

**BIOAEROSOL FUNGI PATOGEN PADA FASILITAS  
KAMAR MANDI KAMPUS UIN AR-RANIRY**

**SKRIPSI**

**Diajukan Oleh:**

**ANDRA RIANI  
NIM. 180703072**

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Biologi**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
BANDA ACEH  
2024 M/ 1446 H**

**PERSETUJUAN PEMBIMBING SKRIPSI  
BIOAEROSOL FUNGI PATOGEN PADA FASILITAS  
KAMAR MANDI KAMPUS UIN AR-RANIRY**

Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh  
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)  
dalam Ilmu/Prodi Biologi

Oleh:  
**ANDRA RIANI**  
180703072

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Biologi

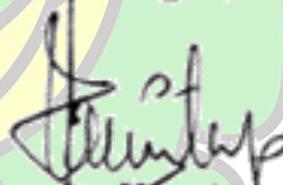
Disetujui untuk Dimunaqasyahkan Oleh:

Pembimbing I,



Syafrina Sari Lubis, M.Si  
NIP. 19800425 201403 2 001

Pembimbing II,

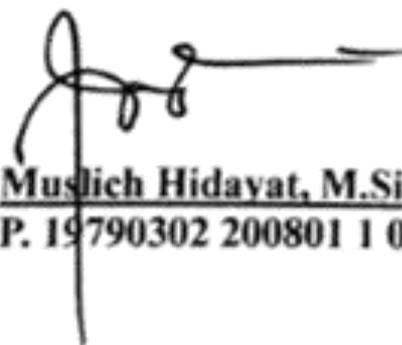


Diannita Harahap, M.Si  
NIP. 19870322 201503 2 004

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Biologi



Muslich Hidayat, M.Si  
NIP. 19790302 200801 1 008

**BIOAEROSOL FUNGI PATOGEN PADA FASILITAS  
KAMAR MANDI KAMPUS UIN AR-RANIRY**

**SKRIPSI**

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasah Tugas Akhir/Skripsi  
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dan Dinyatakan Lulus  
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)  
Dalam Ilmu/Prodi Biologi

Pada Hari/Tanggal: Jum'at/ 5 Juli 2024  
27 Zulhijjah 1445 H  
di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munaqasah Tugas Akhir/Skripsi:

Ketua



Syafrina Sari Lubis, M.Si  
NIDN. 2025048003

Sekretaris,



Diannita Harahap, M.Si  
NIDN. 2022038701

Penguji I,



Arif Sardi, M.Si  
NIDN. 2019068601

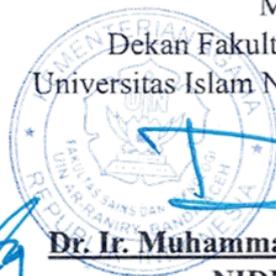
Penguji II,



Raudhah Hayatillah, M.Sc  
NIDN. 2025129302

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah., MT., IPU  
NIDN. 0002106203

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : ANDRA RIANI  
NIM : 180703072  
Program Studi : Biologi  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul : Bioaerosol Fungi Patogen pada Fasilitas Kamar Mandi  
Kampus UIN Ar-Raniry

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir/skripsi ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh,  
Menyatakan



(Andra Riani)

## ABSTRAK

Nama : Andra Riani  
NIM : 180703072  
Program Studi : Biologi  
Judul : Bioaerosol Fungi Patogen pada Fasilitas Kamar Mandi  
Kampus UIN Ar-Raniry  
Tanggal Sidang : 5 Juli 2024  
Tebal Skripsi : 75  
Pembimbing I : Syafrina Sari Lubis, M. Si  
Pembimbing II : Diannita Harahap, M. Si  
Kata kunci : *Bioaerosol* Fungi, *Bioaerosol* Kamar Mandi, Uji Patogenitas *Blood Agar*

Kualitas udara dalam dan luar ruangan merupakan faktor paling signifikan yang mempengaruhi kualitas hidup manusia secara umum. Bioaerosol fungi merupakan aerosol biologis yang terbawa udara yang mengandung mikroorganisme hidup. Bioaerosol fungi dapat menjadi kontaminan pada fasilitas kamar mandi kampus dan dampak kesehatan yang mungkin di timbulkannya. Sehingga, perlu adanya pengendalian kontaminasi tersebut guna meningkatkan kebersihan dan kesehatan lingkungan di kampus. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui total koloni bioaerosol fungi patogen, karakteristik fungi yang terdapat pada kamar mandi, dan hasil uji patogenitas fungi dengan media *blood agar*. Penelitian dilakukan mulai bulan November 2023-Januari 2024 di Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry, Banda Aceh. Sampel diambil dari 9 kamar mandi yang terdapat di 9 Fakultas. Metode *open petri-plate* digunakan untuk menjebak spora fungi yang tersebar di udara selama 15 menit, dengan melakukan pengukuran faktor fisik seperti suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya. Penelitian ini menggunakan analisis data kualitatif dan kuantitatif. Sampel yang diperoleh kemudian dimurnikan dan diidentifikasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total koloni bioaerosol fungi yang diisolasi dari 9 titik kamar mandi fakultas memiliki jumlah yang bervariasi. Fakultas Ushuluddin dan Filsafat memiliki 4,09 CFU/m<sup>3</sup>; Fakultas Dakwah dan Komunikasi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, serta Fakultas Sains dan Teknologi memiliki 5,11 CFU/m<sup>3</sup>; Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam serta Fakultas Syariah dan Hukum memiliki 4,34 CFU/m<sup>3</sup>; Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik memiliki 4,85 CFU/m<sup>3</sup>; Fakultas Psikologi memiliki 5,62 CFU/m<sup>3</sup>; dan Fakultas Adab dan Humaniora memiliki 6,90 CFU/m<sup>3</sup>. Dari karakteristik bioaerosol fungi yang terdapat pada kamar mandi, teridentifikasi 20 isolat dengan 4 genus yaitu *Aspergillus* Sp., *Trichoderma* Sp., *Alternaria* Sp., dan *Fusarium* Sp. Selain itu, terdapat 2 spesies yaitu *Aspergillus niger* dan *Aspergillus flavus*. Uji patogenitas menggunakan media *blood agar* menunjukkan bahwa terdapat 2 isolat dengan hasil β hemolisis yaitu *Fusarium* Sp1 dan *Aspergillus* Sp1. Selain itu, terdapat 4 isolat dengan hasil β - hemolisis yaitu *Aspergillus niger*, *Fusarium* Sp2, *Trichoderma* Sp., dan *Alternaria* Sp. Terdapat juga 1 isolat dengan hasil γ hemolisis yaitu *Aspergillus flavus*.

## ABSTRACT

Nama : Andra Riani  
NIM : 180703072  
Program Studi : Biologi  
Judul : Bioaerosol Fungi Patogen pada Fasilitas Kamar Mandi  
Kampus UIN Ar-Raniry  
Tanggal Sidang : 5 Juli 2024  
Tebal Skripsi : 75  
Pembimbing I : Syafrina Sari Lubis, M. Si  
Pembimbing II : Diannita Harahap, M. Si  
Kata kunci : *Fungal Bioaerosols, Bathroom Bioaerosols, Tests  
Blood Agar Pathogenicity*

*Indoor and outdoor air quality is the most significant factor affecting the general quality of human life. Bioaerosol fungi are airborne biological aerosols containing living microorganisms. Bioaerosols including fungi, can contaminate campus bathroom facilities and potentially impact health. Therefore, it is essential to manage this contamination to enhance environmental cleanliness and promote well-being on campus. The purpose of this study was to determine the total colonies of pathogenic bioaerosol fungi, the characteristics of fungi found in the bathroom, and the results of the fungi pathogenicity test with blood agar media. The research was conducted from November 2023-January 2024 at the Multifunctional Laboratory of UIN Ar-Raniry, Banda Aceh. Samples were taken from 9 bathrooms located in 9 faculties. The open petri-plate method was used to trap airborne fungal spores for 15 minutes, by measuring physical factors such as temperature, humidity, and light intensity. This study uses qualitative and quantitative data analysis. The samples obtained were then purified and identified. The results showed that the total bioaerosol fungi colonies isolated from 9 faculty bathroom points had varying amounts. Faculty of Ushuluddin and Philosophy had 4.09 CFU/m<sup>3</sup>; Faculty of Da'wah and Communication, Faculty of Tarbiyah and Keguruan, and Faculty of Science and Technology had 5.11 CFU/m<sup>3</sup>; Faculty of Economics and Islamic Business and Faculty of Sharia and Law had 4.34 CFU/m<sup>3</sup>; Faculty of Social and Political Sciences had 4.85 CFU/m<sup>3</sup>; Faculty of Psychology had 5.62 CFU/m<sup>3</sup>; and Faculty of Adab and Humanities had 6.90 CFU/m<sup>3</sup>. From the characteristics of bioaerosol fungi found in the bathroom, 20 isolates were identified with 4 genus namely *Aspergillus Sp.*, *Trichoderma Sp.*, *Alternaria Sp.*, and *Fusarium Sp.* In addition, there are 2 species namely *Aspergillus niger* and *Aspergillus flavus*. Pathogenicity test using blood agar media shows that there are 2 isolates with  $\beta$  hemolysis results, namely *Fusarium Sp1* and *Aspergillus Sp1*. In addition, there are 4 isolates with  $\beta$  - hemolysis results, namely *Aspergillus niger*, *Fusarium Sp2*, *Trichoderma Sp.*, and *Alternaria Sp.* There is also 1 isolate with  $\gamma$  hemolysis results, namely *Aspergillus flavus*.*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT, karena berkat dan rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir/Skripsi dengan judul **“Bioaerosol Fungi Patogen Pada Fasilitas Kamar Mandi Kampus UIN Ar-Raniry”**.

Penyusunan Tugas Akhir/Skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu persyaratan kelulusan pada Prodi Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Penyusunannya dapat terlaksana berkat dukungan dari banyak pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry,
2. Dr. Muslich Hidayat, M.Si, selaku Ketua Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry,
3. Syafrina Sari Lubis, M.Si, selaku Sekretaris Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dan selaku pembimbing I yang telah memberikan arahan dalam penulisan skripsi ini,
4. Diannita Harahap, M. Si, selaku Pembimbing Akademik (PA) dan selaku pembimbing II yang telah memberikan arahan dalam penulisan skripsi ini,
5. Arif Sardi, M. Si, selaku penguji I yang telah memberikan arahan dan masukan dalam penulisan skripsi ini,
6. Raudhah Hayatillah, M. Sc, selaku penguji II yang telah memberikan arahan dan masukan dalam penulisan skripsi ini,
7. Ilham Zulfahmi, M.Si; Ayu Nirmala Sari, M.Si; Kamaliah, M.si; Meutia Zahara, Ph.D; dan Lina Rahmawati, M.Si selaku dosen Prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi,
8. Firman Arhas, M. Si sebagai laboran dan Nanda Anastasia, S.Si, selaku staf prodi Biologi yang telah membantu segala keperluan penulis.
9. Sebagai ungkapan terima kasih Ibunda Mariani dan Ayahanda Zakaria Saidi selaku orang tua penulis yang telah mendoakan dan memberikan semangat dalam segala kegiatan, serta Abang dan Kakak yang telah mendukung penulis.

10. Kepada teman-teman Nanda Raudhatul Jannah, Zikra Maulida, Nur Indahu Syiami Firdaus, Purwati Saputri, Munawarah, kepada abang-abang dan kakak-kakak leting, teman-teman seperjuangan leting 18, dan kepada teman-teman dan adik-adik semasa penelitian yang tidak dapat penulis sampaikan satu persatu yang telah membantu, memberikan arahan dan motivasi kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih belum sempurna. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan penelitian ini. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat.

