white* 101 berdasarkan standar warna Faber Castell dengan tekstur permukaan *velvety*, terdapat *exudate drops*, *growing zone*, namun *radial furrow* dan zonasi tidak terlihat. Karakter sebalik koloni adalah berwarna *ivory* 103, terdapat *growing zone*, dan tidak ada *radial furrow* serta zonasi. Hasil pengamatan karakter morfologi *Aspergillus* sp. FIB.SR.2.2 secara mikroskopik dan makroskopik dapat dilihat pada Tabel 4.5.1. Hasil pengamatan karakter

morfologi *Aspergillus* sp. FIB.SR.2.2 secara mikroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.1.(2), dan hasil pengamatan morfologi secara makroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.1.(3).



Gambar 4.5.1.(2) Pengamatan karakter morfologi *Aspergillus* sp. FIB.SR.2.2 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C [Sumber: Dokumentasi pribadi.]

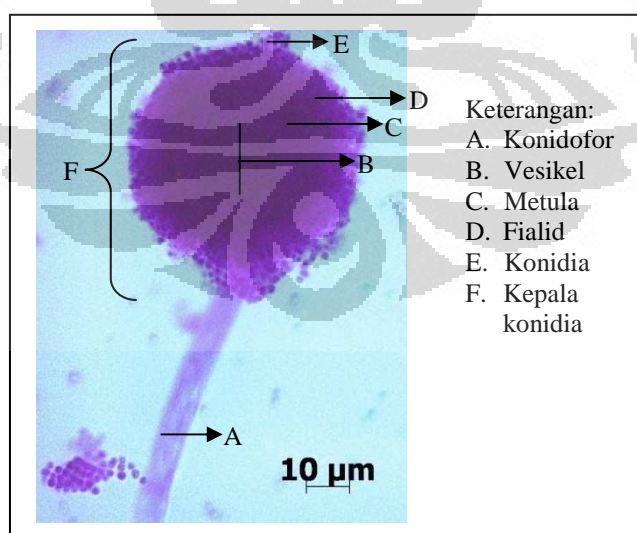


Gambar 4.5.1.(3) Pengamatan karakter morfologi *Aspergillus* sp. FIB.SR.2.2 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C [Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Pengamatan mikromorfologi dilakukan pada kapang FIB.PRI.2.2 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C. Konidia berbentuk bulat. Diameter

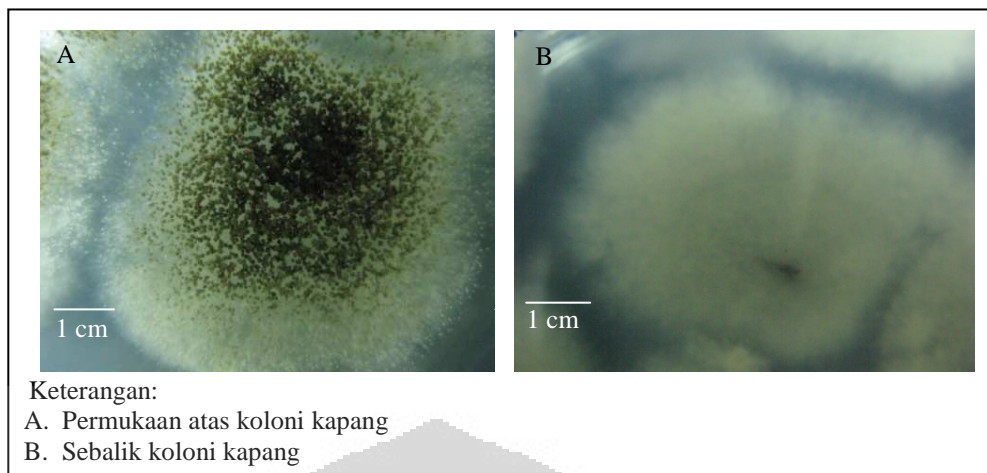
konidia *Aspergillus* sp. FIB.PRI.2.2 berkisar 1,64--3,17 μm . Diameter kepala konidia *Aspergillus* sp. FIB.PRI.2.2 berkisar 59,22--88,28 μm . Lebar hifa vegetatif *Aspergillus* FIB.PRI.2.2 berkisar 7,78--13,67 μm . Kepala konidia *Aspergillus* sp. FIB.SR.2.2 berbentuk *radiate* dan fialid tumbuh pada seluruh bagian vesikel (*full fertile*). *Aspergillus* sp. FIB.PRI.2.2 memiliki tipe kepala konidia *biseriate* karena fialid tersebut duduk langsung di atas metula, dan metula duduk langsung di atas vesikel.

Pengamatan karakter morfologi *Aspergillus* sp. FIB.PRI.2.2 secara makroskopik menunjukkan *Aspergillus* sp. FIB.PRI.2.2 memiliki diameter koloni rata-rata 9,21--35,52 mm dalam waktu 7 hari (Lampiran 4), memiliki warna koloni *sap green* 167 berdasarkan standar warna Faber Castell dengan tekstur permukaan *granular*, terdapat *growing zone*, namun zonasi, *radial furrow* dan *exudates drops* tidak terlihat. Karakter sebalik koloni adalah hialin, terdapat *growing zone*, namun tidak terdapat zonasi dan *radial furrow*. Hasil pengamatan karakter morfologi *Aspergillus* sp. FIB.PRI.2.2 secara mikroskopik dan makroskopik dapat dilihat pada Tabel 4.5.1. Hasil pengamatan karakter morfologi *Aspergillus* sp. FIB.PRI.2.2 secara mikroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.1.(4) dan hasil pengamatan morfologi secara makroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.1.(5).



Gambar 4.5.1.(4) Pengamatan karakter morfologi *Aspergillus* sp. FIB.PRI.2.2 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]



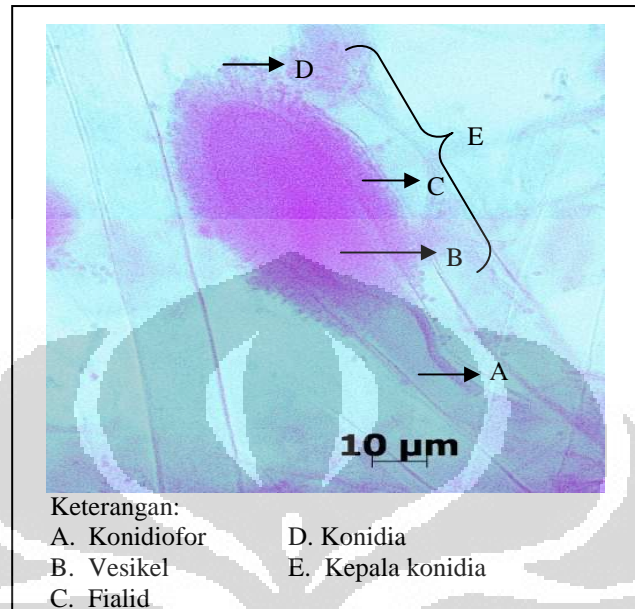
Gambar 4.5.1.(5) Pengamatan karakter morfologi *Aspergillus* sp. FIB.PRI.2.2 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Pengamatan mikromorfologi dilakukan pada kapang FIB.PP.2.1 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C. Konidia berbentuk bulat. Diameter konidia *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.1 berkisar 2,57--4,78 μm . Diameter kepala konidia *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.1 berkisar (87,18--92,87) x (33,46--45,93) μm . Lebar hifa vegetatif *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.1 berkisar 10,43--19,13 μm . Kepala konidia *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.1 berbentuk *radiate* dan fialid tumbuh pada sebagian vesikel (*3/4 fertile*). *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.1 memiliki tipe kepala konidia *uniseriate* karena memiliki fialid namun tidak memiliki metula. Fialid duduk langsung di atas vesikel. Vesikel berbentuk gada.

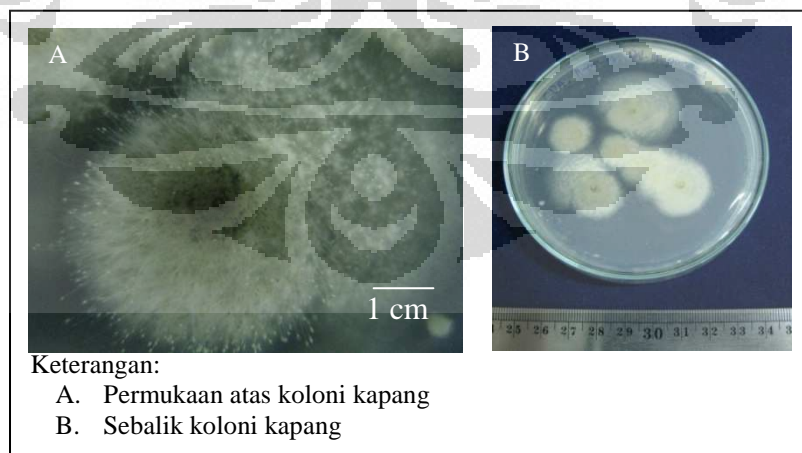
Pengamatan karakter morfologi *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.1 secara makroskopik menunjukkan *Aspergillus* sp. FIB.PRI.2.2 memiliki diameter koloni rata-rata 3,95--33,53 mm dalam waktu 7 hari (Lampiran 4), memiliki warna koloni *ivory* 103 berdasarkan standar warna Faber Castell dengan tekstur permukaan *granular*, terdapat *growing zone*, namun zonasi, *radial furrow* dan *exudates drops* tidak terlihat. Karakter sebalik koloni adalah *white* 101, terdapat *growing zone* dan *radial furrow*, namun tidak terdapat zonasi. Hasil pengamatan karakter morfologi *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.1 secara mikroskopik dan makroskopik dapat dilihat pada Tabel 4.5.1. Hasil pengamatan karakter morfologi *Aspergillus* sp. FIB.PRI.2.2 secara mikroskopik dapat dilihat pada Gambar

4.5.1.(6) dan hasil pengamatan morfologi secara makroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.1.(7).



Gambar 4.5.1.(6) Pengamatan karakter morfologi *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.1 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

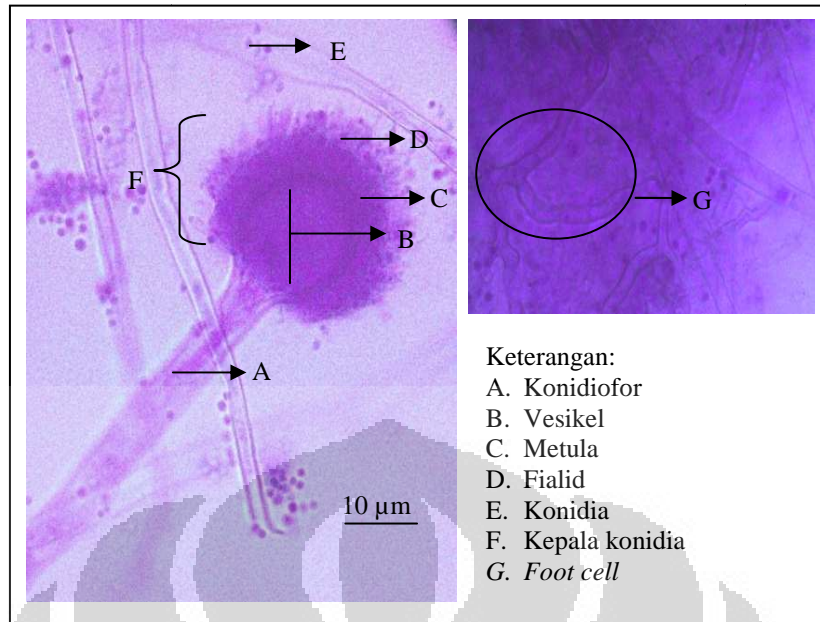


Gambar 4.5.1.(7) Pengamatan karakter morfologi *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.1 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

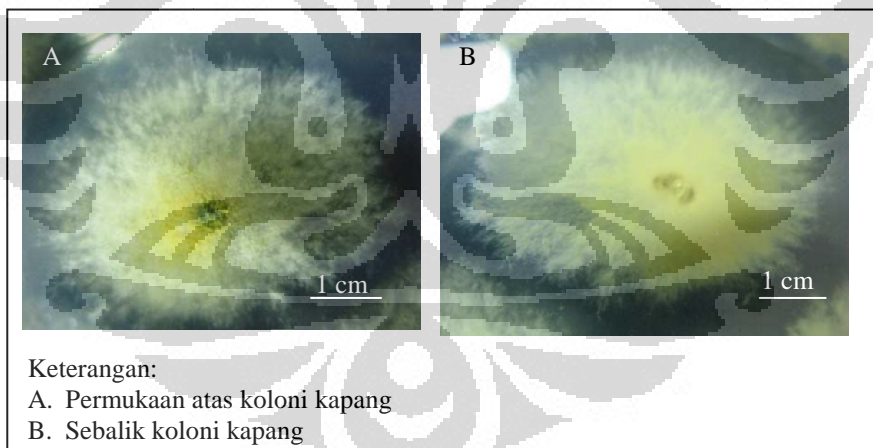
[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Pengamatan mikromorfologi dilakukan pada kapang FIB.PP.2.2 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C. Konidia berbentuk bulat. Diameter konidia *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.2 berkisar 1,31--1,74 µm. Diameter kepala konidia *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.2 berkisar 25,37--41,85 µm. Lebar hifa vegetatif *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.2 berkisar 3,75--6,48 µm. Kepala konidia *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.2 berbentuk *radiate* dan fialid tumbuh pada seluruh bagian vesikel (*full fertile*). *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.2 memiliki tipe kepala konidia *biseriate* karena fialid tersebut duduk langsung di atas metula, dan metula duduk langsung di atas vesikel.

Pengamatan karakter morfologi *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.2 secara makroskopik menunjukkan *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.2 memiliki diameter koloni rata-rata 6,34--35,35 mm dalam waktu 7 hari (Lampiran 4), memiliki warna koloni *zinc yellow* 104 berdasarkan standar warna Faber Castell dengan tekstur *granular*, terdapat *growing zone*, namun zonasi, *radial furrow* dan *exudates drops* tidak terlihat. Karakter sebalik koloni adalah hialin, terdapat *growing zone*, namun tidak terdapat zonasi dan *radial furrow*. Hasil pengamatan karakter morfologi *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.2 secara mikroskopik dan makroskopik dapat dilihat pada Tabel 4.5.1. Hasil pengamatan karakter morfologi *Aspergillus* sp. FIB.PRI.2.2 secara mikroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.1.(8) dan hasil pengamatan morfologi secara makroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.1.(9).



Gambar 4.5.1.(8) Pengamatan karakter morfologi *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.2 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C
 [Sumber: Dokumentasi pribadi.]



Gambar 4.5.1.(9) Pengamatan karakter morfologi *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.2 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C
 [Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Tabel 4.5.1 Hasil pengamatan morfologi *Aspergillus* sp. FIB.SR.2.2, *Aspergillus* sp. FIB.PRI.2.2, *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.1, dan *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.2 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

Pengamatan	Karakter	<i>Aspergillus</i> sp. FIB.SR.2.2	<i>Aspergillus</i> sp. FIB.PRI.2.2	<i>Aspergillus</i> sp. FIB.PP.2.1	<i>Aspergillus</i> sp. FIB.PP.2.2	
Mikro- morfologi	spora seksual	tidak ditemukan	tidak ditemukan	tidak ditemukan	tidak ditemukan	
	bentuk kepala konidia	<i>radiate</i>	<i>radiate</i>	<i>Radiate</i>	<i>radiate</i>	
	ukuran kepala konidia	48,76--65,09 μm	59,22--88,28 μm	(87,18--92,87) x (33,46--45,93) μm	25,37--41,85 μm	
	tipe kepala konidia	<i>uniseriate</i>	<i>biseriate</i>	<i>uniseriate</i>	<i>biseriate</i>	
	bentuk vesikel konidia	semi bulat	bulat	gada	bulat	
	bentuk konidia	bulat	bulat	bulat	bulat	
	Ukuran konidia	3,71--5,24 μm	1,64--3,17 μm	2,57--4,78 μm	1,31--1,74 μm	
	pigmentasi hifa	hialin	hialin	hialin	hialin	
	lebar hifa	8,93--13,37 μm	7,78--13,67 μm	10,43--19,13 μm	3,75--6,48 μm	
	Makro- morfologi	warna permukaan koloni	<i>white</i> 101	<i>sap green</i> 167	<i>ivory</i> 103	<i>zinc yellow</i> 104
		tekstur diameter koloni rata-rata	<i>velvety</i> 4,67--24,32 mm	<i>granular</i> 9,21--35,52 mm	<i>granular</i> 3,95--33,53 mm	<i>granular</i> 6,34--35,35 mm
		<i>exudate</i>	ada	tidak ada	tidak ada	tidak ada
		<i>drops</i>	ada	tidak ada	tidak ada	tidak ada
		zonasi <i>radial</i>	tidak ada	tidak ada	tidak ada	tidak ada
<i>furrow</i>		tidak ada	tidak ada	tidak ada	tidak ada	
<i>growing zone</i>		ada	ada	ada	ada	
warna sebalik koloni		<i>ivory</i> 103	hialin	hialin	hialin	

Hasil pengamatan terhadap karakter mikromorfologi dan mikromorfologi keempat isolat *Aspergillus* tersebut diperoleh bahwa *Aspergillus* sp. FIB.SR.2.2 termasuk ke dalam *Aspergillus flavus* group, *Aspergillus* sp. PRI.2.2 termasuk ke dalam *A. niger* group, *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.1 termasuk ke dalam *A. clavatus* group, dan *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.2 termasuk ke dalam *A. ochraceus* group sesuai dengan monograf *Introduction to Food and Airborne-Fungi* oleh Samson

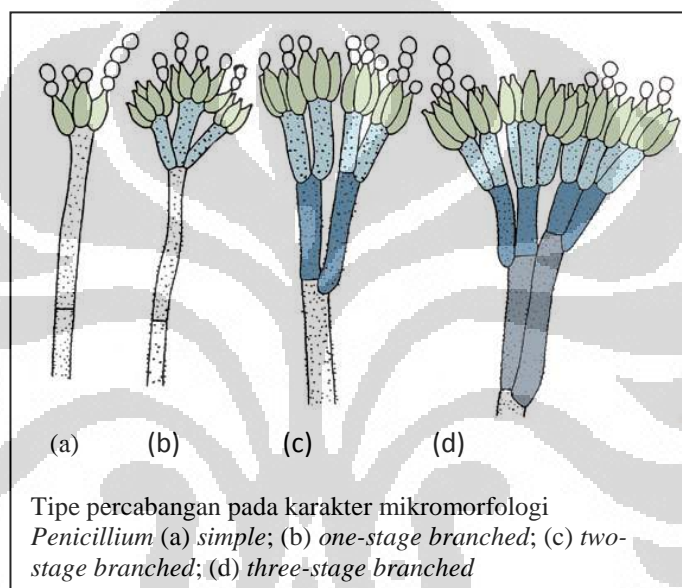
Universitas Indonesia

dkk. (2004: 72, 76, 70, & 78). *Aspergillus flavus group* dapat berupa *uniseriate* dan *biseriate* serta menghasilkan konidia yang umumnya berwarna hijau kekuningan hingga hijau kecokelatan dan berbentuk bulat hingga semibulat (Samson dkk. 2004: 72). *Aspergillus niger group* memiliki tipe kepala konidia *biseriate* yang berwarna kecokelatan atau hitam dan berbentuk *radiate* serta konidia berbentuk bulat yang memiliki ornamentasi berupa tonjolan dan duri-duri yang tidak beraturan (Samson dkk. 2004: 76). *Aspergillus clavatus group* memiliki vesikula berbentuk khas seperti gada (Samson dkk. 2004: 70). *Aspergillus ochraceus group* memiliki kepala konidia yang berwarna *olive* atau kekuningan dan berbentuk *radiate*, memiliki konidia berdinging halus atau kasar (Samson dkk. 2004: 78).

4.5.2 *Penicillium* sp. FIB.SR.2.1, *Penicillium* sp. FIB.SR.4, *Penicillium* sp. FIB.PRI.6.1, *Penicillium* sp. FIB.PP.1, *Penicillium* sp. FIB.PP.4, *Penicillium* sp. FIB.PP.6.1, *Penicillium* sp. FIB.KD.5.1, dan *Penicillium* sp. FIB.KD.5.2

Pengamatan dilakukan pada kapang FIB.SR.2.1, FIB.SR.4, FIB.PRI.6.1, FIB.PP.1, FIB.PP.4, FIB.PP.6.1, FIB.KD.5.1, dan FIB.KD.5.2 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C. Pengamatan mikromorfologi pada kedelapan kapang dari manuskrip kuno berbahan daluang tersebut menunjukkan tidak ditemukan bentuk seksual sehingga dapat disimpulkan bahwa kapang tersebut merupakan bentuk anamorf. Kedelapan kapang tersebut memiliki konidiofor berdinging halus, fialid, metula, dan konidia. Fialid berbentuk botol. Konidia dari kedelapan kapang tersebut bersel tunggal, berbentuk bulat, bertekstur halus, dan tidak berseptum. Deskripsi kapang FIB.SR.2.1, FIB.SR.4, FIB.PRI.6.1, FIB.PP.1, FIB.PP.4, FIB.PP.6.1, FIB.KD.5.1, dan FIB.KD.5.2 sesuai dengan deskripsi kapang *Penicillium* pada monograf *Introduction to Food and Airborne-Fungi* oleh Samson dkk. (2004: 107). Menurut Samson dkk. (2004: 107), *Penicillium* memiliki konidia yang tersusun seperti rantai dan dihasilkan oleh *conidiogenous cell* yang disebut fialid. Fialid dihasilkan oleh suatu struktur yang disebut metula. Metula pada *Penicillium* dapat bercabang atau tidak bercabang. Struktur antara metula dengan konidiofor disebut *branch*. Tipe-tipe percabangan

atau *branch* pada *Penicillium* (Gambar 4.5.2.(1)) terdiri dari: *simple branch (non-branched or monoverticillate)*, *one-stage branched (biverticillate-symmetrical)*, *two-stage branched (biverticillate-asymmetrical)* atau *three to more-staged branched*. Konidiofor berwarna hialin, berdinding halus atau kasar. Fialid umumnya berbentuk seperti botol dengan ujungnya agak menyempit serta tersusun rapat seperti kuas. Konidia tersusun seperti rantai yang memanjang, berbentuk bulat atau agak lonjong, berwarna hialin atau kehijauan, serta berdinding halus atau kasar.

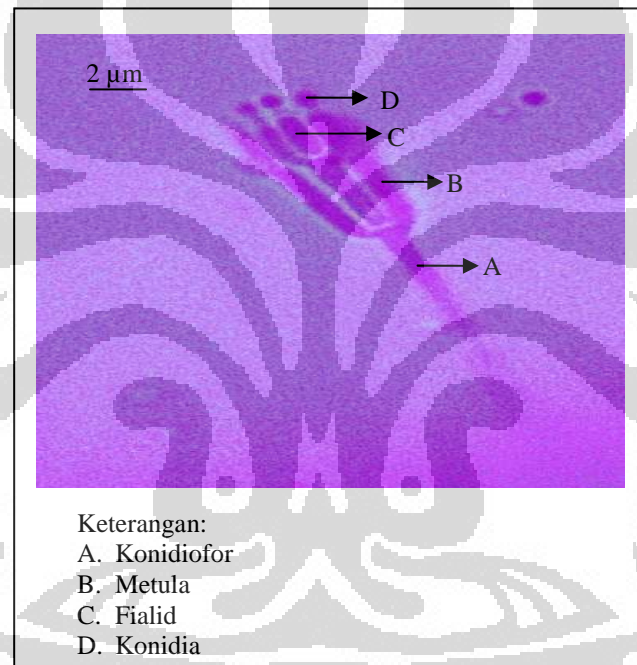


Gambar 4.5.2.(1). Tipe percabangan pada karakter mikromorfologi genus *Penicillium*
[Sumber: Ellis *dkk.* 2007: 108.]

Pengamatan dilakukan pada kapang FIB.SR.2.1 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C. Pengamatan karakter morfologi secara mikroskopik menunjukkan *Penicillium* sp. FIB.SR.2.1 memiliki konidiofor, metula dan fialid yang tidak membentuk percabangan. Konidia berbentuk bulat. Konidia duduk langsung pada fialid. Diameter konidia *Penicillium* sp. FIB.SR.2.1 berkisar 1,32--2,77 μm . Lebar hifa vegetatif *Penicillium* sp. FIB.SR.2.1 berkisar 2,09--3,98 μm . Tipe percabangan dari *Penicillium* sp. FIB.SR.2.1 adalah *monoverticillate*.

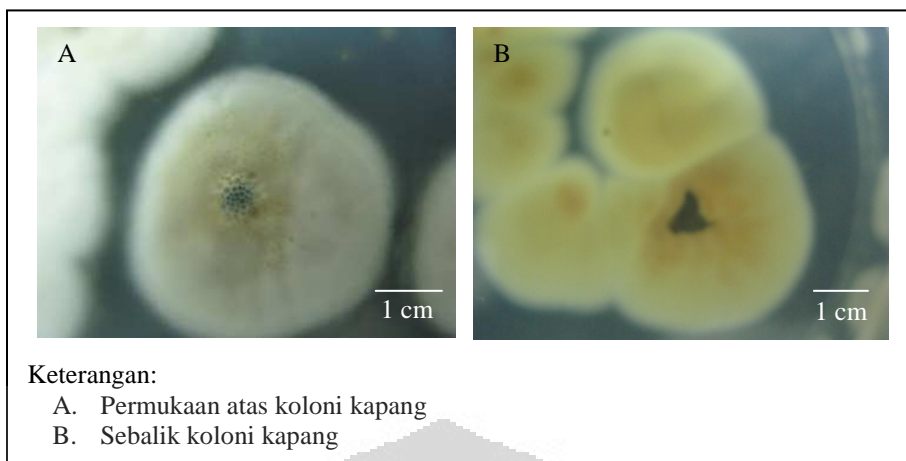
Pengamatan karakter morfologi secara makroskopik menunjukkan *Penicillium* sp. FIB.SR.2.1 memiliki diameter koloni rata-rata 6,13--23,02 mm

dalam waktu 7 hari (Lampiran 4), koloni berwarna *ivory* 103 berdasarkan standar warna Faber Castell, bertekstur *velvety*, memiliki *growing zone*, *radial furrow*, dan *exudate drops*, namun tidak memiliki zonasi. Karakter sebalik koloni adalah berwarna *cream* 102, adanya *radial furrow* dan *growing zone*, namun tidak memiliki zonasi. Hasil pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.SR.2.1 secara mikroskopik dan makroskopik dapat dilihat pada Tabel 4.5.2.(1). Hasil pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.SR.2.1 secara mikroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.2.(2), dan hasil pengamatan morfologi secara makroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.2.(3).



Gambar 4.5.2.(2) Pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.SR.2.1 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

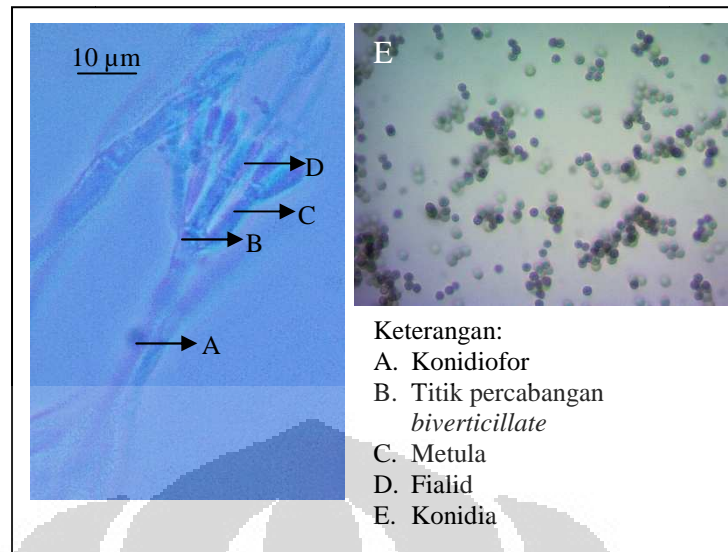


Gambar 4.5.2.(3) Pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.SR.2.1 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

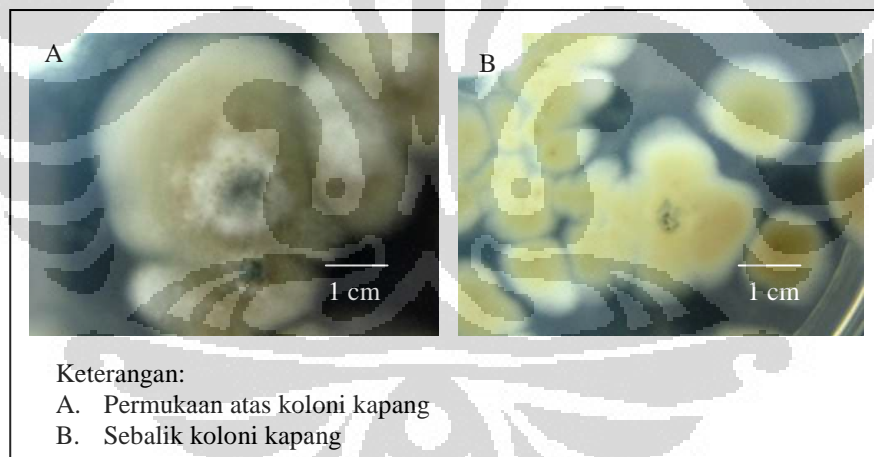
[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Pengamatan dilakukan pada kapang FIB.SR.4 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C. Pengamatan karakter morfologi secara mikroskopik menunjukkan *Penicillium* sp. FIB.SR.4 memiliki konidiofor, metula dan fialid yang membentuk percabangan. Konidia berbentuk bulat. Konidia duduk langsung pada fialid. Diameter konidia *Penicillium* sp. FIB.SR.4 berkisar 2,4--2,87 µm. Lebar hifa vegetatif *Penicillium* sp. FIB.SR.4 berkisar 2,33--3,57 µm. Tipe percabangan dari *Penicillium* sp. FIB.SR.4 adalah *biverticillate*.