Banda Aceh, 5 Juli 2024  
Penulis,

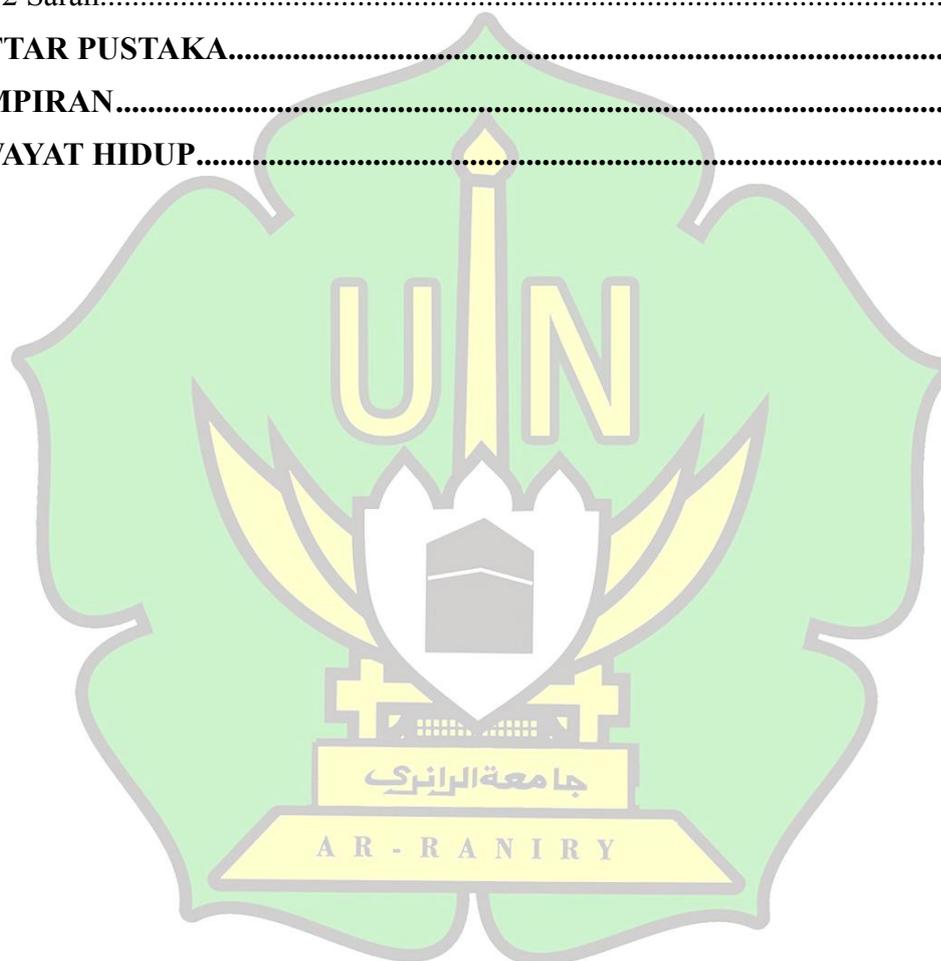
Andra Riani



## DAFTAR ISI

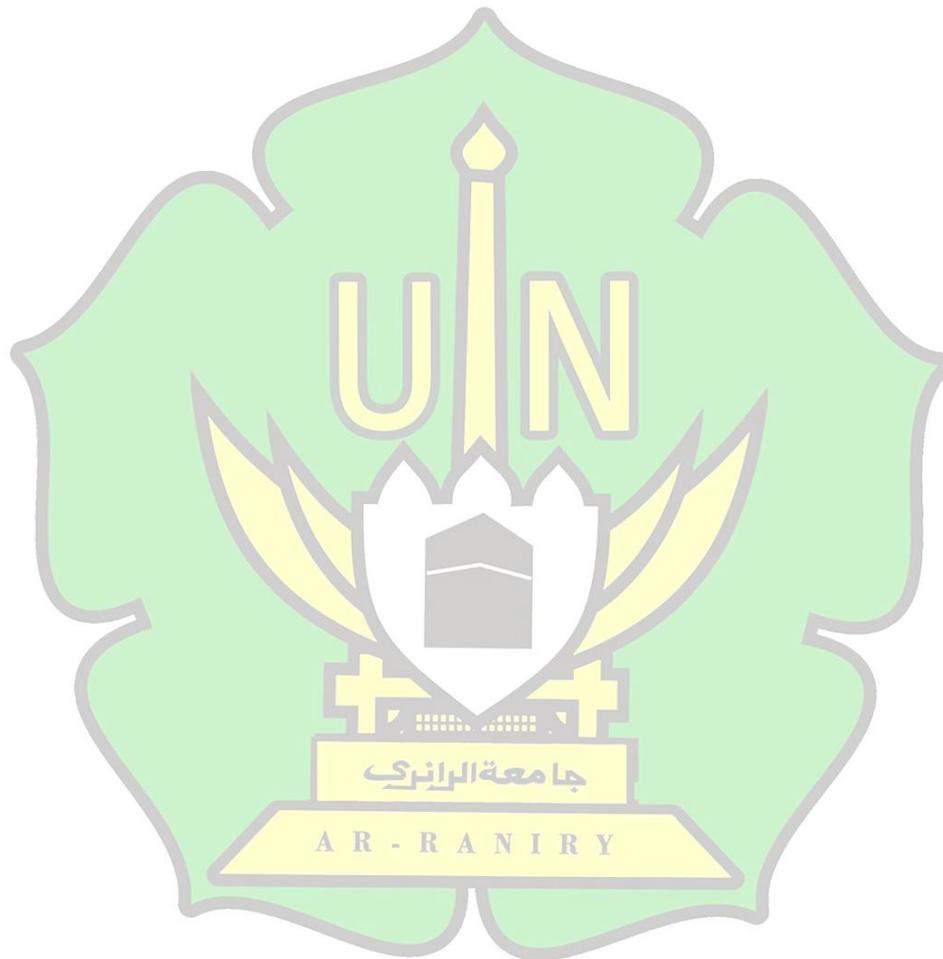
<b>PERSETUJUAN PEMBIMBING SKRIPSI .....</b>	<b>.....</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	3
I.3 Tujuan Penelitian.....	3
I.4 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
II.2 Bioaerosol Fungi.....	5
II. 1. 1 Bioaerosol Fungi Patogen .....	7
II. 3 Faktor Pertumbuhan Bioaerosol Fungi .....	10
II. 4 Mekanisme Pengambilan Sampel Bioaerosol Fungi Patogen .....	12
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
III. 1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	15
III. 2 Jadwal Pelaksanaan Penelitian .....	15
III. 3 Objek Penelitian .....	15
III. 4 Alat dan Bahan .....	16
III. 5 Metode Penelitian.....	16
III. 5. 1 Isolasi Bioaerosol Fungi Patogen Kamar Mandi .....	17
III. 6 Analisis Data.....	18
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>19</b>
IV. 1 Hasil Penelitian.....	19
IV. 1. 1 Total Koloni Bioaerosol Fungi Patogen pada Kamar Mandi di Kampus UIN Ar-Raniry.....	19

IV. 1. 2 Karakteristik Bioaerosol Fungi yang Terdapat pada Kamar Mandi..	19
IV. 2 Pembahasan .....	29
IV. 2.1 Total Koloni Bioaerosol Fungi Patogen pada Kamar Mandi Kampus UIN Ar-Raniry .....	29
IV. 2. 2 Karakteristik Bioaerosol Fungi yang Terdapat pada Kamar Mandi..	34
IV. 2. 3 Uji Patogenitas Fungi dengan media Blood Agar .....	38
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>44</b>
V. 1 Kesimpulan .....	44
V. 2 Saran.....	44
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>45</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>51</b>
<b>RIWAYAT HIDUP.....</b>	<b>61</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel III. 1 Jadwal Kegiatan Harian .....	15
Tabel III. 2 Kode sampel isolat pada setiap kamar mandi Fakultas di UIN Ar-Raniry.....	16
Tabel IV. 1 Pengukuran Faktor Fisik dan Total Koloni Fungi di Kamar Mandi Fakultas UIN Ar-Raniry .....	19
IV. 2 Karakteristik Bioaerosol Fungi pada Kamar Mandi.....	20
Tabel IV. 3 Referensi jamur dari berbagai sumber.....	27
IV. 4 Hasil Uji Patogenitas Fungi pada Media <i>Blood Agar</i> .....	39



## DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Morfologi koloni <i>A. flavus</i> pada PDA (A) tampak depan (B) terbalik (Nguyen <i>et al.</i> , 2020b)(C) mikroskopis (Mayachar & Nandini, 2020).....	9
Gambar II. 2 Mikroskopis dan makroskopis spesies <i>Fusarium oxysporum</i> (Cutuli <i>et.al.</i> , 2015).....	10
Gambar IV. 1 Isolat <i>Aspergillus</i> Sp. (A) mikroskopis penelitian (1) konidiofor(2)konidia, (3)vesicle (B) mikroskopis <i>Aspergillus niger</i> (Billones <i>et.al.</i> , 2020).....	34
Gambar IV. 2 Isolat <i>Aspergillus</i> Sp1 (A) mikroskopis penelitian, (1) vesicle, (2) konidiofor (B) mikroskopis <i>Aspergillus</i> Sp. (Ristiari <i>et.al.</i> , 2018) .....	35
Gambar IV. 3 Isolat <i>Aspergillus flavus</i> (A) mikroskopis penelitian (1) konidiofor, (2) vesicle, (3) konidia (B) isolat mikroskopis <i>Aspergillus</i> Sp. (Suresh <i>et.al.</i> , 2016) .....	35
Gambar IV. 4 Isolat <i>Alternaria</i> Sp. (A) mikroskopis penelitian (1) konidiofor, (2) konidia (B) isolat mikroskopis <i>Alternaria</i> Sp. (Regina Radja <i>et.al.</i> , 2024) .....	36
Gambar IV. 5 Isolat <i>Trichoderma</i> Sp. (A) mikroskopis penelitian (1) konidiofor,(2) cabang konidiofor,(3) fialid,(4) konidia (B) Isolat <i>Trichoderma</i> Sp. Mikroskopis (Purwantisari & Hastuti, 2009).....	37
Gambar IV. 6 Isolat <i>Fusarium</i> Sp1 (A) mikroskopis penelitian (1) hifa, (2) makrokonidia (B) Isolat <i>Fusarium</i> Sp. Mikroskopis (Sholihah <i>et al.</i> , 2019).....	37
Gambar IV. 7 Isolat <i>Fusarium</i> Sp2 (A) mikroskopis penelitian (1) hifa, (2) mikrokonidia (B) mikroskopis <i>Fusarium</i> Sp.(Cholilalah, Rois Arifin, 1967).....	38

جامعة الرانيري

A R - R A N I R Y

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Keterangan Pembimbing Skripsi.....	51
Lampiran 2 Surat Izin Penelitian.....	52
Lampiran 3 Perhitungan Total Koloni Bioaerosol Fungi.....	53
Lampiran 4 Dokumentasi pengambilan sampel pada 9 kamar mandi .....	54
Lampiran 5 Dokumentasi Prosedur Kerja.....	58
Lampiran 6 Rincian Pengeluaran Penelitian.....	60



# BAB I PENDAHULUAN

## I.1 Latar Belakang

Udara mengandung banyak mikroorganisme yang berperan sebagai media transmisi sel mikroba tunggal yang tidak terikat (virus, bakteri, jamur), sebagai rumpun yang terdiri dari beberapa mikroorganisme, atau sel utuh ataupun fragmen sel dapat menempel pada partikel tersuspensi lainnya (Bhat *et al.*, 2022). Kualitas udara dalam ruangan dipengaruhi oleh faktor biologis dan fisik. Salah satunya adalah bioaerosol (aerosol biologis), yang merupakan partikel bahan biologis yang tersuspensi di udara. Terdiri dari virus, bakteri, jamur, ganggang, serbuk sari tanaman, metabolit, endotoksin, mikotoksin, glukukan dan fragmen bahan organik (Ruiz-Gil *et al.*, 2020).

Aerosol didefinisikan sebagai partikel tersuspensi di udara, dengan “Bioaerosol” yaitu partikel yang berasal dari biologis. Aerosol nonbiologis (seperti debu, logam berat, sulfur oksida, dan senyawa organik) telah dipelajari secara ekstensif karena efek negatifnya terhadap kesehatan masyarakat dan ekosistem alam. Di dalam bioaerosol, ditemukan entitas mikroba yang terisolasi atau terikat (bakteri, jamur, protozoa, alga, archaea, dan virus), fragmen padat atau ekskresi organisme, sisa tanaman, serasah daun, dan serbuk sari (Ruiz-Gil *et al.*, 2020).

Mikroorganisme di udara biasanya ada di atmosfer dan aktif secara metabolik, terdiri dari sebagian besar partikel di udara. Udara menyebarkan berbagai bakteri patogen dan jamur alergi yang mempengaruhi kesehatan manusia, satwa liar, dan tanaman, yang dapat diangkut dengan aliran udara, sehingga mempengaruhi seluruh ekosistem (Bhat *et al.*, 2022). Jamur anemofilik, sebagai fraksi bioaerosol, juga dapat dianggap sebagai bioindikator pencemaran udara, penyakit tanaman, dan reaksi alergi yang memiliki spektrum bentuk klinis yang luas. Ini menyajikan rentang konsentrasi yang luas di daerah perkotaan sesuai dengan interaksi antara faktor biologis dan lingkungan (Castro e Silva *et al.*, 2020). Jamur bioaerosol juga banyak ditemukan di lingkungan dan dapat memicu alergi, toksisitas akut dan dapat menyebabkan kanker di antara populasi yang terpapar, terutama pada mereka yang *immunocompromised* dan rentan secara

genetik. *Aspergillosis* dan *Kandidiasis* adalah infeksi jamur yang paling umum terjadi karena masing-masing menargetkan sistem pernapasan dan sistem *integument*. Namun, perkiraan penyakit ini masih membutuhkan lebih banyak studi *epidemiologi* (Hilapo *et al.*, 2022).

Kamar mandi yaitu fasilitas yang wajib ada disetiap bangunan publik, seperti sekolah, rumah sakit, kantor, pusat perbelanjaan, tempat ibadah, terminal dan juga kampus. Penataan ruang kamar mandi umum dan peralatan sanitasinya akan memberi pengaruh terhadap perilaku penggunaannya (Mafra *et al.*, 2020). Oleh karena itu, kamar mandi umum yang memadai dan sehat harus disediakan. Untuk mengevaluasi kamar mandi umum, dapat diperlakukan sistem yang terdiri dari tiga subsistem; pertimbangan lingkungan, pertimbangan ramah pengguna, dan fasilitas pendukung (Yan *et al.*, 2021). Salah satu ruangan yang perlu diperhatikan kebersihannya adalah kamar mandi, dan keberadaan mikroba udara di kamar mandi. Tidak terjaganya kebersihan kamar mandi menyebabkan munculnya masalah pada lingkungan kamar mandi, seperti munculnya mikroorganisme seperti jamur yang tentunya berbahaya untuk kelangsungan hidup manusia. Bukan hanya faktor kebersihan saja tetapi juga dipengaruhi oleh faktor pertukaran udara di dalam maupun di luar ruangan serta pembangunan/rancangan pembangunan yang tidak tepat (Hikmah *et al.*, 2020).

Profilerasi pertumbuhan jamur di sebuah bangunan biasanya disebabkan oleh semacam peningkatan atau peristiwa kelembaban. Tingkat jamur yang meningkat ini harus diperbaiki untuk memastikan bahwa individu yang sensitif tidak mengalami gangguan terkait kesehatan dengan peningkatan tingkat jamur di udara. Selain itu, jenis konstruksi, umur struktur, kondisi struktur, jenis bahan bangunan, musim, dapat mempengaruhi tingkat normal yang ditemukan di lokasi tertentu. Telah dipahami dengan baik bahwa peningkatan kadar jamur di udara dapat dikaitkan dengan berbagai efek kesehatan yang merugikan. Efek kesehatan ini tidak dipahami dengan baik dan tidak ada kesimpulan yang tepat yang dapat disimpulkan dari berbagai studi yang dilaporkan hingga saat ini (Konstantinou *et al.*, 2022).

Menurut (Lou *et al.*, 2021) menyatakan bahwa bioaerosol di kamar mandi merupakan risiko kesehatan yang meningkat. Banyak penelitian bertujuan untuk

menilai risiko paparan dan mengidentifikasi kontrol terhadap bioaerosol ini. Jamur patogen yang tersebar melalui udara di kamar mandi juga dapat menginfeksi manusia. Hal ini menimbulkan kekhawatiran, kesehatan dan keamanan fasilitas kamar mandi, terutama di kampus, menjadi perhatian utama.

Penelitian mengenai bioaerosol fungi di kamar mandi penting dilakukan, terutama mengingat dampaknya pada kesehatan dan kualitas udara. Berdasarkan penelitian, bioaerosol fungi patogen dalam kamar mandi menjadi ancaman bagi kesehatan manusia. Kamar mandi yang sering terpapar kelembaban menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan fungi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memahami penyebaran dan karakteristik bioaerosol fungi patogen di fasilitas kamar mandi kampus UIN Ar-Raniry. Maka, tindakan pencegahan yang efektif dapat diambil untuk mengurangi risiko penyebaran penyakit dan meningkatkan kebersihan lingkungan sehari-hari.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa total koloni bioaerosol fungi patogen pada kamar mandi di kampus UIN Ar-Raniry?
2. Bagaimana karakteristik bioaerosol fungi yang terdapat pada kamar mandi?
3. Bagaimana hasil uji patogenitas fungi pada media *Blood Agar*?

## **I.3 Tujuan Penelitian**

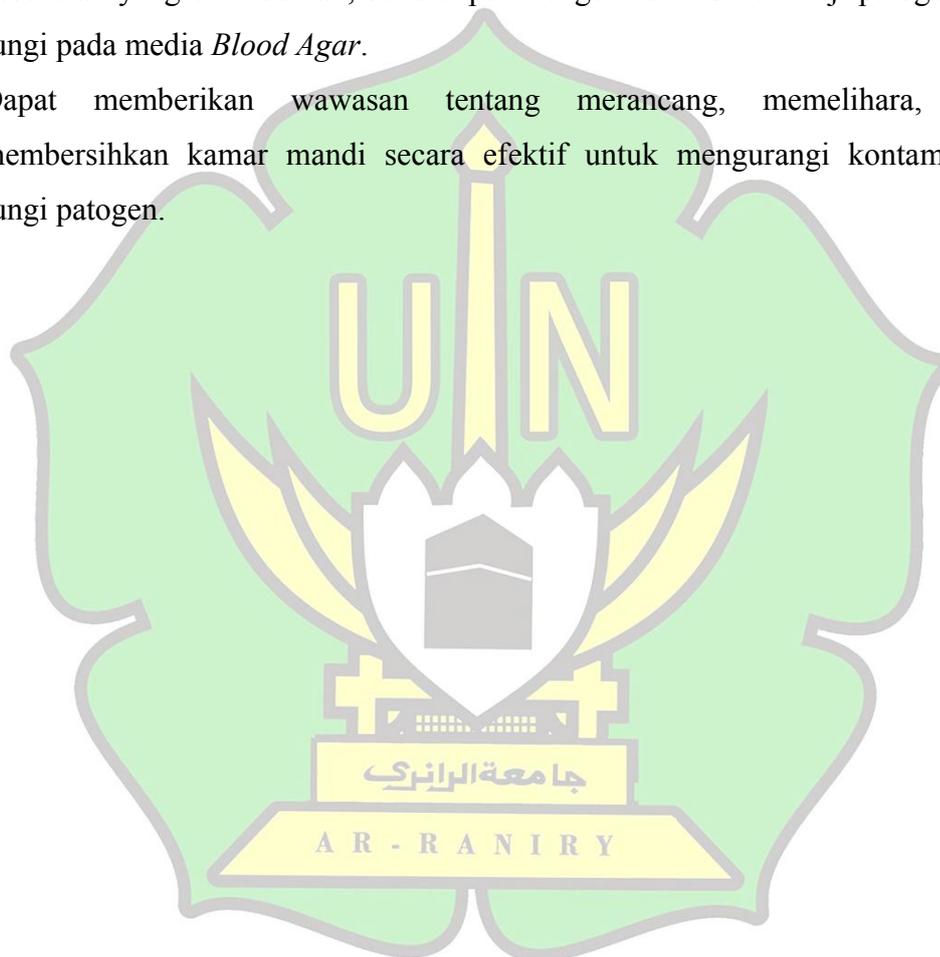
Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui total koloni bioaerosol fungi patogen pada kamar mandi.
2. Untuk mengetahui bioaerosol fungi patogen pada kamar mandi secara makroskopis maupun mikroskopis.
3. Untuk mengetahui hasil uji patogenitas fungi pada media *Blood Agar*.

#### **I.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Manfaat penelitian ini diharapkan mendapat pengetahuan dan pengalaman mengenai cara isolasi bioaerosol fungi patogen yang terdapat pada kamar mandi.
2. Mengetahui karakteristik bioaerosol fungi patogen kamar mandi dan efek kesehatan yang ditimbulkan, serta dapat mengetahui hasil dari uji patogenitas fungi pada media *Blood Agar*.
3. Dapat memberikan wawasan tentang merancang, memelihara, dan membersihkan kamar mandi secara efektif untuk mengurangi kontaminasi fungi patogen.



## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **II.2 Bioaerosol Fungi**

Bioaerosol mengacu pada aerosol yang mengandung mikroorganisme atau zat biologis dengan diameter aerodinamis  $<100 \mu\text{m}$ , yang terikat dengan penyebaran berbagai penyakit. Studi sebelumnya telah menemukan bahwa bioaerosol memiliki banyak bahaya. Menghirup endotoksin dari bakteri gram-negatif dianggap menyebabkan peningkatan kejadian diare, gejala saluran napas dan kelelahan pada pekerja limbah (Wang *et al.*, 2022).

Bioaerosol adalah partikel biologis yang terbawa udara. Diameter bioaerosol berkisar dari  $0,3 \mu\text{m}$  hingga  $100 \mu\text{m}$ , dan khususnya bioaerosol yang dapat terhirup (ukuran berkisar dari  $1$  hingga  $10 \mu\text{m}$ ) menjadi perhatian utama. Bioaerosol mudah diangkut melalui udara dan dapat tetap berada di lingkungan udara karena ukurannya yang kecil dan ringan. Bioaerosol yang dapat terhirup atau melekat pada tubuh manusia dalam keadaan terbawa udara, telah diketahui sebagai agen etiologic untuk penyakit pernapasan dan menular pada manusia (Heo *et al.*, 2017).

Bioaerosol terdiri dari berbagai komponen virus, bakteri, jamur, spora, dan polen, serta dapat berupa mikroorganisme patogen dan non-patogen yang mati atau hidup. Jumlah sel mereka di atmosfer adalah antara  $10^4$  dan  $10^6 \text{ M}^{-3}$ , dan mereka adalah partikel udara kecil yang biasanya berkisar antara  $0,001$  hingga  $100 \text{ M}$ . Bioaerosol dapat dihasilkan dari sumber alami dan antropogenik dan mudah ditranslokasikan oleh angin dan air (Lee *et al.*, 2023).

Partikel bioaerosol yang terdapat di udara sebagai sel tunggal, agregat sel atau sebagai fragmen utuh. Sangat sering bioaerosol yang disebutkan di atas diangkut dengan partikel lain seperti kulit, rambut, tanah, debu, air liur, lendir atau tetesan air. Bioaerosol sering dikaitkan dengan dengan partikel PM 2.5 dan dapat membentuk 15-25% massanya. Ukurannya bervariasi dari beberapa nanometer hingga kira-kira  $0,1 \text{ mm}$  (Basińska *et al.*, 2019).

Sebuah studi tentang bioaerosol dari pabrik limbah di Beijing utara menemukan bahwa konsentrasi bakteri dan jamur pada arah angin dari pabrik

adalah 233 CFU/m<sup>3</sup> dan 520 CFU/m<sup>3</sup>, dan sampel udara yang dikumpulkan di luar pabrik dengan arah melawan angin lebih rendah daripada konsentrasi di pabrik (J. Wang & Norbäck, 2022). Dalam lingkungan yang tidak terkontaminasi, ketika konsentrasi bioaerosol rendah, sebagian besar partikel biologis bukanlah ancaman kesehatan yang serius, namun sebagian dapat menunjukkan beberapa patogenitas serta sifat hipoaergenik dan toksik (Basińska *et al.*, 2019).