Pengamatan karakter morfologi secara makroskopik menunjukkan *Penicillium* FIB.SR.4 memiliki diameter koloni rata-rata 7,23--19,64 mm dalam waktu 7 hari (Lampiran 4), berwarna *cream 102*, bertekstur *velvety*, memiliki *growing zone* dan *exudate drops*, namun tidak memiliki zonasi dan *radial furrow*. Karakter sebalik koloni adalah *cream 102*, adanya *growing zone*, namun tidak memiliki zonasi dan *radial furrow*. Hasil pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.SR.4 secara mikroskopik dan makroskopik dapat dilihat pada Tabel 4.5.2.(1). Hasil pengamatan karakter morfologi *Penicillium* secara mikroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.2.(4) dan hasil pengamatan morfologi secara makroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.2.(5).



Gambar 4.5.2.(4) Pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.SR.4 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C
 [Sumber: Dokumentasi pribadi.]



Gambar 4.5.2.(5) Pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.SR.4 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C
 [Sumber: Dokumentasi pribadi.]

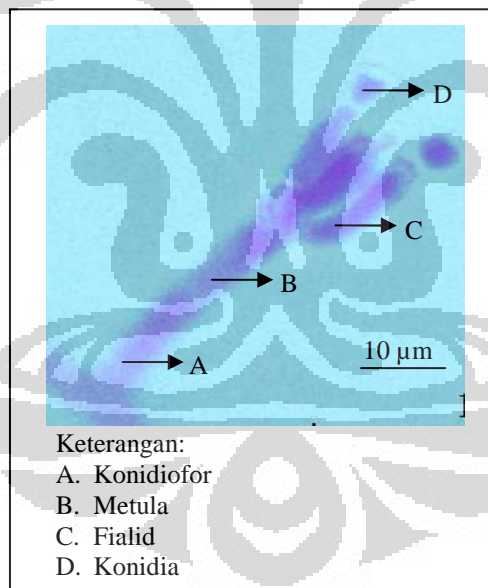
Pengamatan dilakukan pada kapang FIB.PRI.6.1 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C. Pengamatan karakter morfologi secara mikroskopik menunjukkan *Penicillium* sp. FIB.PRI.6.1 memiliki konidiofor, metula dan fialid yang tidak membentuk percabangan. Konidia berbentuk bulat. Konidia duduk langsung pada fialid. Diameter konidia *Penicillium* sp.

FIB.PRI.6.1 berkisar 1,71--2,54 μm . Lebar hifa vegetatif *Penicillium* sp.

FIB.PRI.6.1 berkisar 2,33--3,19 μm . Tipe percabangan dari *Penicillium* sp.

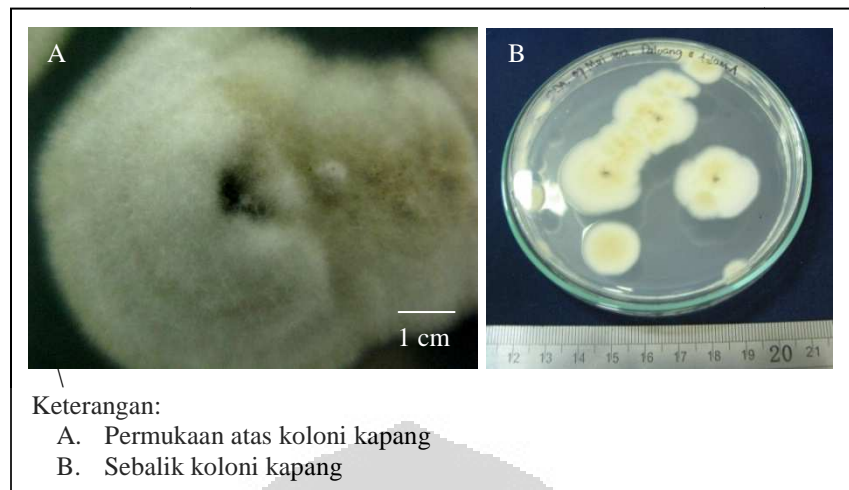
FIB.PRI.6.1 adalah *monoverticillate*.

Pengamatan karakter morfologi secara makroskopik menunjukkan *Penicillium* sp. FIB.PRI.6.1 memiliki diameter koloni rata-rata 7,62--24,45 mm dalam waktu 7 hari (Lampiran 4), koloni berwarna *white* 101 berdasarkan standar warna Faber Castell, bertekstur *velvety*, memiliki *growing zone*, namun tidak memiliki zonasi, *exudate drops*, dan *radial furrow*. Karakter sebalik koloni adalah *ivory* 103, adanya *growing zone*, namun tidak memiliki zonasi dan *radial furrow*. Hasil pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.PRI.6.1 secara mikroskopik dan makroskopik dapat dilihat pada Tabel 4.5.2.(1). Hasil pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.PRI.6.1 secara mikroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.2.(6) dan hasil pengamatan morfologi secara makroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.2.(7).



Gambar 4.5.2.(6) Pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.PRI.6.1 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

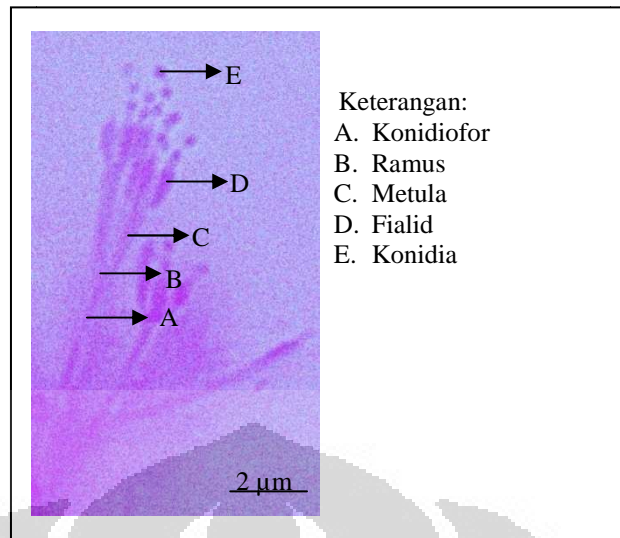


Gambar 4.5.2.(7) Pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.PRI.6.1 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

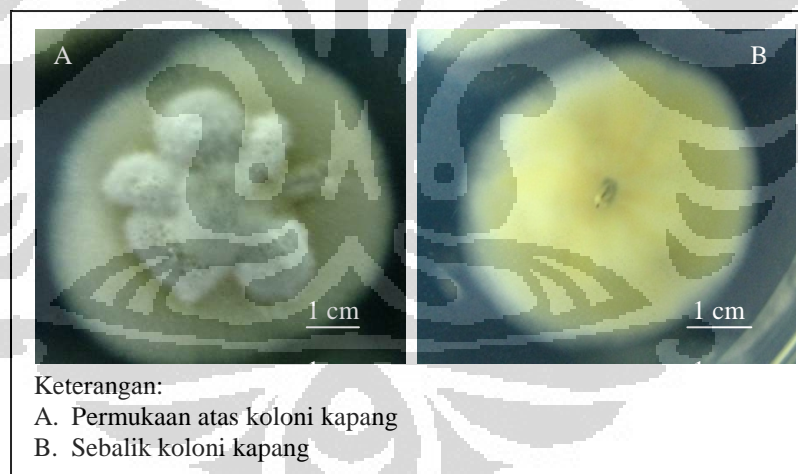
Pengamatan dilakukan pada kapang FIB.PP.1 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C. Pengamatan karakter morfologi secara mikroskopik menunjukkan *Penicillium* sp. FIB.PP.1 memiliki konidiofor, metula dan fialid yang tidak membentuk percabangan. Konidia berbentuk bulat. Konidia duduk langsung pada fialid. Diameter konidia *Penicillium* sp. FIB.PP.1 berkisar 3,5--5,77 µm. Lebar hifa vegetatif *Penicillium* sp. FIB.PP.1 berkisar 2,1--3,54 µm. Tipe percabangan dari *Penicillium* sp. FIB.PP.1 adalah *biverticillate*.

Pengamatan karakter morfologi secara makroskopik menunjukkan *Penicillium* sp. FIB.PP.1 memiliki diameter koloni rata-rata 2,87--23,17 mm dalam waktu 7 hari (Lampiran 4), koloni berwarna *ivory* 103 berdasarkan standar warna Faber Castell, bertekstur *velvety*, memiliki *growing zone*, namun tidak memiliki zonasi, *exudate drops*, dan *radial furrow*. Karakter sebalik koloni adalah berwarna *cream* 102, adanya *growing zone*, namun tidak memiliki zonasi dan *radial furrow*. Hasil pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.PP.1 secara mikroskopik dan makroskopik dapat dilihat pada Tabel 4.5.2.(1). Hasil pengamatan karakter morfologi *Penicillium* FIB.PP.1 secara mikroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.2.(8) dan hasil pengamatan morfologi secara makroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.2.(9).



Gambar 4.5.2.(8) Pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.PP.1. secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]



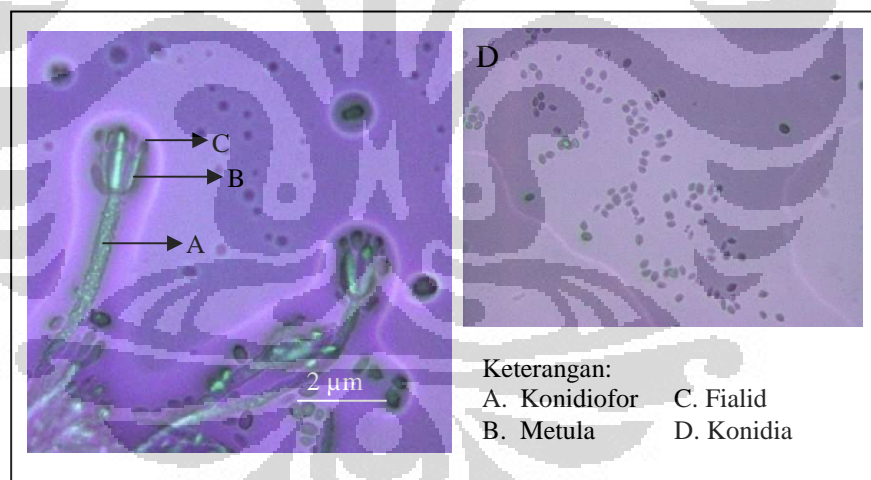
Gambar 4.5.2.(9) Pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.PP.1 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Pengamatan dilakukan pada kapang FIB.PP.4 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C. Pengamatan karakter morfologi secara mikroskopik menunjukkan *Penicillium* sp. FIB.PP.4 memiliki konidiofor, metula dan fialid yang tidak membentuk percabangan. Konidia berbentuk semibulat.

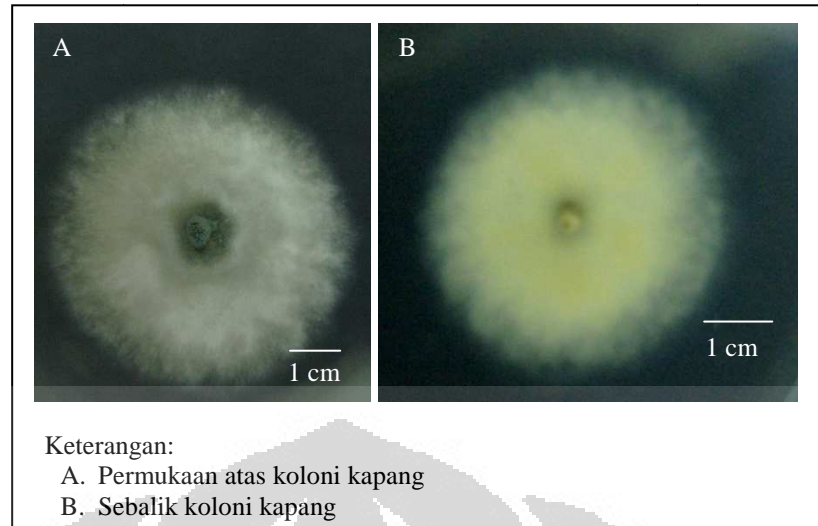
Konidia duduk langsung pada fialid. Konidia *Penicillium* sp. FIB.PP.4 berkisar (1,45--1,97) x (1,04--1,45) μm . Lebar hifa vegetatif *Penicillium* sp. FIB.PP.4 berkisar 1,22--1,62 μm . Tipe percabangan dari *Penicillium* sp. FIB.PP.4 adalah *monoverticillate*.

Pengamatan karakter morfologi secara makroskopik menunjukkan *Penicillium* sp. FIB.PP.4 memiliki diameter koloni rata-rata 4,85--22,35 mm dalam waktu 7 hari (Lampiran 4), koloni berwarna *white* 101 berdasarkan standar warna Faber Castell, bertekstur *velvety*, memiliki *growing zone*, namun tidak memiliki zonasi, *exudate drops*, dan *radial furrow*. Karakter sebalik koloni adalah berwarna *ivory* 103, adanya *growing zone*, namun tidak memiliki zonasi dan *radial furrow*. Hasil pengamatan karakter morfologi *Penicillium* FIB.PP.4 secara mikroskopik dan makroskopik dapat dilihat pada Tabel 4.5.2.(2). Hasil pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.PP.4 secara mikroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.2.(10) dan hasil pengamatan morfologi secara makroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.2.(11).