Beberapa potensi sumber bioaerosol telah diusulkan untuk lingkungan udara dalam ruangan, termasuk sistem pendingin udara dengan filter yang terkontaminasi, kamar mandi yang tidak terkontrol, dapur kotor, dan aliran udara luar ruangan yang mengandung berbagai mikroorganisme luar ruangan. Studi terbaru menunjukkan bahwa aktivitas penghuni dalam ruangan, seperti berjalan kaki, memengaruhi konsentrasi partikel aerosol biasa. Secara khusus, beberapa penelitian telah menemukan bahwa aktivitas penghuni meningkatkan konsentrasi partikel aerosol yang lebih kasar (diameter aerosol >1 µm) di lingkungan dalam ruangan (Heo *et al.*, 2017).

Bioaerosol dari instalasi pengolahan limbah terdeteksi, dan ditemukan bahwa konsentrasi aerosol mikroba yang terdeteksi pada setiap tahap pengolahan berkisar antara 107 hingga 37139 CFU/m<sup>3</sup>. Suhu, kelembaban relatif, cahaya dan faktor lainnya juga akan mempengaruhi konsentrasi bioaerosol dan komposisi mikroba. Ketika suhu lebih tinggi dari 24°C, dan kelembaban relatif lebih tinggi dari 35%, jumlah mikroorganisme di udara akan meningkat (Wang *et al.*, 2022).

Pengetahuan langka serupa ada tentang paparan partikel biologis di dalam bangunan. Diperkirakan bahwa saat ini populasi manusia di kota-kota menghabiskan >80% di dalam ruangan, mengingat waktu di tempat kerja dan rumah yang telah mempengaruhi polutan udara di lingkungan ini. Dengan demikian, beberapa penelitian menggambarkan efek potensial dari paparan jamur dan bakteri di dalam gedung publik dan pusat kesehatan, memberikan perhatian khusus pada anak-anak sebagai warga negara yang paling rentan (Núñez & García, 2022).

Satu studi menemukan bahwa aktivitas perumahan memiliki efek nyata pada konsentrasi bioaerosol jamur yang dapat dikulturkan di lingkungan dalam ruangan. Disarankan bahwa aktivitas manusia menyebabkan resuspensi partikel

jamur yang menetap menjadi udara. Aliran udara luar dari aktivitas manusia, diusulkan menjadi faktor dominan yang bertanggung jawab atas tingkat bioaerosol jamur di lingkungan udara dalam ruangan (Heo *et al.*, 2017).

Dampak konsentrasi bioaerosol terhadap terjadinya iritasi saluran pernapasan atas, mual, demam bahkan berpotensi pneumonia dan penyakit pernafasan. Penularan mikroba patogen melalui kontak langsung (yaitu menjilat, menyentuh, dll) atau kontak tidak langsung (batuk dan bersin) (Basińska *et al.*, 2019).

### **II. 1. 1 Bioaerosol Fungi Patogen**

Bioaerosol adalah partikel udara yang sangat kecil (berkisar antara 0,001 hingga 100  $\mu\text{m}$ ) yang secara biologis berasal dari tumbuhan/hewan dan dapat mengandung organisme hidup. Oleh karena itu, mikroorganisme patogen dan/atau non-patogen mati atau hidup (misalnya virus, bakteri, dan jamur) mungkin ada di bioaerosol. Bioaerosol mudah berpindah dari satu lingkungan ke lingkungan lain karena ukurannya yang kecil dan ringan. Dalam beberapa tahun terakhir, paparan bioaerosol di lingkungan kerja dan perumahan telah menarik banyak perhatian mengingat kemungkinan dampaknya terhadap kesehatan manusia (Núñez & García, 2022).

Bakteri dan jamur adalah komponen bioaerosol yang berada di lingkungan dalam dan luar ruangan yang berbeda, di mana komposisi kuantitatif dan kualitatifnya sangat bergantung pada variabel waktu dan ruang yang berbeda, faktor fisik, kimia, dan biologis. Bioaerosol dalam ruangan sebagian besar telah dicirikan mengenai keselamatan kesehatan orang yang tinggal sebagian waktunya di ruang tertutup seperti rumah, rumah sakit, sekolah, kantor atau pabrik produksi. Akibatnya, penelitian difokuskan pada penentuan konsentrasi jamur di udara, dan pemantauan spesies patogen, alergenik atau oportunistik yang mungkin berbahaya bagi penghuni yang terpapar (Kozdrój *et al.*, 2019).

Bioaerosol ini ada di udara yang kita hirup setiap hari dan meskipun kebanyakan tidak berbahaya, sebagian besar memiliki kemampuan untuk memicu efek negatif pada kesehatan manusia (Nguyen *et al.*, 2020). Misalnya, serbuk sari dari beberapa spesies yang biasanya ditemukan di taman dan kebun menyebabkan alergi, mempengaruhi ribuan orang di seluruh dunia. Sebagian besar spora jamur

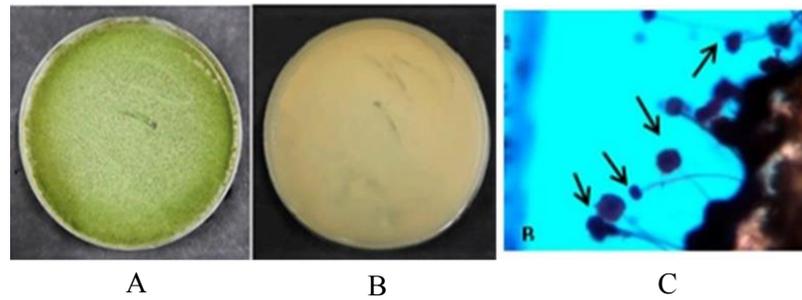
juga dianggap sebagai aeroallergen yang kuat, dengan perwakilan yang paling terkenal termasuk dalam genera *Alternaria*, *Cladosporium*, atau *Aspergillus* karena kelimpahan dan prevalensinya yang tinggi di atmosfer (Núñez & García, 2022).

Paparan dapat berubah sesuai dengan konstruksi dan peralatan dalam ruangan, ventilasi dan pergerakan udara, kepadatan dan aktivitas penghuni serta prosedur pembersihan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa inkubasi tanaman dapat menyebabkan peningkatan manfaat *Paenibacillus*, *Plantomyces* yang berasosiasi dengan tanaman dengan fungsi yang tidak diketahui dan jamur penghasil spora *Aspergillus ochraceus*, *Wallemia muriae* dan *Penicillium* spp. dengan potensi alergi (Kozdrój *et al.*, 2019).

Selain itu, penyakit seperti *tuberculosis* atau *legionellosis* adalah penyakit bakteri yang ditularkan melalui udara, dan bersama dengan jamur menular seperti *Histoplasma capsulatum* (histoplasmosis), *Cryptococcus neoformans* (kriptokokosis) atau *Aspergillus* spp. (aspergillosis, aspergilloma dan alergi) merupakan ancaman nyata, terutama bagi pasien *immunocompromise* (Núñez & García, 2022).

Genus *Aspergillus* sebagai jamur aseksual yang konidiofornya mirip dengan *Aspergillum*. Genus terdiri dari 399 spesies, yang diklasifikasikan menjadi empat sub genera (*Aspergillus*, *Circumdati*, *Fumigati*, dan *Nidulan*). Identifikasi *Aspergillus* spesies telah direvisi, dan sekarang bergantung pada metode standar berdasarkan karakteristik morfologi, karakterisasi ekstralite, dan multianalisis urutan DNA lokus (Nguyen *et al.*, 2020).

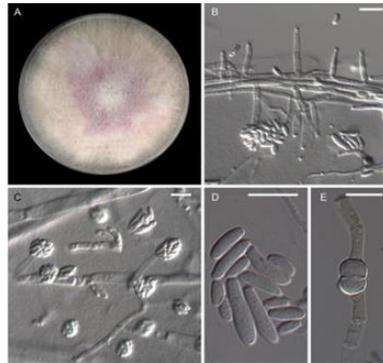
Paparan AF juga bertanggung jawab atas stunting pada anak-anak. Menemukan hubungan negatif yang signifikan antara pertumbuhan bayi baru lahir dan paparan AF. Hubungan yang erat antara paparan AF dan peningkatan kejadian keguguran dan penyakit kuning. Berbagai penelitian juga telah dilakukan untuk mengevaluasi toksisitas AF terhadap kesehatan hewan. Paparan AF menyebabkan penyakit serius pada hewan seperti eksudat paru dan trakea pada kuda dan edema paru, akresi mukosa, kelemahan kapilaritas, dan lesi ikterus pada babi (Nguyen *et al.*, 2020).



Gambar II. 1 Morfologi koloni *A. flavus* pada PDA (A) tampak depan (B) terbalik (Nguyen *et al.*, 2020)(C) mikroskopis (Mayachar & Nandini, 2020)

Morfologi dari *A. flavus* koloni PDA disajikan pada Gambar 2. 1. Pada awalnya, warna miselium dari *A. flavus* putih. Setelah 3 hari inkubasi, *A. flavus* koloni membentuk konidia berwarna hijau zaitun yang mendominasi penampakan koloni. Umumnya, koloni berbentuk datar di tepinya, sementara di tengahnya terangkat., semua *A. flavus* isolat menghasilkan eksudat (tetesan) yang berwarna coklat atau tidak berwarna. Pada beberapa isolat, dihasilkan miselia jamur (sclerotia) yang padat, berwarna coklat tua. Selain itu, diameter koloni berkisar antara 65 hingga 75 mm, dikelilingi oleh lingkaran putih (Nguyen *et al.*, 2020).

Genus *Fusarium* diklasifikasikan ke dalam spesies yaitu *F. solani*, *F. oxysporum*, *Gibberella (Fusarium)*, *F. incarnatum* dan *F. dimerum*. Sebagian besar spesies patogen jamur ini telah ditemukan dalam sampel lingkungan. Selain itu, konidia di udara juga dapat mewakili sumber infeksi yang relevan. Sebuah studi baru-baru ini membuktikan hubungan genetik antara *Fusarium* spesies diisolasi dari udara rumah sakit dalam ruangan. *Fusarium* udara didapat dengan menghirup konidia udara, seperti yang ditunjukkan oleh terjadinya sinusitis dan pneumonia tanpa adanya penyebaran. Pada pasien *immunocompromise* parah, fusariosis adalah infeksi jamur paling umum kedua pada manusia, tepat setelah aspergillosis. Jamur ini menyebabkan penyakit superfisial (seperti onikomikosis dan keratitis) dan invasive lokal (Sáenz *et al.*, 2020).



Gambar II. 2 Mikroskopis dan makroskopis spesies *Fusarium oxysporum* (Cutuli *et.al.*, 2015)

### II. 3 Faktor Pertumbuhan Bioaerosol Fungi

Faktor risiko gangguan lingkungan dalam ruangan di tempat tinggal dapat mencakup alergen, adanya kelembapan dan jamur, ventilasi yang tidak memadai dan emisi kimia dari bahan bangunan. Keluhan tentang kualitas udara dalam ruangan yang buruk dapat menjadi indikasi awal adanya masalah di lingkungan dalam ruang (Wang & Norbäck, 2022).

Pertumbuhan jamur biasanya dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan yang akan berpengaruh pada pertumbuhan miselium dan tubuh buah jamur. Menurut (Firyal, 2021) faktor-faktor tersebut antara lain : substrat yaitu sumber nutrisi yang berperan penting bagi jamur. Nutrisi baru dapat digunakan setelah jamur mengekskresikan enzim ekstraseluler sehingga mengurai senyawa kompleks dari substrat tersebut menjadi senyawa yang lebih sederhana.

Struktur beton dapat rusak oleh berbagai mekanisme fisik, kimia, maupun biologis. Beton memang mudah dijajah oleh mikroorganisme, termasuk bakteri, ganggang dan jamur serta aktivitas mereka, seperti sekresi enzim, asam amino atau ekskresi produk sampingan metabolisme, misalnya bahan limbah pembentuk asam dapat menyebabkan kerusakan yang signifikan. *Cladosporium* adalah genus jamur dominan yang terkait dengan degradasi estetika yang diamati pada struktur yang berbeda (Mahardhika *et al.*, 2021).

Sebagian besar bangunan menderita kelembapan yang berlebihan pada tahap tertentu dalam siklus hidup mereka meskipun faktor risiko bervariasi antara jenis bangunan, wilayah geografis, dan iklim. Kelembapan yang berlebihan dalam

struktur bangunan menyebabkan pertumbuhan mikroba seperti jamur, dan bakteri yang menyebabkan risiko kesehatan yang merugikan bagi pengguna bangunan (Vilén *et al.*, 2022).

Kehidupan mikroorganisme di udara tentunya dipengaruhi oleh lingkungan, yaitu (1) suhu, makhluk hidup mempunyai toleransi terhadap batas suhu terendah dan batas suhu tertinggi begitu juga dengan mikroba, suhu yang tinggi maupun sangat rendah akan mempengaruhi tingkat kehidupannya, (2) senyawa gas, beberapa senyawa seperti oksigen dan nitrogen akan menunjang kehidupan mikroba tetapi senyawa seperti NO<sub>x</sub> dan SO<sub>2</sub> akan menghambat pertumbuhan, (3) tekanan osmosis, tekanan didalam sel dan lingkungannya harus seimbang jika tidak sel akan mengalami plasmolysis, (4) radiasi, seperti sinar UV dari matahari yang tinggi akan mengganggu kehidupan mikroba (Kamelia *et al.*, 2019).

Jamur yang membutuhkan kelembapan yang relatif cukup tinggi, antara 95-100% sehingga membantu pertumbuhan yang maksimum pada jamur; jamur juga membutuhkan suhu untuk pertumbuhan yang berkisar 10-40°C dengan pertumbuhan optimal berkisar 25-30°C. Berdasarkan suhu jamur terbagi menjadi 3 yaitu termofil, mesofil, dan psikrofil. Cahaya tidak selalu berperan penting dalam pertumbuhan jamur, cahaya hanya di butuhkan untuk pembentukan tubuh buah, spora dan pelepasan spora yang bersifat fototropisme positif (Firyal, 2021).

Sebuah strategi untuk menghindari kolonisasi jamur yaitu dengan menjaga kondisi pertumbuhan yang tidak menguntungkan dengan mengontrol kelembapan relatif (RH) dan suhu (T). Salah satu strategi pencegahan dapat memantau jamur di udara. Jika strategi pencegahan menghindari pertumbuhan jamur gagal, memblokir pertumbuhan lebih lanjut dapat mengurangi kerusakan. Inspeksi bangunan menyeluruh dapat menentukan penyebab kelembapan berlebih untuk menghilangkan sumber jamur (Yan *et al.*, 2021).

Pertumbuhan jamur pada bangunan merupakan bahaya fisiologis dan visual yang menyebabkan perubahan warna pada permukaan bangunan atau pelapukan batu, juga dikaitkan dengan perkembangan asma dan gejala saluran pernapasan atas pada penghuni gedung. Kelembapan (akumulasi kelembapan yang berlebihan) merupakan prasyarat untuk pertumbuhan jamur, namun itu

bukan satu-satunya faktor karena pertumbuhan jamur merupakan fenomena yang kompleks (Marincioni & Altamiro-Medina, 2017).

Kontaminasi jamur diakui sebagai bahaya kesehatan utama bagi penghuni di lingkungan dalam ruangan. Banyak studi epidemiologi dan klinis telah mengungkapkan efek kesehatan yang merugikan terkait dengan paparan kontaminan jamur dalam ruangan melalui inhalasi, konsumsi dan kontak kulit seperti asma, batuk dan gejala pernapasan lainnya. Tercatat bahwa beberapa spesies kapang, seperti genus *Penicilium*, lebih sering terjadi di udara dalam ruangan daripada di udara luar, menunjukkan peran penting kinerja ventilasi dalam menghilangkan jamur di dalam ruangan (Ye & Qian, 2017).

Ventilasi memiliki dua peran utama terkait kontaminan jamur di udara dalam ruangan. Di satu sisi, kelebihan tingkat kelembapan dalam ruangan dapat dikurangi dengan ventilasi yang efisien, yang merupakan penentu utama pertumbuhan jamur pada permukaan internal. Laju perubahan udara (ACH) yang lebih tinggi dilaporkan mendorong pertumbuhan *Cladosporium*, yang sumber utamanya berasal dari luar ruangan (Rawat & Kumar, 2023).

Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh (Yulia *et al.*, 2019) identifikasi jamur kontaminan udara di ruang perawatan bagian dalam Ilmu Penyakit Dalam RSUD Banjarbaru diperoleh lima jenis jamur yaitu *Rhizopus Sp.*, *Aspergillus niger*, *Trichosporon Sp.*, *Penicilium Sp.*, dan *Aspergillus flavus*. Jamur-jamur ini termasuk ke dalam golongan *Ascomycetes* dan *Basidiomycetes* dan berkemampuan untuk menghasilkan dan menyebarkan spora melalui udara. Spora tersebut bertahan terhadap keadaan kering dalam waktu lama dan akan tumbuh menjadi jamur apabila kondisi lingkungannya cocok untuk pertumbuhan jamur *Rhizopus Sp.*, *Aspergillus niger*, *Trichosporon Sp.*, *Penicilium Sp.*, dan *Aspergillus flavus*. Umumnya banyak dijumpai di udara sebagai kontaminan.

#### **II. 4 Mekanisme Pengambilan Sampel Bioaerosol Fungi Patogen**

Menurut penelitian (Wang *et al.*, 2022) Model *Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory* (HYSPLIT) digunakan untuk memprediksi area difusi dan konsentrasi bioaerosol untuk menggambarkan dampak bioaerosol pada

kerumunan di sekitarnya. Karakteristik bioaerosol dianalisis dengan *Anderson sampler dan high-throughput sequencing technology*, model HYSPLIT digunakan untuk menstimulasi difusi bioaerosol yang dihasilkan oleh limbah, dan bahaya bioaerosol terhadap Masyarakat sekitar dinilai melalui HQ (*Hazard Quota*) dan prediksi fenotipe Bugbase.

Menurut penelitian (Kozdrój *et al.*, 2019) penyaring kaskade Andersen enam tahap (model 10-710, Graseby-Andersen, Inc., USA), yang dapat memisahkan partikel dengan diameter aerodinamis berikut: 0,65/1,1/2,1/3,3/4,7/7  $\mu\text{m}$ , digunakan untuk udara. Selama pengukuran, penyaring ditempatkan pada ketinggian 1-1,5 m di atas permukaan tanah untuk menstimulasikan aspirasi dari zona pernapasan manusia. Laju aliran pengambilan sampel adalah 28,3 L min<sup>-1</sup>, dan waktu pengambilan sampel 5 menit. Untuk setiap sampel, volume udara yang dianalisis selalu 0,1415 m<sup>3</sup>. Sebelum dan sesudah setiap sesi pengambilan sampel, laju aliran pompa dikalibrasi menggunakan pengukur aliran digital dengan rentang pengukuran 2-30 L min<sup>-1</sup> (Gilian Gilibrator-2 Sensidyne, Inc., USA).

Menurut penelitian (Heo *et al.*, 2017) selama kampanye pengukuran, perangkat Bio-Culture (Buck Bio-Culture, Model B30120, AP Buck, Inc., Orlando, Florida, US) digunakan untuk mengambil sampel bioaerosol. Perangkat Bio-Culture adalah sampler tipe penyaring multi-jet untuk mengumpulkan mikroorganisme di udara. Laju aliran pengambilan sampel adalah 100 L/menit dan waktu pengambilan sampel sekitar 1 menit per sampel untuk mencegah kepadatan koloni. Pengukuran direplikasi setidaknya tiga kali dalam kondisi pengambilan sampel individu.

Menurut penelitian (Núñez & García, 2022) dua sampel udara DUO SAS Super 360 (VWR) digunakan untuk mengumpulkan sampel. Ini adalah perangkat tipe penyaring dengan dua kepala untuk cawan petri yang bekerja secara bersamaan selama pengumpulan (replikasi), dengan laju aliran udara 180 L/menit. Kepala sampel dibersihkan dan diautoklaf setiap hari setelah pengambilan sampel. Cawan petri steril kosong ditutupi dengan petroleum jelly farmasi (Vaseline, Interapothek, Spanyol), yang digunakan sebagai permukaan perekat untuk mengumpulkan partikel udara. Mereka disiapkan dalam lemari biosafety menggunakan bahan yang disterilkan dan ditutup pada suhu 4°C sampai waktu

pengambilan sampel. Sampel 2 jam ( $-21,6 \text{ m}^3$  udara per cawan petri) dikumpulkan dengan masing-masing perangkat, yang berjalan serempak (indoor dan outdoor).

Menurut penelitian (Roy *et al.*, 2020) pengambilan sampel PM dalam ruangan dilakukan dengan menggunakan sampel udara volume rendah yaitu, Mini Vol TAS (Airmetrics, USA) dengan laju aliran konstan 5l/menit. Sampel dikumpulkan pada kertas saring nukleopori steril yang telah ditimbang dan pasca pengambilan sampel; filter segera dibawa ke laboratorium dan disimpan semalaman pada suhu  $4^\circ\text{C}$  di lemari es. Keesokan harinya, filter bermuatan PM dipotong kecil-kecil dan dipisahkan ke tabung biakan steril yang berisi 10 ml media ekstraksi (0,1% air pepton steril dan 0,01% Tween 80) dan divorteks selama sekitar 6 jam dan disimpan dalam lemari es. Parameter meteorologi yaitu suhu ( $^\circ\text{C}$ ) dan kelembaban relative (RH%) diukur secara bersamaan selama pengambilan sampel oleh monitor kualitas udara dalam ruangan Aeroqual (IQM 60, laju aliran:  $1,0 \pm 0,05$  LPM).

Menurut penelitian (Lee *et al.*, 2023) filtrasi, sentrifugasi, impaksi, dan presipitasi elektrostatis (ESP) adalah contoh Teknik pengumpulan bioaerosol saat ini. Filtrasi sering digunakan untuk mengumpulkan bioaerosol karena kenyamanan dan kemudahan penggunaannya. Mendeteksi bahan target dalam sampel bioaerosol yang dikumpulkan membutuhkan langkah-langkah perlakuan sampel, seperti pemisahan, pemekatan, dan ekstraksi. Untuk platform mikrofluida, saluran dengan berbagai desain, seperti pilar, herringbones, sentrifugal, dan spiral, dapat dirancang untuk mengontrol aliran fluida dan partikel untuk pemisahan dan konsentrasi.

Menurut penelitian (Reddy & Srinivas, 2017) metode open petri-plate digunakan untuk mengekstraksi spora jamur dari udara. Petri-plate terdiri dari media agar *Potato Dextrose* dan *Sabouraud* agar untuk menjebak spora kapang. Pelat-pelat ini terpapar udara selama 15 menit untuk menjebak spora. Karena periode waktu yang lebih singkat, tidak ada pertumbuhan jamur yang diamati. Lebih banyak waktu pelat yang terkena udara tumpang tindih spora diidentifikasi. Setelah terpapar udara cawan petri ditutup dan kedap udara dengan parafilm dan di tempatkan dalam wadah steril dan di bawa ke laboratorium untuk isolasi dan identifikasi jamur terbawa udara.

## BAB III METODE PENELITIAN

### III. 1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2023-Januari 2024 di Laboratorium Multifungsi Universitas Negeri Islam Ar-Raniry Banda Aceh. Lokasi pengambilan sampel yaitu di kamar mandi yang terletak pada 9 Fakultas UIN Ar-Raniry.

### III. 2 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

Berikut jadwal kegiatan yang dilakukan selama penelitian.

Tabel III. 1 Jadwal Kegiatan Harian

No.	Kegiatan	November				Desember				Januari			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Persiapan alat dan bahan.												
2.	Pengambilan sampel dan isolasi dari udara.												
3.	Inkubasi isolat yang telah diisolasi dari lapangan.												
4.	Perhitungan koloni												
5.	Pemurnian koloni												
6.	Pengamatan makroskopis dan mikroskopis serta idenifikasi												
7.	Uji lanjutan patogenitas dengan Blood Agar Plates.												
8.	Analisis data.												