Gambar 4.5.2.(10) Pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.PP.4 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

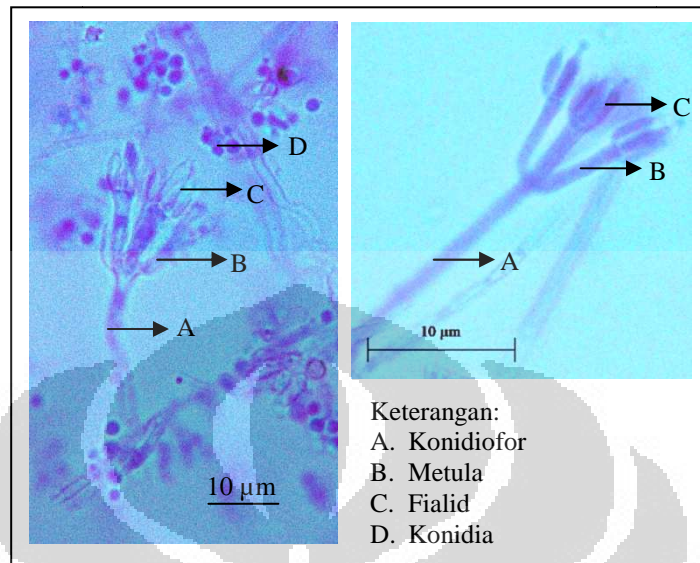


Gambar 4.5.2.(11) Pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.PP.4 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C [Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Pengamatan dilakukan pada kapang FIB.PP.6.1 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C. Pengamatan karakter morfologi secara mikroskopik menunjukkan *Penicillium* sp. FIB.PP.6.1 memiliki konidiofor, metula dan fialid yang tidak membentuk percabangan. Konidia berbentuk bulat. Konidia duduk langsung pada fialid. Diameter konidia *Penicillium* sp. FIB.PP.6.1 berkisar 0,96--1,46 µm. Lebar hifa vegetatif *Penicillium* sp. FIB.PP.6.1 berkisar 1,18--1,9 µm. Tipe percabangan dari *Penicillium* sp. FIB.SR.6.1 adalah *monoverticillate*.

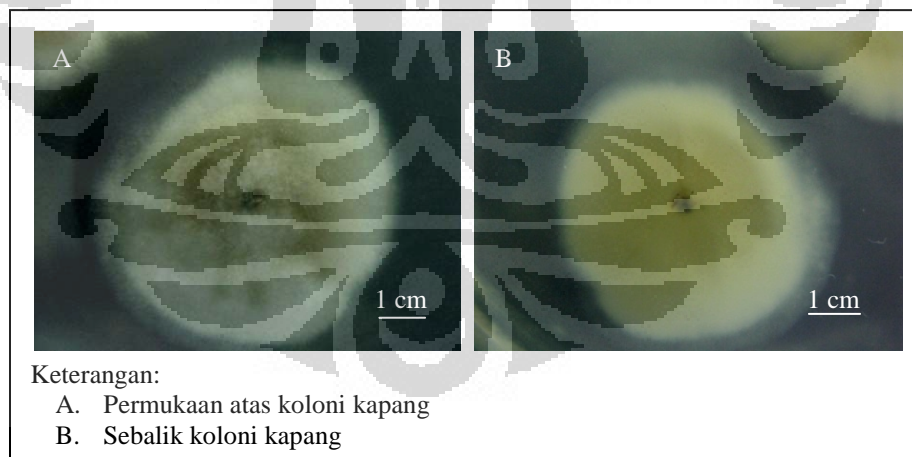
Pengamatan karakter morfologi secara makroskopik menunjukkan *Penicillium* sp. FIB.PP.6.1 memiliki diameter koloni rata-rata 5,70--26,25 mm dalam waktu 7 hari (Lampiran 4), koloni berwarna *ivory* 103 berdasarkan standar warna Faber Castell, bertekstur *velvety*, memiliki *growing zone* dan *exudate drops*, namun tidak memiliki zonasi dan *radial furrow*. Karakter sebalik koloni adalah berwarna *cream* 102, adanya *growing zone*, namun tidak memiliki zonasi dan *radial furrow*. Hasil pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.PP.6.1 secara mikroskopik dan makroskopik dapat dilihat pada Tabel 4.5.2.(2). Hasil pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.PP.6.1 secara

mikroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.2.(12) dan hasil pengamatan morfologi secara makroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.2.(13).



Gambar 4.5.2.(12) Pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.PP.6.1 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]



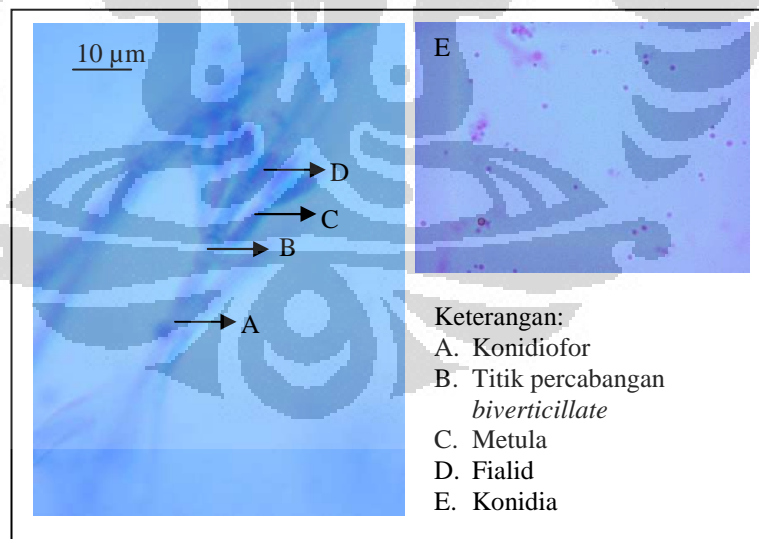
Gambar 4.5.2.(13) Pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.PP.6.1 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Pengamatan dilakukan pada kapang FIB.KD.5.1 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C. Pengamatan karakter morfologi secara

mikroskopik menunjukkan *Penicillium* sp. FIB.KD.5.1 terdiri dari konidiofor, metula dan fialid yang tidak membentuk percabangan. Konidia berbentuk bulat. Konidia duduk langsung pada fialid. Diameter konidia *Penicillium* sp. FIB.KD.5.1 berkisar 2,32--3,10 μm . Lebar hifa vegetatif *Penicillium* sp. FIB.KD.5.1 berkisar 2,58--3,36 μm . Tipe percabangan dari *Penicillium* sp. FIB.KD.5.1 adalah *biverticillate*.

Pengamatan karakter morfologi secara makroskopik menunjukkan *Penicillium* sp. FIB.KD.5.1 memiliki diameter koloni rata-rata 4,27--17,45 mm dalam waktu 7 hari (Lampiran 4), koloni berwarna *cinnamon* 189 berdasarkan standar warna Faber Castell, bertekstur *velvety*, memiliki *growing zone* dan *exudate drops*, namun tidak memiliki zonasi dan *radial furrow*. Karakter sebalik koloni adalah berwarna *orange yellow* 109, memiliki *growing zone*, namun tidak memiliki zonasi dan *radial furrow*. Hasil pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.KD.5.1 secara mikroskopik dan makroskopik dapat dilihat pada Tabel 4.5.2.(2). Hasil pengamatan karakter morfologi *Penicillium* FIB.KD.5.1 secara mikroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.2.(14) dan hasil pengamatan morfologi secara makroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.2.(15).



Gambar 4.5.2.(14) Pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.KD.5.1 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]



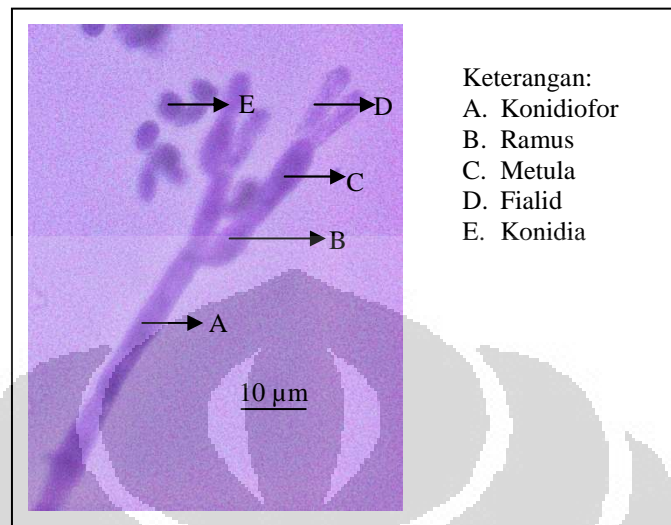
Gambar 4.5.2.1(15) Pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.KD.5.1 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Pengamatan dilakukan pada kapang FIB.KD.5.2 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C. Pengamatan karakter morfologi secara mikroskopik menunjukkan *Penicillium* sp. FIB.KD.5.2 memiliki konidiofor, metula dan fialid yang tidak membentuk percabangan. Konidia berbentuk bulat hingga semi bulat. Konidia duduk langsung pada fialid. Konidia *Penicillium* sp. FIB.KD.5.2 berkisar (2,56--2,88) x (1,44--2,01) µm. Lebar hifa vegetatif *Penicillium* sp. FIB.KD.5.2 berkisar 2,16--2,49 µm. Tipe percabangan dari *Penicillium* sp. FIB.KD.5.2 adalah *biverticillate*.

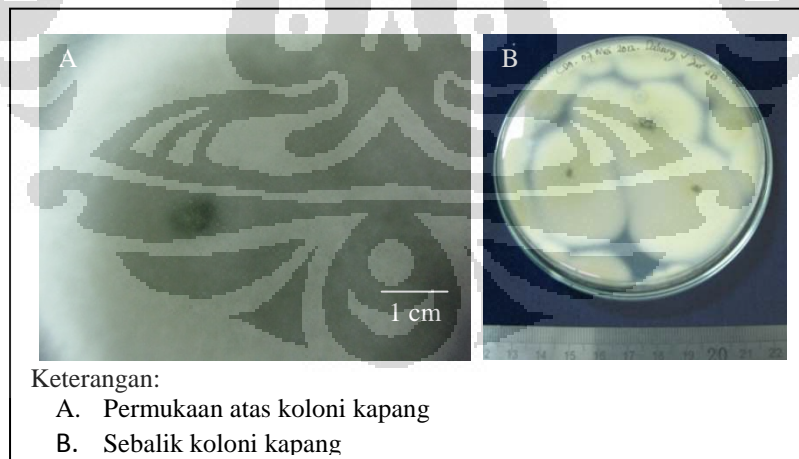
Pengamatan karakter morfologi secara makroskopik menunjukkan *Penicillium* sp. FIB.KD.5.2 memiliki diameter koloni rata-rata 10,68--34,80 mm dalam waktu 7 hari (Lampiran 4), koloni berwarna *white* 101 berdasarkan standar warna Faber Castell, bertekstur *velvety*, memiliki *growing zone*, namun tidak memiliki zonasi, *exudate drops*, dan *radial furrow*. Karakter sebalik koloni adalah berwarna *white* 101, adanya *growing zone*, namun tidak memiliki zonasi dan *radial furrow*. Hasil pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.KD.5.2 secara mikroskopik dan makroskopik dapat dilihat pada Tabel 4.5.2.(2). Hasil pengamatan karakter morfologi *Penicillium* FIB. KD.5.2 secara

mikroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.2.(16) dan hasil pengamatan morfologi secara makroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.2.(17).



Gambar 4.5.2.(16) Pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.KD.5.2 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]



Gambar 4.5.2.(17) Pengamatan karakter morfologi *Penicillium* sp. FIB.KD.5.2 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Tabel 4.5.2.(1) Hasil pengamatan morfologi *Penicillium* sp. FIB.SR.2.1, *Penicillium* FIB.SR.4, *Penicillium* sp. FIB.PRI.6.1, dan *Penicillium* sp. FIB.PP.1.1 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

Pengamatan	Karakter	<i>Penicillium</i> sp. FIB.SR. 2.1	<i>Penicillium</i> sp. FIB.SR. 4	<i>Penicillium</i> sp. FIB.PRI. 6.1	<i>Penicillium</i> sp. FIB.PP. 1
Mikro- morfologi	spora seksual	tidak ditemukan	tidak ditemukan	tidak ditemukan	tidak ditemukan
	bentuk konidia	bulat	bulat	Bulat	bulat
	ukuran konidia	1,32--2,77 μm	2,4--2,87 μm	1,71--2,54 μm	3,5--5,77 μm
	tipe percabangan	<i>mono-verticillate</i>	<i>bi-verticillate</i>	<i>mono-verticillate</i>	<i>bi-verticillate</i>
	Lebar hifa vegetatif	2,09--3,98 μm	2,33--3,57 μm	2,33--3,19 μm	2,1--3,54 μm
	warna permukaan koloni	<i>ivory</i> 103	<i>cream</i> 102	<i>white</i> 101	<i>ivory</i> 103
	tekstur diameter koloni rata-rata	<i>velvety</i> 6,13--23,02 mm	<i>velvety</i> 7,23--19,64 mm	<i>velvety</i> 7,62--24,45 mm	<i>velvety</i> 2,87--23,17 mm
<i>exudate drops</i> zonasi	ada tidak ada	ada tidak ada	tidak ada tidak ada	tidak ada tidak ada	
<i>radial furrow</i> growing zone	ada	ada	ada	ada	
warna sebalik koloni	<i>cream</i> 102	<i>cream</i> 102	<i>ivory</i> 103	<i>cream</i> 102	

Tabel 4.5.2.(2) Hasil pengamatan morfologi *Penicillium* sp. FIB.PP.4, *Penicillium* sp. FIB.PP.6.1, *Penicillium* sp. FIB.KD.5.1, dan *Penicillium* sp. KD.5.2 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

Pengamatan	Karakter	<i>Penicillium</i> sp. FIB.PP.4	<i>Penicillium</i> sp. FIB.PP. 6.1	<i>Penicillium</i> sp. FIB.KD. 5.1	<i>Penicillium</i> sp. FIB.KD. 5.2
Mikro- morfologi	spora seksual	tidak ditemukan	tidak ditemukan	tidak ditemukan	tidak ditemukan
	bentuk konidia	bulat, semibulat	bulat	bulat	bulat, semibulat
	Ukuran konidia	(1,45--1,97) x (1,04--1,45) μm	0,96--1,46 μm	2,32--3,10 μm	(2,56--2,88) x (1,44--2,01) μm
	tipe percabangan	<i>mono-verticillate</i>	<i>mono-verticillate</i>	<i>bi-verticillate</i>	<i>biverticillate</i>
	Lebar hifa vegetatif	1,22--1,62 μm	1,18--1,9 μm	2,58--3,36 μm	2,16--2,49 μm
Makro- morfologi	warna permukaan koloni	<i>white</i> 101	<i>ivory</i> 103	<i>cinnamon</i> 189	<i>white</i> 101