### III. 3 Objek Penelitian

Adapun objek penelitian yaitu kamar mandi mahasiswa di 9 fakultas yang berada di kawasan UIN Ar-Raniry yakni Fakultas Sains dan Teknologi, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Fakultas Psikologi,

Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Fakultas Ushuluddin dan Filsafat, Fakultas Adab dan Humaniora, Fakultas Dakwah dan Komunikasi, dan Fakultas Syari'ah dan Hukum. Untuk selanjutnya nama kamar mandi tempat pengambilan sampel akan dinamai sesuai dengan kode pada tabel III. 2.

Tabel III. 2 Kode sampel isolat pada setiap kamar mandi Fakultas di UIN Ar-Raniry

No	Fakultas	Kode
1	Fakultas Psikologi	FP
2	Fakultas Ekonomi dan Bisnis Islam	FEBI
3	Fakultas Sains dan Teknologi	FST
4	Fakultas Ushuluddin dan Filsafat	FUF
5	Fakultas Dakwah dan Komunikasi	FDK
6	Fakultas Adab dan Humaniora	FAH
7	Fakultas Tarbiyah Keguruan	FTK
8	Fakultas Syariah dan Hukum	FSH
9	Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik	FISIP

### III. 4 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu cawan petri, mikroskop, autoklaf, laminar air flow, bunsen, oven, *coloni counter*, inkubator, kulkas, termohyrometer, lux meter, sarung tangan, plastik wrap, aluminium foil, tisu, masker dan box container.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu alkohol 70%, media PDA (*Potato Dextrose Agar*), aquadest, dan media BAP (*Blood Agar Plates*).

### III. 5 Metode Penelitian

Metode penelitian ini dilakukan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Reddy & Srinivas, (2017). Sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu sampel di ambil pada udara yang tersebar di salah satu kamar mandi mahasiswa, pengambilan sampel dilakukan secara *Purposive Random Sampling*. *Purposive random sampling* yaitu teknik pengambilan sampel dengan memperhatikan ciri-ciri khusus yang sesuai dengan kriteria pengambilan sampel. Kriteria yang diperhatikan yaitu ventilasi, faktor fisik (suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya) dan kondisi kamar mandi. Metode *open petri-plate* digunakan

untuk mengekstraksi spora jamur dari udara. *Petri-plate* terdiri dari media PDA untuk menjebak spora jamur. Pelat-pelat ini terpapar udara selama 15 menit untuk menjebak spora, sampel diambil pada pagi hari. Setelah terpapar udara cawan petri ditutup dan di tempatkan di wadah steril untuk di bawa ke laboratorium. Sebelum melakukan pengambilan sampel juga dilakukan pengukuran faktor fisik berupa suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya pada ruang kamar mandi (Sriwulan *et al.*, 2023).

### III. 5. 1 Isolasi Bioaerosol Fungi Patogen Kamar Mandi

Isolasi Bioaerosol Fungi Patogen yaitu sebagai berikut:

#### a. Perhitungan total koloni Bioaerosol Fungi

Perhitungan total koloni bioaerosol fungi dilakukan setelah diinkubasi selama 5 hari pada suhu 25-28 °C, suhu tersebut dipilih untuk menyesuaikan dengan suhu lingkungan. Kemudian dilakukan perhitungan dengan *coloni counter*. Jumlah koloni fungi yang diperoleh akan dinyatakan dalam bentuk CFU per meter kubik (CFU/M<sup>3</sup>) dengan rumus yaitu (EPA, 2014) seperti yang dikutip dalam (Vebriani *et al.*, 2023) :

$$CFU/m^3 = \frac{\text{Jumlah Koloni (CFU)}}{\text{Volume Udara (m}^3\text{)}}$$

Untuk cara hitung volume udara (m<sup>3</sup>) yaitu :

$$V = \frac{Q \times t}{1000}$$

Keterangan :

Q = Laju aliran udara (261/menit)

T = Lama pengambilan sampel (15 menit)

1000 = Konversi liter ke meter kubik

#### b. Karakteristik Bioaerosol Fungi

Kultur murni yang terbentuk kemudian diamati secara makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan makroskopis meliputi; warna koloni, balik koloni, bentuk koloni, dan tekstur koloni. Serta, pengamatan mikroskopis meliputi; bentuk miselium. Lalu dilakukan identifikasi jamur yang mengacu pada buku *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*, oleh Barnett dan Hunter (1998) dan jurnal

terkait.

c. Uji patogenitas dilakukan dengan media *blood agar*

Pengujian hemolisis dilakukan menggunakan media *blood agar*. Pengujian dilakukan dengan mengambil isolat jamur dengan menggunakan *cork borer* dan menempatkannya pada media *blood agar*, kemudian di inkubasi selama 7 hari pada suhu 28-30°C dan kemudian diamati (Haqqa *et al.*, 2023).

Kultur murni yang telah diidentifikasi kemudian dilakukan uji patogenitas menggunakan media *blood agar*. Menurut (Savkovic *et al.*, 2022) terdapat 2 jenis hemolisis yaitu ( $\beta$ , lengkap) hemolisis yang merupakan penghancuran total eritrosit oleh metabolit ekstraseluler mikroorganisme, dan ( $\alpha$ , parsial) hemolisis akibat oksidasi hemoglobin ( $\text{Fe}^{2+}$ ) menjadi methemoglobin ( $\text{Fe}^{3+}$ ) dan feri hemoglobin ( $\text{Fe}^{4+}$ ), sedangkan tidak adanya hemolisis bersifat kontradiktif yang disebut  $\gamma$  hemolisis. Suatu isolat dianggap alfa-hemolitik ketika zona perubahan warna hijau diamati pada media, beta-hemolitik ketika zona bening diamati yang menunjukkan lisis lengkap eritrosit pada pelat agar darah, dan gamma-hemolitik ketika tidak ada perubahan yang terlihat pada media. (+) menandakan fenotipe yang lebih kuat, dan (-) menandakan fenotipe yang lebih lemah (Perini *et al.*, 2019).

### III. 6 Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode deskriptif. Data yang diperoleh yaitu data kualitatif dan data kuantitatif. Data kualitatif dianalisis berdasarkan karakteristik bioaerosol fungi patogen pada kamar mandi secara makroskopis dan mikroskopis yang disajikan dalam bentuk gambar. Sedangkan data kuantitatif dianalisis berdasarkan jumlah total koloni yang terbentuk dari hasil isolasi bioaerosol fungi patogen kamar mandi dengan metode open petri-plate.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### IV. 1 Hasil Penelitian

#### IV. 1. 1 Total Koloni Bioaerosol Fungi Patogen pada Kamar Mandi di Kampus UIN Ar-Raniry

Sampel yang di ambil di 9 titik kamar mandi di setiap fakultas dan masing-masing 4 kali ulangan berjumlah 36 sampel. Setelah di inkubasi selama 5 hari pada suhu 25°C, koloni yang tumbuh di hitung dengan *coloni counter*. Berikut hasil perhitungan total koloni fungi dan pengukuran faktor fisik.

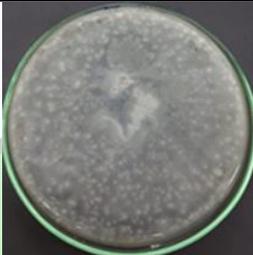
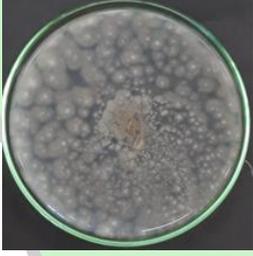
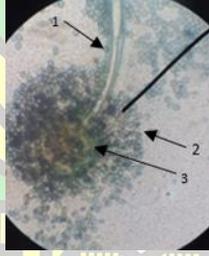
Tabel IV. 1 Pengukuran Faktor Fisik dan Total Koloni Fungi di Kamar Mandi Fakultas UIN Ar-Raniry

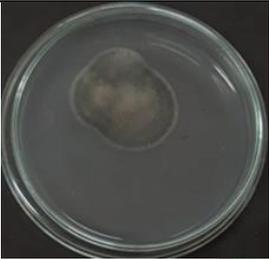
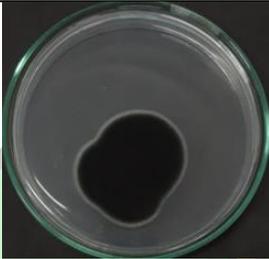
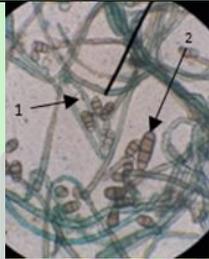
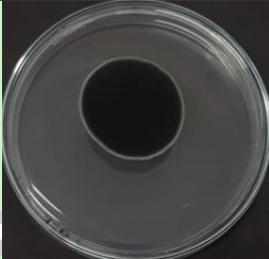
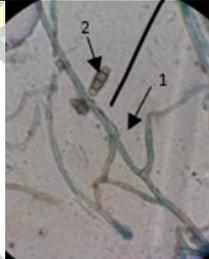
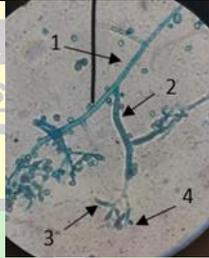
No.	Tempat	Faktor Fisik			Jumlah Koloni Fungi
		Suhu (°C)	kelembaban (%)	Intensitas cahaya (Lux)	
1	FP	29,1	69	463	5,62 CFU/m <sup>3</sup>
2	FEBI	29,3	63	115	4,34 CFU/m <sup>3</sup>
3	FST	27,7	79	57	5,11 CFU/m <sup>3</sup>
4	FUF	28,9	74	145	4,09 CFU/m <sup>3</sup>
5	FDK	31,6	75	165	5,11 CFU/m <sup>3</sup>
6	FAH	28,3	76	120	6,90 CFU/m <sup>3</sup>
7	FTK	29,4	74	183	5,11 CFU/m <sup>3</sup>
8	FSH	29,5	77	25	4,34 CFU/m <sup>3</sup>
9	FISIP	27,6	79	25	4,85 CFU/m <sup>3</sup>

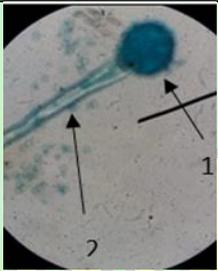
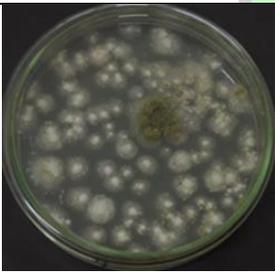
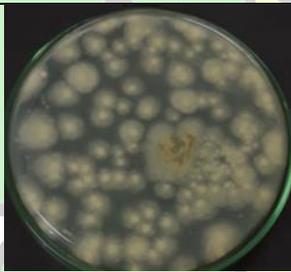
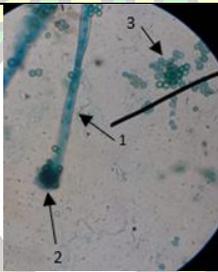
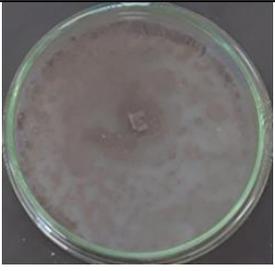
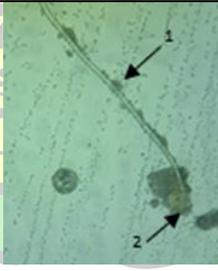
#### IV. 1. 2 Karakteristik Bioaerosol Fungi yang Terdapat pada Kamar Mandi

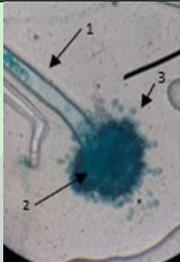
Berdasarkan pengamatan makroskopis terdapat kesamaan morfologi. Sehingga pada saat pemurnian diambil koloni fungi yang berbeda secara makroskopis. Data disajikan dalam tabel berikut.

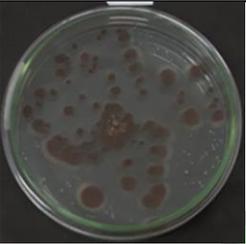
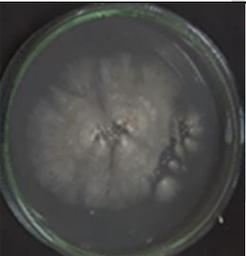
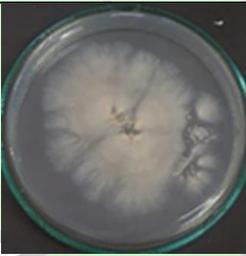
IV. 2 Karakteristik Bioaerosol Fungi pada Kamar Mandi

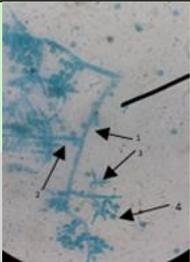
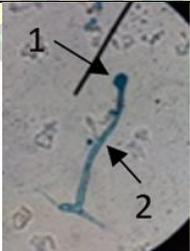
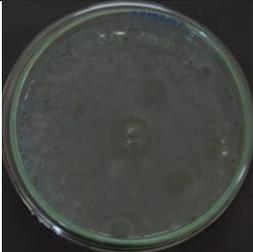
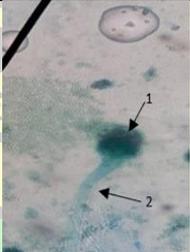
Kode isolat	Tampak depan	Tampak belakang	Mikroskopis	Keterangan	Permukaan			
					Warna atas	Warna bawah	Bentuk	Tekstur
FP1 <i>Aspergillus Sp1</i>				1. vesicle 2. konidiofor	Hijau tua	Krem kehijauan	Bulat tersebar	Granular
FP2 <i>Aspergillus niger</i>				1. konidiofor 2. conidia 3. vesicle	Coklat tua	Krem	Bulat tersebar	Granular

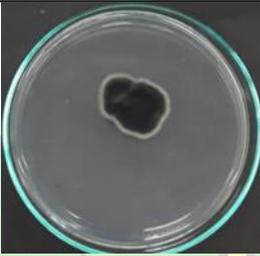
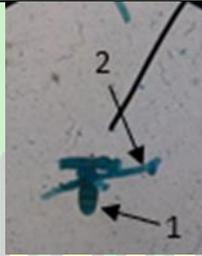
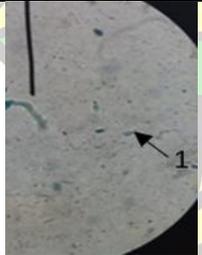
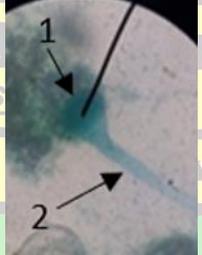
Kode isolat	Tampak depan	Tampak belakang	Mikroskopis	Keterangan	Permukaan			
					Warna atas	Warna bawah	Bentuk	Tekstur
FP3 <i>Alternaria</i> Sp.				1.konidiofor 2.konidia	Abu-abu tua	Hitam	Bulat tidak beraturan	Velvety
FEBI1 <i>Alternaria</i> Sp.				1.konidiofor 2.konidia	Abu-abu tua	Hitam	Bulat	Velvety
FEBI2 <i>Trichoderma</i> Sp.				1.konidiofor 2.cabang konidiofor 3.fialid 4.konidia	Putih kehijauan	Krem kehijauan	Tidak beraturan	wooly

Kode isolat	Tampak depan	Tampak belakang	Mikroskopis	Keterangan	Permukaan			
					Warna atas	Warna bawah	Bentuk	Tekstur
FST1 <i>Aspergillus niger</i>				1. vesicle 2. konidiofor	Coklat tua	Krem	Bulat tersebar	Granular
FST2 <i>Aspergillus flavus</i>				1. konidiofor 2. vesicle 3. konidia	Hijau muda	Krem kekuningan	Bulat tersebar	Wooly
FUF1 <i>Aspergillus niger</i>				1. konidiofor 2. vesicle	Coklat tua	Krem kecoklatan	Bulat tersebar	Granular

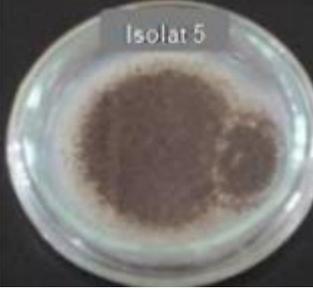
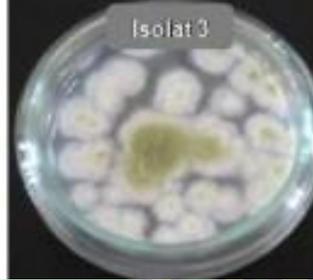
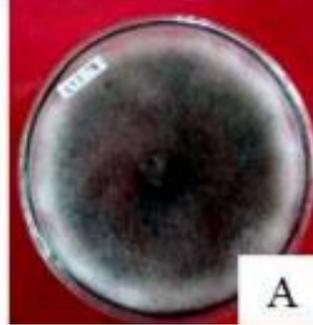
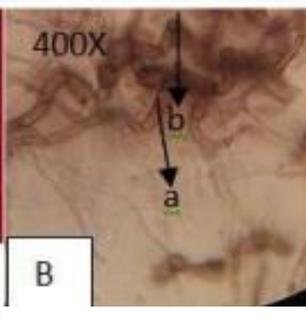
Kode isolat	Tampak depan	Tampak belakang	Mikroskopis	Keterangan	Permukaan			
					Warna atas	Warna bawah	Bentuk	Tekstur
FUF2 <i>Aspergillus niger</i>				1.konidiofor 2.vesicle 3.konidia	Coklat tua	Krem	Bulat tidak beraturan	Granular
FDK1 <i>Fusarium Sp1</i>				1.hifa 2.makrokonidia	Merah muda	Krem	Tidak beraturan	Downy
FDK2 <i>Aspergillus niger</i>				1.vesicle 2.konidiofor	Coklat tua	Krem kecoklatan	Bulat tidak beraturan	Granular

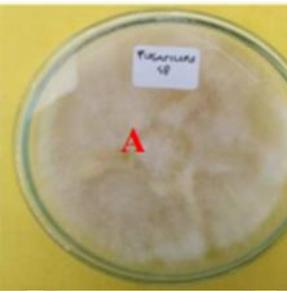
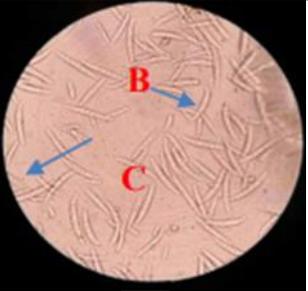
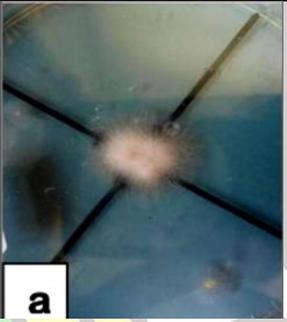
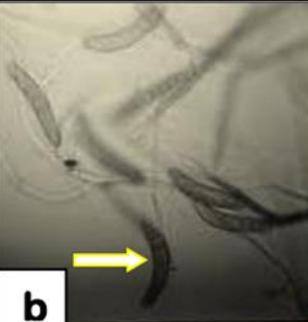
Kode isolat	Tampak depan	Tampak belakang	Mikroskopis	Keterangan	Permukaan			
					Warna atas	Warna bawah	Bentuk	Tekstur
FAH1 <i>Aspergillus niger</i>				1.konidiofor 2.vesicle	Coklat tua	Krem kecoklatan	Bulat tersebar	Granular
FAH2 <i>Fusarium</i> Sp1				1.makrokonidia 2.mikrokonidia	Merah muda	Krem	Tidak beraturan	Downy
FAH3 <i>Alternaria</i> Sp.				1.konidiofor 2.konidia	Abu-abu tua	Hitam	Bulat	Velvety

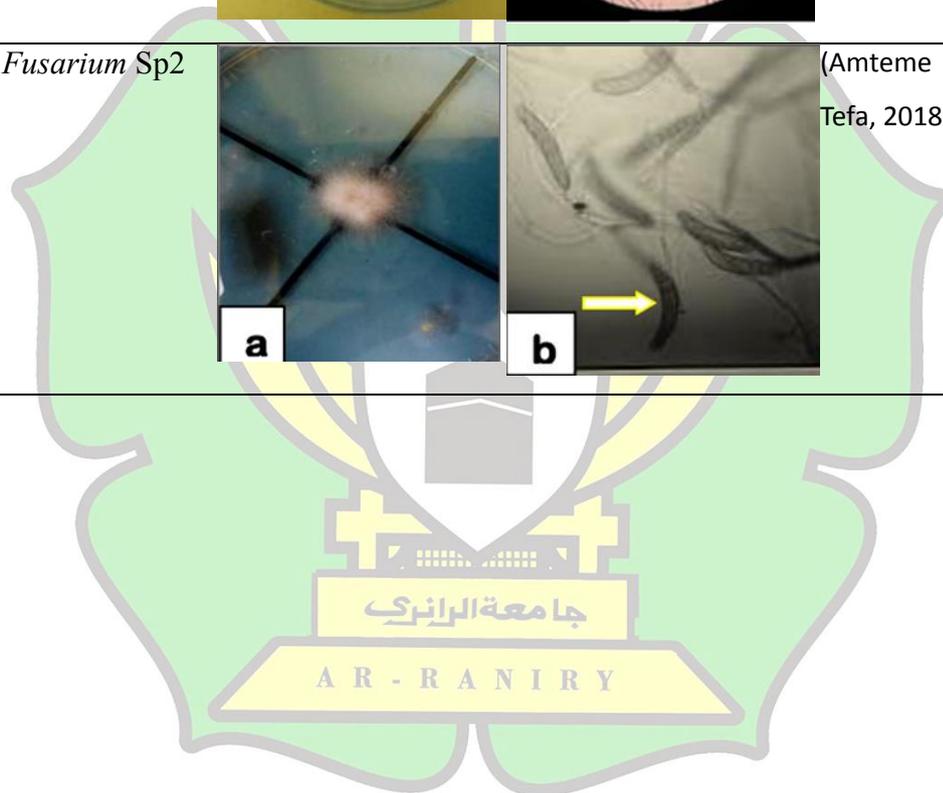
Kode isolat	Tampak depan	Tampak belakang	Mikroskopis	Keterangan	Permukaan			
					Warna atas	Warna bawah	Bentuk	Tekstur
FTK1 <i>Trichoderma</i> Sp.				1.konidiofor 2.cabang konidiofor 3.fialid 4.konidia	Hijau tua	Krem kehijauan	Tidak beraturan	Wooly
FTK2 <i>Aspergillus niger</i>				1.vesicle 2.konidiofor	Coklat tua	Krem	Bulat tersebar	Granular
FSH1 <i>Aspergillus</i> Sp1				1.vesicle 2.konidiofor	Hijau tua	Krem kehijauan	Bulat tersebar	Granular

Kode isolat	Tampak depan	Tampak belakang	Mikroskopis	Keterangan	Permukaan			
					Warna atas	Warna bawah	Bentuk	Tekstur
FSH2 <i>Alternaria</i> Sp.				1.konidia 2.konidiofor	Abu-abu tua	Hitam	Bulat tidak beraturan	Velvety
FISIP1 <i>Fusarium Sp2</i>				1.mikrokonidia	Merah mawar	Kekuningan	Bulat	Velvety
FISIP2 <i>Aspergillus</i> Sp1				1.vesicle 2.konidiofor	Hijau tua	Krem kehijauan	Bulat tersebar	granular

Tabel IV. 3 Referensi jamur dari berbagai sumber

No	Jamur	Makroskopis	Mikroskopis	Referensi
1.	<i>Aspergillus niger</i>			(Asril et al., 2019)
2.	<i>Aspergillus flavus</i>			(Asril et al., 2019)
3.	<i>Aspergillus</i> Sp1			(Fusvita et al., 2019)
4.	<i>Alternaria</i> Sp.			(Revy Rahayu et al., 2019a)

No	Jamur	Makroskopis	Mikroskopis	Referensi
5.	<i>Trichoderma</i> Sp.			(Purwantisari & Hastuti, 2009)
6.	<i>Fusarium</i> Sp1			(Hidayat et al., 2020)
7.	<i>Fusarium</i> Sp2			(Amteme & Tefa, 2018)



## IV. 2 Pembahasan

Berdasarkan hasil pengambilan sampel yang telah dilakukan pada 9 titik kamar mandi kampus UIN Ar-Raniry, dan pengamatan karakteristik makroskopis dan mikroskopis fungi serta uji patogenitas dengan *blood agar*, maka mendapatkan hasil penelitian sebagai berikut.