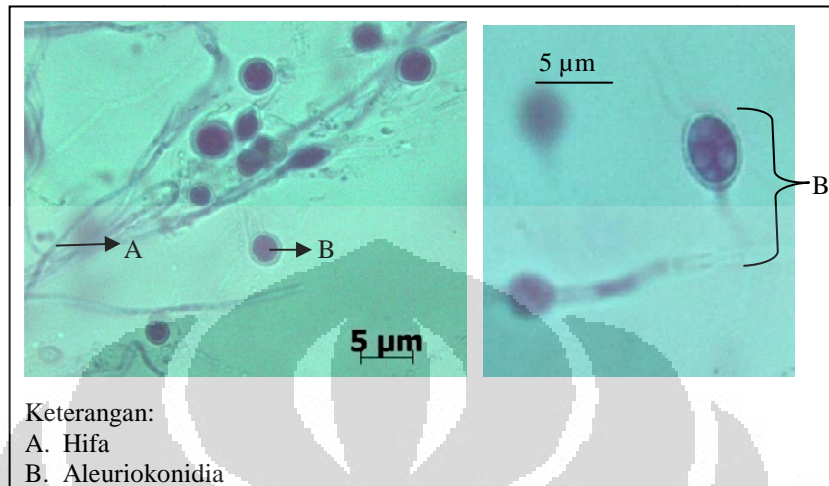
tekstur	<i>velvety</i>	<i>velvety</i>	<i>velvety</i>	<i>velvety</i>
diameter	4,85--22,35	5,70--26,25	4,27--17,45	10,68--34,80
koloni rata-rata	mm	mm	mm	mm
<i>exudate drops</i>	tidak ada	ada	Ada	tidak ada
zonasi	tidak ada	tidak ada	tidak ada	tidak ada
<i>radial furrow</i>	tidak ada	tidak ada	tidak ada	tidak ada
<i>growing zone</i>	ada	ada	Ada	Ada
warna	<i>ivory 103</i>	<i>cream 102</i>	<i>orange</i>	<i>white 101</i>
sebalik koloni			<i>yellow 109</i>	

4.5.3 *Fraseriella* sp. FIB.PRI.6.2

Pengamatan dilakukan pada kapang FIB.PRI.6.2 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C. Pengamatan mikromorfologi kapang FIB.PRI.6.2 menunjukkan tidak ditemukan bentuk seksual, sehingga dapat disimpulkan bahwa kapang tersebut berada pada fase anamorf. Kapang FIB.PRI.6.2 memiliki kumpulan hifa bersepta dan konidia yang berbentuk bulat hingga semibulat. Ukuran konidia berkisar (1,77--2,84) x (1,55--2,04) µm. Pengamatan makromorfologi menunjukkan bahwa kapang FIB.PRI.6.2 memiliki diameter koloni rata-rata 13,41--64,45 mm dalam waktu 7 hari (Lampiran 4), koloni berwarna *grass green* 166 berdasarkan standar warna Faber Castell dengan tekstur *granular*. Karakter sebalik koloni adalah tidak berwarna (hialin) dan tidak memiliki *growing zone*, *radial furrow*, dan zonasi. Hasil pengamatan karakter morfologi *Fraseriella* sp. FIB.PRI.6.2 secara mikroskopik dan makroskopik dapat dilihat pada Tabel 4.5.3. Hasil pengamatan karakter morfologi *Fraseriella* sp. FIB. PRI.6.2 secara mikroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.3.(1) dan hasil pengamatan morfologi secara makroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.3.(2).

Deskripsi kapang FIB.PR.II.3 sesuai dengan deskripsi kapang *Fraseriella* pada monograf *Introduction to Food and Airborne-Fungi* oleh Samson dkk. (2004: 50). Menurut Samson dkk. (2004: 50), kapang *Fraseriella* merupakan anamorf dari *Xeromyces*. Kapang *Fraseriella* bersifat xerofilik. Kapang *Fraseriella* memiliki konidia yang terbentuk secara basipetal, membentuk rantai, berbentuk oval hingga piriform dengan basis yang rata, dan ber dinding tipis.

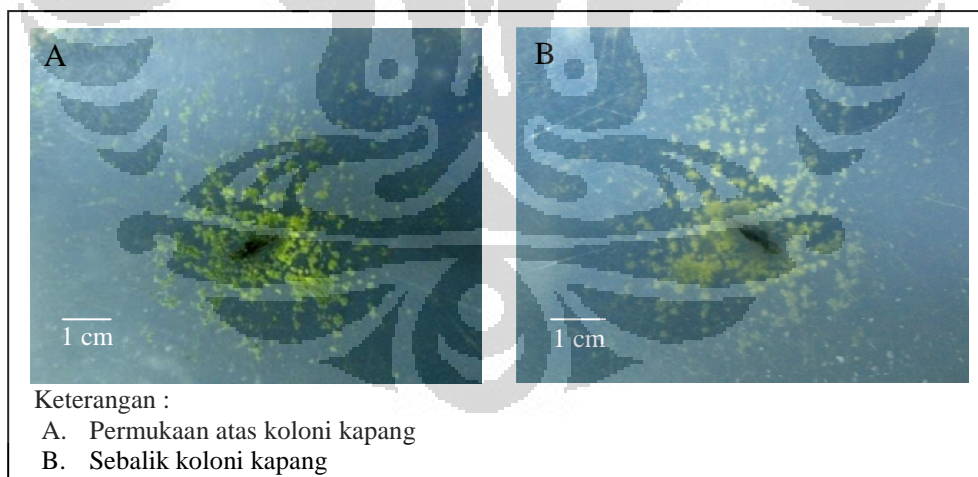
Kapang *Fraseriella* memiliki aleuriokonidia yang berbentuk bulat pada bagian atas dan rata pada bagian bawah, berdinging tebal, serta bertekstur halus.



Keterangan:
A. Hifa
B. Aleuriokonidia

Gambar 4.5.3.(1) Pengamatan karakter morfologi *Fraseriella* sp. FIB.PRI.6.2 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]



Keterangan :
A. Permukaan atas koloni kapang
B. Sebalik koloni kapang

Gambar 4.5.3.(2) Pengamatan karakter morfologi *Fraseriella* sp. FIB.PRI.6.2 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Tabel 4.5.3 Hasil pengamatan koloni kapang FIB.PRI.6.2 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

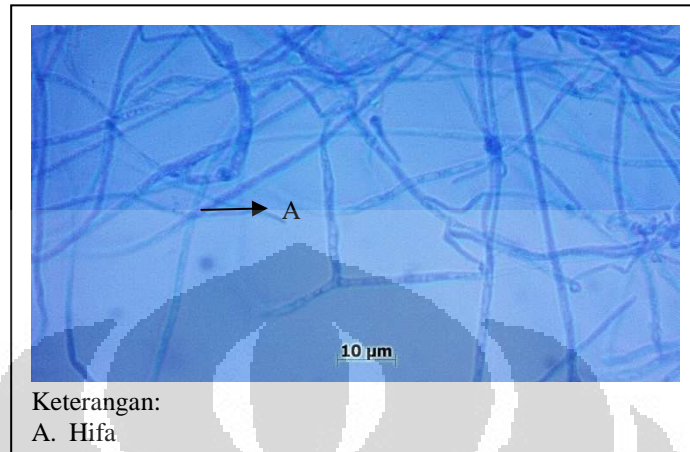
Pengamatan	Karakter	<i>Fraseriella</i> sp. FIB.PRII.3
Mikromorfologi	bentuk seksual	tidak ditemukan
	konidia	Ada
	ukuran konidia	(1,77--2,84) x (1,55--2,04) µm
	konidiofor	Ada
Makromorfologi	hifa vegetatif	Ada
	warna permukaan koloni	<i>grass green</i> 166
	tekstur	<i>Granular</i>
	diametet koloni rata-rata	13,41--64,45 mm
	<i>exudate drops</i>	tidak ada
	zonasi	tidak ada
	<i>radial furrow</i>	tidak ada
	<i>growing zone</i>	tidak ada
warna sebalik koloni	Hialin	

4.5.4 *Mycelia sterilia* FIB.PRII.3

Pengamatan dilakukan pada kapang FIB.PRII.3 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C. Pengamatan mikromorfologi kapang FIB.PRII.3 menunjukkan tidak ditemukan bentuk seksual dan/atau aseksual. Kapang FIB.PRII.3 hanya terdiri atas kumpulan hifa hialin. Pengamatan makromorfologi menunjukkan bahwa kapang FIB.PRII.3 memiliki diameter koloni rata-rata 7,66--27,48 mm dalam waktu 7 hari (Lampiran 4), koloni berwarna *white* 101 berdasarkan standar warna Faber Castell, dan bertekstur *velvety*. Karakter sebalik koloni adalah hialin, memiliki *growing zone*, namun tidak memiliki *radial furrow* dan zonasi. Hasil pengamatan karakter morfologi *mycelia sterilia* FIB.PRII.3 secara mikroskopik dan makroskopik dapat dilihat pada Tabel 4.5.4. Hasil pengamatan karakter morfologi *mycelia sterilia* FIB. PRII.3 secara mikroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.4.(1) dan hasil pengamatan morfologi secara makroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.4.(2).

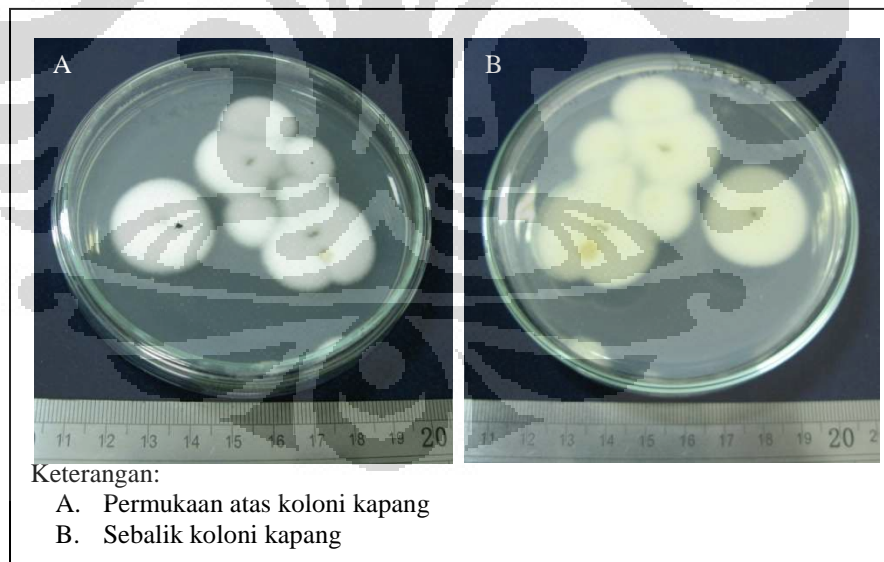
Deskripsi kapang FIB.PR.II.3 sesuai dengan deskripsi kapang *mycelia sterilia* pada monograf *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* oleh Barnett dan Hunter (2003: 196). Berdasarkan Barnett dan Hunter (2003: 196), kapang *mycelia*

sterilia tidak memiliki spora seksual dan aseksual. Hifa dari kapang *mycelia sterilia* adalah hialin, cokelat, dan hitam.



Gambar 4.5.4.(1) Pengamatan karakter morfologi *mycelia sterilia* FIB.PRII.3 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]



Gambar 4.5.4.2 Pengamatan karakter morfologi *mycelia sterilia* FIB.PRII.3 umur 7 hari secara makroskopik dalam medium CDA pada suhu 27° C

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

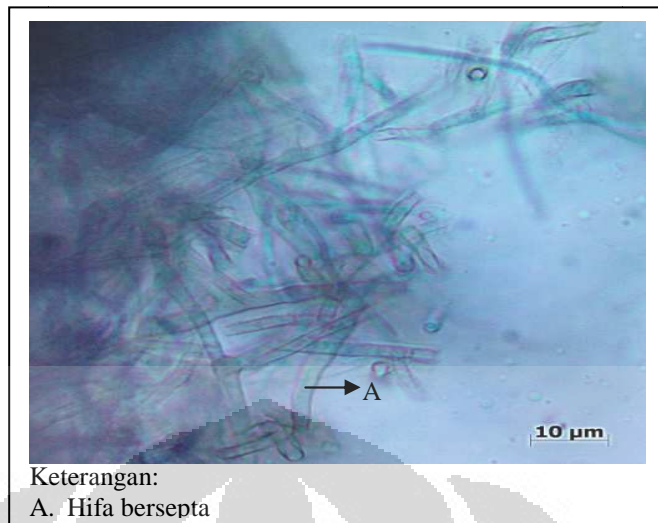
Tabel 4.5.4 Hasil pengamatan koloni kapang FIB.PRII.3 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

Pengamatan	Karakter	<i>mycelia sterilia</i> FIB.PRII.3
Mikromorfologi	Konidia	tidak ada
	konidiofor	tidak ada
	hifa vegetatif	ada
Makromorfologi	warna permukaan koloni	<i>white</i> 101
	tekstur	<i>velvety</i>
	diameter koloni rata-rata	7,66--27,48 mm
	<i>exudate drops</i>	tidak ada
	Zonasi	tidak ada
	<i>radial furrow</i>	tidak ada
	<i>growing zone</i>	ada
	warna sebalik koloni	hialin

4.5.5 *Mycelia sterilia* FIB.SR.6

Pengamatan dilakukan pada kapang FIB.SR.6 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C. Pengamatan mikromorfologi kapang FIB.SR.6 menunjukkan tidak ditemukan bentuk seksual dan/atau aseksual. Pengamatan makromorfologi menunjukkan bahwa kapang FIB.SR.6 memiliki diameter koloni rata-rata 3,57--15,35 mm dalam waktu 7 hari (Lampiran 4), koloni berwarna *cold grey* V 234 berdasarkan standar warna Faber Castell dan bertekstur *velvety*. Karakter sebalik koloni adalah *black* 199, memiliki *growing zone*, namun tidak memiliki *radial furrow* dan zonasi. Hasil pengamatan karakter morfologi FIB.SR.6 secara mikroskopik dan makroskopik dapat dilihat pada Tabel 4.5.5. Hasil pengamatan karakter morfologi FIB. SR.6 secara mikroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.5.(1) dan hasil pengamatan morfologi secara makroskopik dapat dilihat pada Gambar 4.5.5.(2).

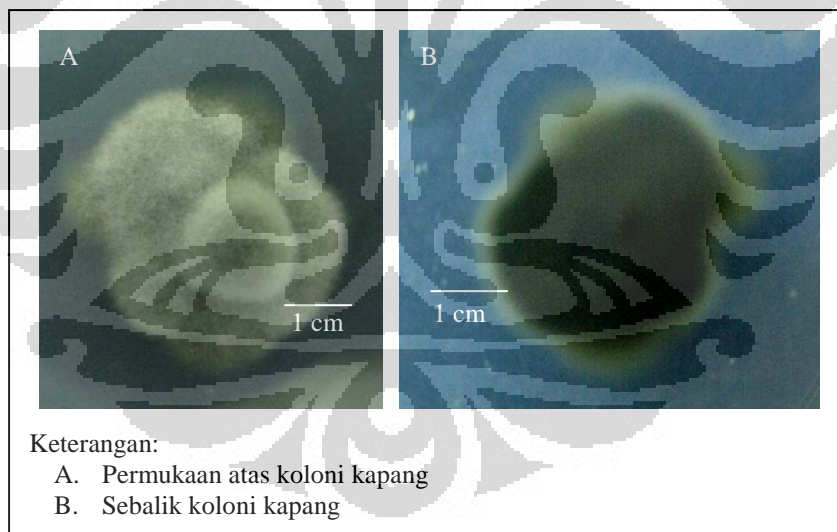
Deskripsi kapang FIB.SR.6 sesuai dengan deskripsi kapang *mycelia sterilia* pada monograf *Illustrated Genera of Imperfect Fungi* oleh Barnett dan Hunter (2003: 196). Berdasarkan Barnett dan Hunter (2003: 196), kapang *mycelia sterilia* tidak memiliki spora seksual dan aseksual. Hifa dari kapang *mycelia sterilia* adalah hialin, cokelat, dan hitam.



Keterangan:
A. Hifa bersepta

Gambar 4.5.5.(1) Pengamatan karakter morfologi *mycelia sterilia* FIB.SR.6 secara mikroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]



Keterangan:
A. Permukaan atas koloni kapang
B. Sebalik koloni kapang

Gambar 4.5.5.(2) Pengamatan karakter morfologi *mycelia sterilia* FIB.SR.6 secara makroskopik berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Tabel 4.5.5 Hasil pengamatan koloni kapang FIB.SR.6 berumur 7 hari dalam medium CDA pada suhu 27° C

Pengamatan	Karakter	<i>mycelia sterilia</i> FIB.SR.6
Mikromorfologi	Konidia	tidak ada
	konidiofor	tidak ada
	hifa vegetatif	ada
Makromorfologi	warna permukaan koloni	<i>cold grey</i> V 234
	tekstur	<i>velvety</i>
	diameter koloni rata-rata	3,57--15,35 mm
	<i>exudate drops</i>	tidak ada
	Zonasi	tidak ada
	<i>radial furrow</i>	tidak ada
	<i>growing zone</i>	ada
	warna sebalik koloni	<i>black</i> 199

Hasil identifikasi secara konvensional menunjukkan bahwa *Penicillium* (8 isolat) dan *Aspergillus* (4 isolat) merupakan genus kapang yang paling banyak ditemukan pada manuskrip kuno berbahan daluang. *Penicillium* dan *Aspergillus* termasuk kapang xerofilik karena mampu tumbuh pada substrat dengan kadar air (a_w) di bawah 0,85 (Webster & Weber 2007: 298). Berdasarkan karakter mikromorfologi, konidia *Penicillium* dan *Aspergillus* umumnya berbentuk bulat dan bertekstur halus sehingga lebih mudah terbawa oleh udara. Selain itu, ukuran rata-rata konidia *Aspergillus* lebih besar dibandingkan konidia *Penicillium*. Hal tersebut memungkinkan konidia *Aspergillus* lebih mudah terambil pada saat melakukan *swab*.

Penelitian ini berhasil mengisolasi dan mengidentifikasi kapang- kapang dari Manuskrip Serat Rama en R Indrapoetra, Primbon I, Primbon Pegon, Primbon II, dan Kitab Djatiswara dan mengidentifikasinya hingga tingkat genus. Kelima manuskrip tersebut berasal dari Perpustakaan FIB UI. Isolasi pada medium PCA diperoleh 19 isolat kapang, namun isolasi pada medium DG18 diperoleh 15 isolat kapang yang bersifat xerofilik. Isolat kapang paling banyak diisolasi dari Manuskrip Primbon Pegon yang kondisinya paling buruk yaitu sebanyak 6 isolat.

Kapang *Penicillium* FIB.SR.2.1 dari Manuskrip Serat Rama en R Indrapoetra mampu tumbuh pada substrat kertas daluang namun tidak menghasilkan zona bening pada substrat CMC. Hal tersebut menunjukkan bahwa

isolat FIB.SR.2.1 memiliki kemampuan mendegradasi selulosa dengan mensekresikan enzim selulase namun bukan berupa enzim endoglukanase. Kapang *Aspergillus* sp. FIB.SR.2.2, *Aspergillus* sp. FIB.PRI.2.2, *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.1, *Aspergillus* sp. FIB.PP.2.2, *Penicillium* sp. FIB.SR.4, *Penicillium* sp. FIB.PRI.6.1, *Penicillium* sp. FIB.PP.1.1, *Penicillium* sp. FIB.PP.4, *Penicillium* sp. FIB.PP.6.1, *Penicillium* sp. FIB.KD.5.1, *Penicillium* sp. FIB.KD.5.2, *Fraseriella* sp. FIB.PRI.6.2, *mycelia sterilia* FIB.SR.6, dan *mycelia sterilia* FIB.PRII.3 mampu tumbuh pada substrat kertas daluang dan memiliki kemampuan selulolitik pada substrat CMC dengan menghasilkan enzim selulase berupa endoglukanase, sehingga isolat tersebut diduga sebagai kapang-kapang yang merusak manuskrip kuno berbahan daluang asal Perpustakaan FIB UI. Hasil identitas kapang yang diisolasi dari manuskrip kuno berbahan daluang, diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai informasi dalam melakukan preservasi manuskrip di perpustakaan, seperti pengaturan kondisi lingkungan perpustakaan sehingga dapat mencegah atau menghambat pertumbuhan kapang dan penggunaan alat pelindung diri bagi para kurator untuk melindungi diri dari kapang-kapang yang bersifat patogen bagi manusia.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Hasil isolasi kapang dari lima manuskrip kuno berbahan daluang asal Perpustakaan FIB UI menghasilkan 19 isolat kapang dari Manuskrip Serat Rama en R Indrapoetra, Primbon I, Primbon Pegon, Primbon II, dan Kitab Djatiswara. Hasil isolasi terbanyak dari Manuskrip Primbon Pegon, yaitu 6 isolat.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa 15 isolat dapat tumbuh pada potongan kertas daluang dan hanya 14 isolat kapang memiliki kemampuan selulolitik pada substrat CMC dengan menghasilkan enzim endoglukanase.
3. Hasil identifikasi secara konvensional menunjukkan bahwa 4 isolat merupakan genus *Aspergillus*, 8 isolat merupakan genus *Penicillium*, 1 isolat merupakan genus *Fraseriella*, dan 2 isolat merupakan *mycelia sterilia*.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai identifikasi secara molekuler untuk mengetahui identitas kapang-kapang yang memiliki kemampuan selulolitik hingga tingkat spesies dari manuskrip kuno berbahan daluang asal Perpustakaan FIB UI.
2. Perlu dilakukan penelitian menggunakan substrat selulosa spesifik lainnya, seperti avicel dan selobiosa untuk mengetahui jenis enzim selulase yang dihasilkan oleh isolat kapang dari manuskrip kuno berbahan daluang asal Perpustakaan FIB UI .

DAFTAR REFERENSI

- Arroyo, I. 2009. The role of fungi in deterioration of movable and immovable cultural heritage. *e_conservation* **9**: 41--50.
- Atlas, R. M. 2010. *Handbook of microbiological media*. 4th ed. CRC Press, Washington: vi + 2036 hlm.
- Barnett, H. L. & B. B. Hunter. 2003. *Illustrated genera of imperfect fungi*. 4th ed. Prentice Hall Inc., U.S.A: xxi + 218 hlm.
- Behrend, T.E & T. Pudjiastuti. 1997a. *Katalog induk naskah-naskah nusantara jilid 3A Fakultas Sastra Universitas Indonesia*. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta: xviii + 598 hlm.
- Behrend, T.E & T. Pudjiastuti. 1997b. *Katalog induk naskah-naskah nusantara jilid 3B Fakultas Sastra Universitas Indonesia*. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta: viii + 561 hlm.
- Benson. 2001. *Microbiological applications: Laboratory manual in general Microbiology*. 8th ed. McGraw Hill Company: xi + 478 hlm.
- Campbell, N. A., J. B. Reece, & L. G. Mitchell. 2002. *Biologi*. Terj. dari *Biology*: oleh Lestari, R., E. I. M. Adil, N. Anita, Andri, W. F. Wibowo, W. Manalu. Erlangga, Jakarta : xxi + 438 hlm.
- Cappuccino, J. G. & N. Sherman. 2002. *Microbiology: A laboratory manual*. The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc., San Francisco: xvi + 491 hlm.
- Deacon, J. W. 2006. *Fungal biology*. 4th ed. Blackwell Publishing, UK: iv + 371 hlm.
- Decker, S.R., W.S. Adney, E. Jennings, T.B. Vinzant, & M.E. Himmel. 2003. Automated filter paper assay for determination of cellulase activity. *Applied Biochemistry and Biotechnology* **107**(1--3): 689--703.
- Digital. 2008. Colour chart for Faber Castell polychromos pencils and pastels. <http://www.drawinganddrafting.com.au/category2471.htm>. 28 Mei 2012, pk. 21.30.
- Dreamstime. 2012. Old book. 1 hlm.

<http://nl.dreamstime.com/stock-fotografie-old-book-image8024182>. 06

Mei 2012, pk. 23.00.

- Ekadjati, H.S. 2007. Pengetahuan geografi masyarakat Sunda berdasarkan manuskrip Sunda kuno dan catatan perjalanan orang Portugis. *Sari* **25**: 23--40.
- Ellis, D., S. Davis, H. Alexiou, R. Handke, & R. Bartley. 2007. *Description of medical fungi*. 2nd ed. The National Library of Australia, Adelaide: 198 hlm.
- Galba, S. & Wahyuningsih. 1997. *Kajian nilai budaya naskah kuno Adab Fata-a*. Proyek Pengkajian Nilai-nilai Budaya Pusat, Direktorat Sejarah dan Nilai Tradisional, Direktorat Jenderal Kebudayaan, Jakarta: xii +104 hlm.
- Gandjar, I., R.A. Samson, K. van den Tweel-Vermeulen, A. Oetari, & I. Santoso. 1999. *Pengenalan kapang tropik umum*. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta: xiii + 136 hlm.
- Gandjar, I., W. Sjamsuridzal, & A. Oetari. 2006. *Mikologi dasar dan terapan*. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta: xii + 234 hlm.
- Hocking, A.D & J.I.Pitt. 1980. Dichloran-glycerol for enumeration of xerophilic fungi from low-moisture foods. *Applied and Environmental Microbiology* **39**(3): 488--492.
- Hogg, S. 2005. *Essential microbiology*. John Wiley & Son Ltd, Canada: x + 468 hlm.
- Irfan, A. 2006. Pelestarian koleksi naskah di perpustakaan Fakultas Ilmu Pengetahuan Budaya Universitas Indonesia. Skripsi S1 Jurusan Ilmu Perpustakaan, Fakultas Ilmu Pengetahuan Budaya UI, Depok: 91 hlm.
- Jo, W.S., H.N. Park, D.H. Cho, Y.B. Yoo, & S.C. Park. 2011. Optimal media conditions for the detection of extracellular cellulase activity in *Ganoderma neo-japonicum*. *Mycobiology* **39**(2): 129--132.
- Jones, R. 1993. European and Asian papers in Malay manuscripts; A provisional assessment. *The Koninklijk Instituut voor Taal-, Land- en Volkenkunde* **3**: 474--502.

- Kader, A.J. & O. Omar. 1998. Isolation of cellulolytic fungi from Sayap-Kinabalu Park, Sabah, Serawak. *ASEAN Review of Biodiversity and Environmental Conservation*: 1--6.
- Kavanagh, K. 2005. *Fungi: biology and application*. John Wiley & Son Ltd, England: xii + 267 hlm.
- King, A.D., A.D. Hocking, & J.I.Pitt. 1979. Dichloran-rose bengal medium for enumeration and isolation of molds from foods. *Applied and Environmental Microbiology* **37**(5): 959--964.
- Lynd, L.R., P.J. Weimer, W.H. van Zyl, & I.S. Pretorius. 2002. Microbial cellulose utilization: fundamentals and biotechnology. *Microbiology and Molecular Biology Review* **66**(3): 506--577.
- Madigan, M. T., J. M. Martinko, P.V. Dunlap, & D. P. Clark. 2012. *Brock's biology of microorganisms*. 13th ed. Pearson Benjamin Cummings Inc., U.S.A: xxviii + 1043 hlm.
- Merritt, J. & T. Brewer. 2007. Mold: prevention of growth in museum collections. *Conserve O Gram* **3**(4): 1--5.
- Michaelsen, A., G. Pinar, M. Montanari, & F. Pinzari. 2009. Biodeterioration and restoration of a 16th-century book using a combination of conventional and molecular techniques: a case-study. *International Biodeterioration and Biodegradation* **63**: 161--168.
- Michaelsen, A., G. Pinar, & F. Pinzari. 2010. Molecular and microscopical investigation of the microflora inhabiting a deteriorated Italian manuscript dated from the thirteenth century. *Microbial Ecology* **60**: 69--80.
- Mueller, G. M., G. F. Bills, & M. S. Foster. 2004. *Biodiversity of fungi: Inventory and monitoring methods*. Elsevier Academic Press Inc., Amsterdam: xviii + 777 hlm.
- Oberkotter, L.V. & F.A. Rosenberg. 1978. Extracellular endo- β -1,4-glucanase in *Cellvibrio vulgaris*. *Applied and Environmental Microbiology* **36**(1): 205--209.
- Oetari, A., A. Akbar, A. Salamah, A. Soemiati, D. Hendrayanti, Katrin, M. Atria, N.S. Lestari, T.Susetyo-Salim, & W. Sjamsuridzal. 2010. Kajian kekayaan tradisional Indonesia: daluang (dluwang) dari tanaman saeh (*Broussonetia*

papyrifera Vent.) ditinjau dari aspek hayati dan budaya. Laporan Akhir Hibah Riset Unggulan Bidang Prioritas, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam & Fakultas Ilmu Pengetahuan Budaya, Universitas Indonesia: x + 109 hlm.

Oetari, A. 2012. *Personal interview*

Onsori, H., M.R. Zamani, M. Motallebi, & N. Zarghami. 2005. Identification of over producer strain of endo- β -1,4-glucanase in *Aspergillus* species: characterization of crude carboxymethyl cellulase. *African Journal of Biotechnology* 4(1): 26--30.

Pemerintah Republik Indonesia. 2007. Undang-undang RI no. 43 Th. 2007 tentang perpustakaan. (?).
<http://www.psbpsma.org/files/UU%20No.3%20Tentang%20Perpustakaan.pdf>. 30 Maret 2012, pk. 17.45.

Perez, J., J. Munoz-Dorado, T. de la Rubia, & J. Martinez. 2002. Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicelluloses, and lignin: an overview. *International Microbiology* 5: 53--63.

Permadi, T. 2005. *Konservasi tradisi pembuatan daluang sebagai salah satu upaya penyelamatan teknologi tradisional nusantara*. Fakultas Pendidikan Bahasa dan Seni, Universitas Pendidikan Indonesia: 19 hlm.

Permadi, T. 2010. *Asal-usul pemanfaatan dan karakteristik daluang: bahan naskah dalam tradisi tulis nusantara*. Fakultas Pendidikan Bahasa dan Seni, Universitas Pendidikan Indonesia: 29 hlm.

Perpustakaan Fakultas Ilmu Pengetahuan Budaya Universitas Indonesia. 2008. Perpustakaan Fakultas Ilmu Pengetahuan Budaya Universitas Indonesia. (?). 1 hlm. www.fib.ui.ac.id/index.php?option=com-content&view=article&id=92&itemid=125&lang=in-ID. 7 Desember 2011, pk. 16.00.

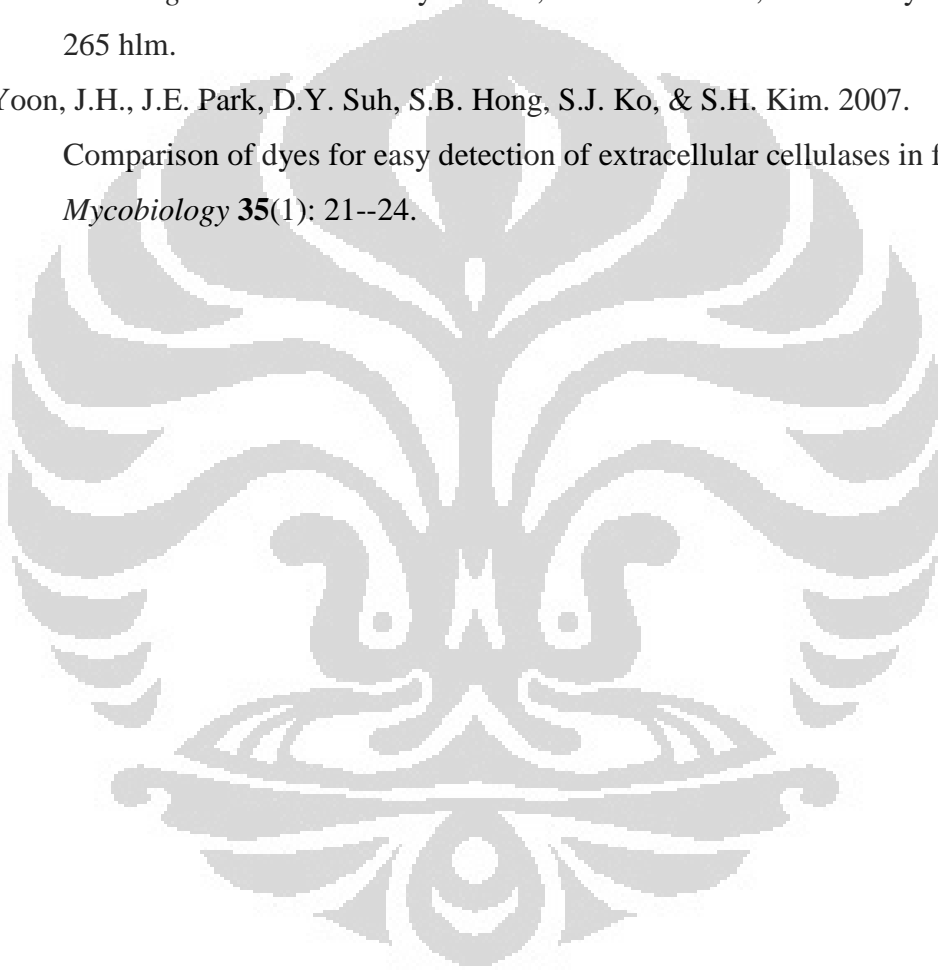
Pinzari, F., M. Montanari, A. Michaelsen, & G. Pinar. 2010. Analytical protocols for the assessment of biological damage in historical document. *Coalition* 19: 6--12.

Pitt, J.I. & A. D. Hocking. 2009. *Fungi and food spoilage*. Springer Science + Business Media, New York: xv + 519 hlm.

Universitas Indonesia

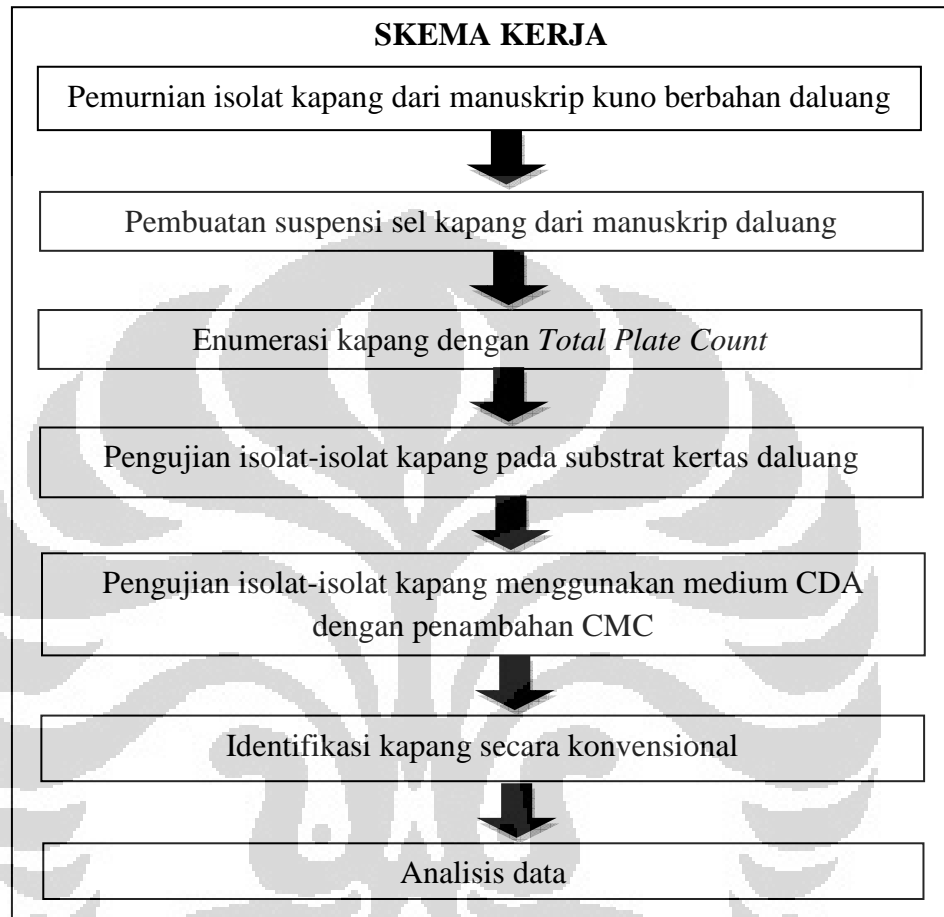
- Redecker, D. & P. Raab. 2006. Phylogeny of the *Glomeromycota* (arbuscular mycorrhizal fungi): recent developments and new gene markers. *Mycologia* **98**(6): 885--895.
- Samson, R.A., E.S. Hoekstra, & J.C. Frisvad. 2004. *Introduction to food and airborne fungi*. 7th ed. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Utrecht: 389 hlm.
- Shamsian, A., A. Fata, M. Mohajeri, & K. Ghazvini. 2008. Fungal contaminations in historical manuscripts at Astan Quds museum library, Mashhad, Iran. *International Journal of Agriculture and Biology* **8**(3): 420--422.
- Smith, R.E. 1977. Rapid tube test for detecting fungal cellulase production. *Applied Environmental Microbiology* **33**(4): 980--981.
- Sterflinger, K. & F. Pinzari. 2011. The revenge of time: fungal deterioration of cultural heritage with particular reference to books, paper, and parchment. *Environmental Microbiology*: 1--8.
- Sulistyo, B.L. 2005. *Kamus istilah kearsipan*. Kanisius, Yogyakarta: 152 hlm.
- Talaro, K.P & A. Talaro. 2002. *Foundations in microbiology*. 4th ed. The McGraw-Hill Companies, UK: xxix + 835 hlm.
- Teather, R.M. & P.J. Wood. 1982. Use of congo red-polysaccharide interaction in enumeration and characterization of cellulolytic bacteria from the bovine rumen. *Applied Environmental Microbiology* **43**(4): 777--780.
- Teygeler, R. 2000. Dluwang, a near paper from Indonesia. Marburg: International Association of Paperhistorians **11**: 134--145.
- UNESCO (= United Nations, Educational, Scientific, and Cultural Organization). 2006. *Cultural heritage protection handbook no.2: care and handling of manuscripts*. UNESCO, Paris: 43 hlm.
- Universitas Indonesia. 2011. Peresmian pemindahan buku ke perpustakaan baru pusat UI. 1hlm. <http://www.ui.ac.id/id/news/archive/4936>, 4 April 2012 pk. 13.00.
- Webster, J. & R. W. S. Weber. 2007. *Introduction to fungi*. Cambridge University Press. New York: xvii + 841 hlm.

- Wirajaya, A.Y. 2009. Daluang dalam perspektif kodikologi. (?). 2 hlm.
<http://asepyudha.staff.uns.ac.id/2009/06/04/sekilas-tentang-daluang-atau-dluwang-sebuah-telaah-ringkas-kodikologi>. 28 Februari 2012, pk. 20.15.
- Wood, T.M. 1971. The cellulase of *Fusarium solani*: purification and specificity of the β -(1 \rightarrow 4)-glucanase and the β -D-glucosidase components.
Biochemical Journal **121**: 353--362.
- Yang, C.S & P.A. Heinsohn. 2007. *Sampling and analysis of indoor microorganisms*. John Wiley & Sons, Inc. Publication, New Jersey: xv + 265 hlm.
- Yoon, J.H., J.E. Park, D.Y. Suh, S.B. Hong, S.J. Ko, & S.H. Kim. 2007. Comparison of dyes for easy detection of extracellular cellulases in fungi.
Mycobiology **35**(1): 21--24.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema kerja penelitian



Lampiran 2. Standar warna

101	white	166	grass green
103	ivory	171	light green
102	cream	170	apple green
104	zinc yellow	168	moss green
105	lemon cadmium	167	sap green
106	light chrome	158	sea green
107	lemon	159	Hooker's green
108	canary yellow	165	juniper green
109	orange yellow	172	grey green
111	tangerine	174	cedar green
113	light orange	173	olive green
115	dark orange	175	dark sepia
117	vermilion	177	sepia light
118	scarlet lake	176	van Dyck brown
121	pale geranium lake	178	nougat
126	dark carmine	180	raw umber
127	light carmine	179	bistre
123	fuchsia	182	brown ochre
133	wine red	183	gold ochre
125	dark magenta	185	light ochre
142	madder	184	ochre
128	rose madder lake	186	terracotta
129	pink madder lake	191	Pompeian red
119	light magenta	188	sanguine
134	magenta	187	burnt ochre
135	red violet	189	cinnamon
136	dark violet	190	Venetian red
138	violet	192	Indian red
139	light violet	193	burnt carmine
140	light ultramarine	169	caput mortuum
160	manganese violet	194	purple
137	blue violet	124	rose carmine
141	Delft blue	130	dark flesh
157	dark indigo	131	medium flesh
144	light cobalt blue	132	light flesh
120	ultramarine	270	warm grey I
143	deep cobalt	271	warm grey II
146	sky blue	272	warm grey III
147	light blue	273	warm grey IV
145	light phthalo blue	274	warm grey V
152	dark phthalo blue	275	warm grey VI
110	zinc blue	230	cold grey I
151	Prussian blue	231	cold grey II
149	oriental blue	232	cold grey III
155	night green	233	cold grey IV
153	peacock blue	234	cold grey V
154	aquamarine	235	cold grey VI
156	blue green	181	Payne's grey
161	viridian	199	black
163	emerald green	099	soft black
162	true green	250	gold
112	leaf green	251	silver
		252	copper

[Sumber: Digital 2008: 1.]

Lampiran 3. Hasil enumerasi isolat kapang dari manuskrip kuno berbahan daluang dalam medium PCA dengan penambahan *rose bengal* dan gliserol setelah inkubasi 4 hari pada suhu 27°C

Nama manuskrip	Kode Isolat	Pengenceran	Pengulangan	Jumlah koloni rata-rata	Kisaran Jumlah Koloni (CFU/ml)
Serat Ramen Indrapoetra	FIB.SR.2.1	10 ⁻⁴	I	-	(7,23--8) x 10 ⁷ CFU/ml
		10 ⁻⁵	II	72,3	
		10 ⁻⁶	III	8	
	FIB.SR.2.2	10 ⁻⁴	I	-	(1,67--2,7) x 10 ⁷ CFU/ml
		10 ⁻⁵	II	16,7	
		10 ⁻⁶	III	2,7	
	FIB.SR.4	10 ⁻⁴	I	129	(1,29--2) x 10 ⁷ CFU/ml
		10 ⁻⁵	II	15,7	
		10 ⁻⁶	III	2	
FIB.SR.6	10 ⁻⁴	I	146	(1,46--3,7) x 10 ⁷ CFU/ml	
	10 ⁻⁵	II	37		
	10 ⁻⁶	III	2,3		
Primbon I	FIB.PRI.2.2	10 ⁻⁴	I	217,7	(2,18--3) x 10 ⁷ CFU/ml
		10 ⁻⁵	II	21,3	
		10 ⁻⁶	III	3	
	FIB.PRI.6.1	10 ⁻⁴	I	-	(7,06--9) x 10 ⁷ CFU/ml
		10 ⁻⁵	II	70,6	
		10 ⁻⁶	III	9	
	FIB.PRI.6.2	10 ⁻⁴	I	152,3	(1,52--3,73) x 10 ⁷ CFU/ml
		10 ⁻⁵	II	37,3	
		10 ⁻⁶	III	2,7	
Primbon Pegon	FIB.PP.1.1	10 ⁻⁴	I	-	(1,27--2,7) x 10 ⁷ CFU/ml
		10 ⁻⁵	II	12,7	
		10 ⁻⁶	III	2,7	
	FIB.PP.2.1	10 ⁻⁴	I	174,7	(1,75--3,56) x 10 ⁷ CFU/ml
		10 ⁻⁵	II	35,6	
		10 ⁻⁶	III	3	
	FIB.PP.2.2	10 ⁻⁴	I	-	(6--7,3) x 10 ⁷ CFU/ml
		10 ⁻⁵	II	60	
		10 ⁻⁶	III	7,3	
FIB.PP.4	10 ⁻⁴	I	219,7	(2,2--4,83) x 10 ⁷ CFU/ml	
	10 ⁻⁵	II	48,3		
	10 ⁻⁶	III	4,7		
FIB.PP.6.1	10 ⁻⁴	I	-	(6,7--8,9) x 10 ⁷ CFU/ml	
	10 ⁻⁵	II	89		
	10 ⁻⁶	III	6,7		
Primbon II	FIB.PRII.3	10 ⁻⁴	I	-	(3,27--4,3) x 10 ⁷ CFU/ml
		10 ⁻⁵	II	32,7	
		10 ⁻⁶	III	4,3	
Kitab Djatiswara	FIB.KD.5.1	10 ⁻⁴	I	-	(3,7--6,6) x 10 ⁷ CFU/ml
		10 ⁻⁵	II	66	
		10 ⁻⁶	III	3,7	
	FIB.KD.5.2	10 ⁻⁴	I	193	(1,93--4,1) x 10 ⁷ CFU/ml
		10 ⁻⁵	II	41	
		10 ⁻⁶	III	2,3	

Lampiran 4. Hasil pengukuran diameter isolat kapang dari manuskrip kuno berbahan daluang dalam medium CDA pada suhu 27°C selama 7 hari

No	Isolat	Ulangan	Diameter (mm)						
			H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
1	FIB.SR.2.1	I	-	9,22	12,30	15,29	19,06	21,75	24,82
				7,51	9,02	12,71	14,91	16,76	19,64
				8,39	10,89	14,23	17,91	20,88	24,59
		Rata-rata	-	8,37	10,74	14,08	17,29	19,80	23,02
		II	-	7,07	9,74	13,64	17,05	19,45	21,99
				4,87	7,74	12,29	15,66	19,41	21,88
				6,44	10,09	13,80	16,79	20,15	22,40
		Rata-rata	-	6,13	9,19	13,24	16,50	19,67	22,09
		III	-	8,52	10,22	12,18	15,70	19,41	20,43
				7,13	9,92	12,96	13,35	14,43	17,25
		6,29	10,02	12,46	15,34	14,90	21,13		
		Rata-rata	-	7,31	10,05	12,53	14,80	16,25	19,60
2	FIB.SR.2.2	I	-	5,88	8,08	8,42	18,08	20,75	26,52
				3,17	8,49	11,70	11,81	14,89	20,68
				4,96	8,43	11,10	17,54	20,86	25,76
		Rata-rata	-	4,67	8,33	10,41	15,81	18,83	24,32
		II	-	9,59	10,00	12,66	16,11	19,76	21,84
				6,78	7,01	9,03	12,62	13,94	16,47
				7,41	9,88	12,84	16,09	19,64	24,93

Lampiran 4. (Lanjutan)

		Rata-rata	-	7,93	8,96	11,51	14,94	17,78	21,08
		III	-	10,54	12,14	15,45	18,75	22,06	25,04
				8,11	9,67	9,78	12,93	15,67	18,36
				10,49	12,35	15,51	18,77	21,84	25,06
		Rata-rata	-	9,71	11,39	13,58	16,82	19,86	22,82
3	FIB.SR.4	I	-	7,33	9,23	12,88	14,75	16,17	16,17
				6,55	10,08	10,79	13,79	15,44	15,73
				7,82	10,25	11,44	12,34	16,54	22,26
		Rata-rata	-	7,23	9,85	11,70	13,63	16,05	18,05
		II	-	8,02	9,15	10,77	16,28	16,92	18,41
				6,19	7,38	8,34	12,31	12,91	13,03
				7,49	9,49	10,97	16,11	16,96	18,41
		Rata-rata	-	7,23	8,67	10,03	14,90	15,60	16,62
		III	-	6,22	7,00	13,25	18,67	20,92	22,14
				5,93	9,77	14,95	15,15	15,36	15,96
		6,86	10,07	15,35	17,27	19,19	20,82		
		Rata-rata	-	6,34	8,95	14,52	17,03	18,49	19,64
4	FIB.SR.6.1	I	-	4,34	5,13	8,14	9,67	10,43	12,77
				2,42	4,93	8,91	9,24	12,86	14,22
				3,95	5,59	8,34	10,13	11,78	14,17
		Rata-rata	-	3,57	5,22	8,46	9,68	11,69	13,72
		II	-	5,84	7,27	10,19	10,57	14,44	15,38

Lampiran 4. (Lanjutan)

				5,06	7,42	7,98	11,76	13,34	15,33
				6,20	7,62	10,33	13,23	13,30	15,34
		Rata-rata	-	5,70	7,44	9,50	11,85	13,69	15,35
		III	-	6,98	7,80	10,09	10,34	12,37	12,57
				6,41	5,61	7,71	9,52	11,75	12,12
				7,32	8,84	11,14	11,46	13,06	13,82
		Rata-rata	-	6,90	7,42	9,65	10,44	12,39	12,84
5	FIB.PRI.2.2	I	9,28	12,46	16,53	18,33	26,87	31,18	34,97
			7,77	10,07	12,72	14,16	24,19	24,56	25,31
			10,57	13,65	17,29	18,16	21,36	24,46	28,13
		Rata-rata	9,21	12,06	15,51	16,88	24,14	26,73	29,47
		II	10,36	14,32	17,01	19,73	24,28	26,67	27,79
			9,45	13,81	15,51	15,70	21,97	24,52	28,09
			10,28	13,96	15,70	21,70	26,45	28,79	30,82
		Rata-rata	10,03	14,03	16,07	19,04	24,23	26,66	28,90
		III	10,49	15,35	17,47	19,74	22,96	34,84	40,46
			8,88	10,29	11,95	17,00	24,48	27,01	27,75
			9,73	4,73	16,15	20,63	28,07	29,99	38,34
		Rata-rata	9,70	10,12	15,19	19,12	25,17	30,61	35,52
6	FIB.PRI.6.1	I	-	9,74	11,36	15,72	19,84	23,31	26,7
				6,63	7,17	9,06	10,66	15,97	16,38
				8,44	11,59	15,51	20,39	23,89	27,28

Lampiran 4. (Lanjutan)

		Rata-rata	-	8,27	10,04	13,43	16,96	21,06	23,45
		II	-	10,00	11,47	13,09	18,02	22,33	25,58
				6,32	7,89	10,14	13,33	18,96	19,47
				8,11	9,26	13,91	18,54	22,74	25,82
		Rata-rata	-	8,14	9,54	12,38	16,63	21,34	23,62
		III	-	7,67	9,63	15,25	18,69	21,74	25,65
				7,03	9,50	13,02	17,46	21,20	22,85
				8,15	10,68	15,02	17,99	21,25	24,84
		Rata-rata	-	7,62	9,94	14,43	18,05	21,40	24,45
7	FIB.PRI.6.2	I	12,72	22,18	40,19	44,49	50,34	50,69	69,80
			14,36	24,86	34,95	42,77	54,63	62,68	63,02
			13,40	22,98	42,36	47,33	50,80	54,86	56,72
		Rata-rata	13,49	23,34	39,17	44,86	51,92	56,08	63,18
		II	15,97	18,72	39,00	42,03	47,68	49,87	55,90
			11,65	16,83	31,41	38,04	40,41	43,66	46,39
			15,00	18,53	39,49	40,25	44,77	46,73	52,79
		Rata-rata	14,21	18,03	36,63	40,11	44,29	46,75	51,69
		III	13,41	18,98	46,83	49,31	52,20	56,99	68,22
			13,41	18,98	33,25	33,71	40,45	47,25	59,49
			13,41	18,98	41,86	42,33	44,12	56,37	65,65
		Rata-rata	13,41	18,98	40,65	41,78	45,59	53,54	64,45
8	FIB.PP.1.1	I	4,59	10,08	13,54	15,24	18,65	20,11	23,60

Lampiran 4. (Lanjutan)

			3,00	7,96	8,88	11,26	12,22	15,89	22,55
			4,43	10,31	11,56	14,65	18,67	20,22	23,36
		Rata-rata	4,01	9,45	11,33	13,72	16,51	18,74	23,17
		II	2,83	6,57	8,68	10,56	16,16	16,98	21,20
			3,17	5,80	8,28	10,13	12,66	16,52	19,71
			3,24	6,65	8,72	11,01	17,96	18,13	20,44
		Rata-rata	3,08	6,34	8,56	10,57	15,59	17,21	20,45
		III	3,64	7,08	11,51	14,26	17,14	18,35	20,37
			1,77	5,96	9,41	10,33	12,49	17,21	21,52
			3,21	7,27	11,56	14,18	16,69	18,85	20,48
		Rata-rata	2,87	6,77	10,83	12,92	15,44	18,14	20,79
9	FIB.PP.1.1	I	4,32	8,06	13,07	16,25	16,59	27,82	35,50
			3,52	7,21	10,07	10,08	11,29	25,47	29,89
			4,00	8,18	13,10	16,16	16,28	24,44	35,21
		Rata-rata	3,95	7,82	12,08	14,16	14,72	25,91	33,53
		II	5,22	9,19	11,95	15,80	16,25	24,89	25,12
			3,58	8,62	9,61	10,71	17,84	19,50	24,01
			5,20	8,62	12,40	13,94	18,50	25,36	28,15
		Rata-rata	4,67	8,81	11,32	13,48	17,53	23,25	25,76
		III	5,04	8,85	11,32	12,97	20,76	22,37	31,99
			3,65	8,10	10,78	14,09	14,78	17,14	22,31
			4,54	9,53	14,58	13,94	19,63	23,49	27,61

Lampiran 4. (Lanjutan)

		Rata-rata	4,41	8,83	12,23	13,67	18,39	21,00	27,30
10	FIB.PP.2.2	I	-	7,23	14,73	17,99	20,94	33,42	35,62
				5,75	12,13	13,53	19,44	24,80	27,19
				8,10	13,57	17,84	21,14	29,67	33,67
		Rata-rata	-	7,03	13,48	16,45	20,51	29,30	32,16
		II	-	7,03	14,50	20,81	25,67	32,37	37,82
				5,53	12,84	15,61	18,20	25,76	27,53
				6,94	15,83	20,66	25,23	31,33	36,73
		Rata-rata	-	6,50	14,39	19,03	23,03	29,82	34,03
		III	-	6,23	13,44	23,54	24,11	31,29	40,02
				6,08	10,58	12,62	21,65	25,30	26,53
		6,71	13,17	20,18	22,61	31,57	39,49		
		Rata-rata	-	6,34	12,40	18,78	22,79	29,39	35,35
11	FIB.PP.4	I	-	5,46	8,58	12,65	15,47	19,56	20,00
				4,28	5,00	7,97	11,68	112,97	19,04
				5,74	8,51	12,13	15,36	17,79	19,80
		Rata-rata	-	5,16	7,36	10,92	14,17	50,11	19,61
		II	-	6,10	13,03	15,99	18,48	19,87	21,77
				4,54	9,46	10,05	13,57	14,31	22,46
				6,21	12,20	15,30	17,11	19,02	22,83
		Rata-rata	-	5,62	11,56	13,78	16,39	17,73	22,35
		III	-	4,85	9,95	11,38	13,00	13,90	19,45

Lampiran 4. (Lanjutan)

				4,85	6,69	9,37	12,08	13,86	21,32
				4,85	9,77	11,64	13,85	18,00	20,15
		Rata-rata	-	4,85	8,80	10,80	12,98	15,25	20,31
12	FIB.PP.6.1	I	-	6,89	8,79	12,00	14,62	22,60	26,76
				6,98	7,02	7,47	8,12	17,07	19,11
				6,78	9,48	11,92	13,62	23,10	27,84
		Rata-rata	-	6,88	8,43	10,46	12,12	20,92	24,57
		II	-	5,70	12,59	13,12	14,60	20,83	24,49
				5,70	12,49	12,90	17,02	19,26	22,52
				5,70	12,80	13,14	17,92	19,91	24,54
		Rata-rata	-	5,70	12,63	13,05	16,51	20,00	23,85
		III	-	6,99	11,43	13,40	17,47	24,45	29,22
				5,46	8,48	9,88	11,83	20,75	21,48
		7,83	10,22	13,73	16,63	24,25	28,04		
		Rata-rata	-	6,76	10,04	12,34	15,31	23,15	26,25
13	FIB.PRII.3	I	-	9,24	13,22	18,09	20,31	20,53	21,54
				6,33	9,85	18,78	19,81	21,63	22,61
				9,78	13,45	16,84	21,48	22,50	25,41
		Rata-rata	-	8,45	12,17	17,90	20,53	21,55	23,19
		II	-	8,71	12,70	16,70	21,66	24,88	28,88
				6,83	10,77	11,40	17,52	21,42	23,02
				9,01	13,29	17,69	22,14	26,08	30,55

Lampiran 4. (Lanjutan)

		Rata-rata	-	8,18	12,25	15,26	20,44	24,13	27,48	
		III	-	7,66	10,75	14,36	18,37	22,95	26,53	
				7,66	10,75	14,36	18,37	22,95	26,53	
				7,66	10,75	14,36	18,37	22,95	26,53	
		Rata-rata	-	7,66	10,75	14,36	18,37	22,95	26,53	
14	FIB.KD.5.1	I	-	9,34	11,89	13,69	15,32	15,76	15,97	
				6,67	8,91	11,79	11,91	12,32	14,14	
					8,56	11,63	13,36	15,03	15,36	16,26
			Rata-rata	-	8,19	10,81	12,95	14,09	14,48	15,46
			II	-	4,79	9,45	11,81	14,38	16,2	18,27
					3,12	7,74	10,53	13,24	14,46	15,64
					4,90	9,58	12,66	14,62	15,98	18,44
			Rata-rata	-	4,27	8,92	11,67	14,08	15,55	17,45
			III	-	6,88	9,07	11,91	13,76	15,66	16,73
					3,33	7,76	11,13	13,76	16,59	17,67
					7,34	9,19	11,11	14,1	15,32	17,46
			Rata-rata	-	5,85	8,67	11,38	13,87	15,86	17,29
15	FIB.KD.5.2	I	-	10,88	17,79	23,56	30,12	32,20	32,55	
				9,71	15,19	19,59	19,99	25,75	25,95	
					11,44	18,82	24,96	30,56	27,11	31,53
			Rata-rata	-	10,68	17,27	22,70	26,89	28,35	30,01
		II	-	12,12	18,30	22,27	27,21	29,14	41,68	

Lampiran 4. (Lanjutan)

				11,34	16,54	20,00	24,18	30,18	33,18
				11,90	17,33	24,09	28,45	29,98	38,46
		Rata-rata	-	11,79	17,39	22,12	26,61	29,77	37,77
		III	-	11,67	16,53	20,31	24,89	32,83	35,41
				10,50	15,91	21,13	27,25	27,91	30,05
				11,88	18,36	23,69	27,87	31,04	38,94
		Rata-rata	-	11,35	16,93	21,71	26,67	30,59	34,80