### IV. 2.1 Total Koloni Bioaerosol Fungi Patogen pada Kamar Mandi Kampus UIN Ar-Raniry

Pengambilan sampel yang telah dilakukan pada kamar mandi di 9 Fakultas UIN Ar-Raniry dapat diketahui jumlah fungi udara kamar mandi di 9 fakultas yaitu berkisar antara 4,09 CFU/m<sup>3</sup> - 6,90 CFU/m<sup>3</sup> koloni (tabel IV.1). Fakultas Ushuluddin dan Filsafat menunjukkan suhu yang relatif hangat sebesar 28,9 °C, kelembaban udara sebesar 74% dan intensitas cahaya sebesar 145 lux. Jumlah bioaerosol fungi yang terdeteksi sebesar 4,09 CFU/m<sup>3</sup>, menunjukkan adanya keberadaan fungi dalam udara di area tersebut. Ventilasi yang tersedia di kamar mandi terdiri dari 1 ventilasi di atas pintu, 1 ventilasi di lorong, dan 2 ventilasi di bilik kamar mandi. Ventilasi ini berperan dalam mengatur sirkulasi udara dan keluar masuknya bioaerosol fungi.

Fakultas Syariah dan Hukum memiliki suhu yang cukup hangat yaitu 29,5 °C dengan kelembaban yang relatif tinggi yaitu 77%, intensitas cahaya di kamar mandi tergolong rendah yaitu 25 lux. Jumlah bioaerosol fungi yang terdeteksi adalah 4,34 CFU/m<sup>3</sup>. Kamar mandi tersebut terletak di dalam ruangan dan berada di bawah tangga. Terdapat 2 bilik kamar mandi dan 2 ventilasi yang mungkin mempengaruhi sirkulasi udara dan kondisi kebersihan kamar mandi. Meskipun kondisi kamar mandi lumayan bersih, jumlah bioaerosol fungi yang terdeteksi masih perlu diwaspadai dan dipantau lebih lanjut untuk menjaga kesehatan lingkungan kampus.

Fakultas Sains dan Teknologi memiliki suhu yang sedikit rendah yaitu 27,7 °C dibandingkan dengan Fakultas Syariah dan Hukum. Kelembaban di kamar mandi tersebut cukup tinggi yaitu 79% dan intensitas cahaya lebih tinggi 57 lux dibandingkan dengan Fakultas Syariah dan Hukum. Jumlah bioaerosol fungi yang terdeteksi adalah 5,11 CFU/m<sup>3</sup>, lebih tinggi daripada Fakultas Syariah dan

Hukum. Kamar mandi tersebut memiliki ventilasi di atas pintu dan hanya 1 dari 2 bilik kamar mandi yang dilengkapi dengan ventilasi. Meskipun kondisi kamar mandi dikatakan lumayan bersih, perlu diperhatikan bahwa keberadaan satu ventilasi di kamar mandi dapat mempengaruhi sirkulasi udara dan potensi pertumbuhan bioaerosol fungi.

Fakultas Tarbiyah dan Keguruan memiliki suhu yang cukup tinggi yaitu  $29,4^{\circ}\text{C}$ , kelembaban relatif cukup tinggi mencapai 74%, intensitas cahaya yaitu 183 lux. Jumlah bioaerosol fungi yang terdeteksi adalah  $5,11 \text{ CFU/m}^3$ . Ventilasi di kamar mandi terdiri dari satu ventilasi di lorong dengan bukaan kecil, dan dua bilik dengan penyaring udara tanpa ventilasi. Meskipun kondisi kamar mandi lumayan bersih, keberadaan bioaerosol fungi perlu diperhatikan karena dapat mempengaruhi kesehatan pengguna fasilitas.

Fakultas Psikologi memiliki suhu ruangan  $29,1^{\circ}\text{C}$ , dengan kelembaban sebesar 69%, intensitas cahaya di dalam ruangan mencapai 463 lux. Jumlah bioaerosol fungi yang terdeteksi dalam udara adalah  $5,62 \text{ CFU/m}^3$ . Kondisi kamar mandi juga di amati. Terdapat satu ventilasi di lorong kamar mandi yang menghadap ke luar, serta satu ventilasi tambahan di atas pintu. Namun, di dalam bilik kamar mandi tidak ada sistem ventilasi. Lokasi kamar mandi berada di luar ruangan, dan beberapa bagian kamar mandi mengalami kegelapan karena tidak terkena sinar matahari.

Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik memiliki suhu  $27,6^{\circ}\text{C}$ , kelembaban 79% dan intensitas cahaya 25 lux, jumlah bioaerosol fungi  $4,85 \text{ CFU/m}^3$ . Ventilasi terdapat di kedua bilik kamar mandi, kamar mandi terletak di dalam ruangan dan terdapat titik yang tidak terkena sinar matahari. Fakultas tersebut memiliki suhu yang stabil dan kelembaban yang tinggi dan intensitas cahaya yang rendah. Ventilasi yang ada di kedua bilik kamar mandi dapat mempengaruhi sirkulasi udara dan potensi penyebaran bioaerosol. Adanya titik gelap yang potensial untuk pertumbuhan fungi. Selain itu, kondisi kamar mandi yang bersih juga dapat mempengaruhi tingkat keberadaan bioaerosol fungi patogen.

Fakultas Dakwah dan Komunikasi memiliki suhu kamar mandi mencapai  $31,6^{\circ}\text{C}$ , dan kelembaban sebesar 75%. Kondisi ini memungkinkan pertumbuhan

mikroba. Intensitas cahaya sebesar 165 lux, yang cukup untuk aktivitas harian. Terdapat ventilasi di atas pintu yang menghadap kearah luar, serta 2 ventilasi pada bilik kamar mandi, ventilasi yang memadai membantu mengurangi konsentrasi bioaerosol di udara. Jumlah bioaerosol fungi sebesar 5,11 CFU/m<sup>3</sup> menunjukkan bahwa adanya paparan mikroba udara di kamar mandi.

Fakultas Ekonomi dan Bisnis memiliki suhu kamar mandi yaitu 29,3°C, dan kelembaban sebesar 63%, intensitas cahaya 115 lux. Ventilasi kamar mandi terdiri dari dua bilik, salah satunya memiliki ventilasi yang menghadap ke luar untuk sirkulasi udara, sementara bilik lainnya dilengkapi dengan penyaring udara untuk mengurangi kontaminasi. Kebersihan kamar mandi dipertahankan dengan baik, yang penting untuk mengendalikan pertumbuhan mikroba. Jumlah bioaerosol fungi sebesar 4,34 CFU/m<sup>3</sup> menunjukkan adanya paparan mikroba di udara kamar mandi, yang perlu diperhatikan untuk menjaga kualitas udara di ruangan tersebut.

Fakultas Adab dan Humaniora memiliki jumlah koloni bioaerosol fungi yaitu 6,90 CFU/ m<sup>3</sup>, jumlah ini merupakan satu-satunya yang tertinggi dari fakultas lainnya. Hal ini terjadi karena, suhu dan kelembaban yang memadai meskipun intensitas cahaya yang masuk tidak terlalu rendah, akan tetapi karena kondisi kamar mandi yang luas ada kemungkinan terdapat area gelap dimana fungi dapat tumbuh. Dan di dukung oleh hanya terdapat 2 ventilasi di bagian lorong dengan bukaan kecil, dan tidak ada ventilasi di bilik kamar mandi. Ventilasi yang tidak memadai dapat menyebabkan sirkulasi udara yang buruk, memungkinkan bioaerosol fungi terperangkap di udara dan berkumpul di kamar mandi, hal ini dapat meningkatkan jumlah bioaerosol fungi yang terdeteksi.

Selain faktor-faktor di atas, keberadaan tong sampah kecil terbuka di dalam kamar mandi juga dapat menjadi sumber bioaerosol fungi. Fungi dapat tumbuh dan berkembang biak di tempat-tempat yang lembab dan organik, seperti sampah. Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut dapat disimpulkan bahwa kombinasi ventilasi yang tidak memadai, suhu yang hangat, kelembaban yang tinggi, intensitas cahaya yang cukup, dan keberadaan tong sampah dapat menyebabkan peningkatan jumlah bioaerosol fungi di kamar mandi.

Belum adanya standar khusus mengenai kualitas udara di dalam kamar mandi, sehingga pembandingan dari konsentrasi mikroorganisme mengacu pada standar kualitas udara dalam ruangan secara umum. Berdasarkan Permenkes nomor 48 tahun 2016 dituliskan bahwa untuk mendapatkan tingkat kesehatan dan kenyamanan dalam ruang perkantoran, kandungan jumlah bakteri maksimum 700 CFU/m<sup>3</sup> udara bebas mikroorganisme patogen, sedangkan jamur/kapang 1000 CFU/m<sup>3</sup>.

Mengacu pada standar yang telah di buat, jumlah bioaerosol fungi pada 9 fakultas masih di anggap dalam batas normal. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa suhu, kelembaban, intensitas cahaya dan ventilasi semua berperan dalam menentukan jumlah bioaerosol fungi di kamar mandi. Meskipun kondisinya mungkin tidak ideal, jumlah bioaerosol fungi masih dalam batas normal dan kamar mandi yang bersih dapat membantu mengurangi risiko.

Penelitian ini juga dilakukan pengukuran faktor fisik berupa kelembaban, suhu, dan intensitas cahaya dalam ruangan kamar mandi. Untuk hasil pengukuran terhadap faktor lingkungan dan jumlah koloni fungi pada penelitian ini dituliskan pada tabel IV. 1. Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa faktor fisik mempengaruhi pertumbuhan fungi, namun faktor lain seperti ventilasi dan aktivitas penghuni juga sangat menentukan pertumbuhan fungi di dalam kamar mandi. Menurut (Vebriani *et al.*, 2023) kualitas udara dalam ruangan selain dipengaruhi oleh kondisi lingkungan juga dipengaruhi oleh perilaku penghuni di dalamnya.

Berdasarkan teori pada umumnya, tingkat suhu dan kelembaban mempengaruhi pertumbuhan jamur, mirip dengan bakteri. Semakin tinggi kelembaban dan suhu, semakin meningkat pertumbuhan jamur di udara, dan sebaliknya. Selain bakteri, jamur juga dapat tumbuh dengan baik sesuai dengan suhu optimalnya. Pertumbuhan jamur yang baik di dalam ruangan biasanya terjadi pada tingkat kelembaban di atas 60%. Selain kelembaban, suhu juga mempengaruhi pertumbuhan jamur. Suhu optimal memungkinkan jamur tumbuh lebih baik, dan jenis jamur juga dapat dibedakan berdasarkan suhu optimumnya. Ada tiga jenis jamur berdasarkan suhu pertumbuhannya: Psikofilik (tumbuh pada suhu rendah, menyebabkan penyakit ringan), mesofilik (tumbuh pada suhu

sedang, menyebabkan penyakit sedang), dan termofilik (tumbuh pada suhu tinggi) (Purnowo *et al.*, 2024).

Peraturan Menteri Kesehatan nomor 2 tahun 2023 menyebutkan pencahayaan seharusnya tidak merubah warna dan intensitasnya tidak lebih dari (a) 540 lux pada persiapan pangan dan titik inspeksi; (b) 220 lux pada ruang kerja dan (c) 110 lux pada area lainnya. Sedangkan, pada Permenkes RI No 48 Tahun 2016 Tentang Standar Kesehatan dan Keselamatan Kerja Perkantoran, suhu yang dianjurkan di dalam ruangan yaitu 18-26°C dan kelembaban dianjurkan 40-60%.

Menurut (Sham *et al.*, 2021) jumlah spora di udara dalam ruangan bervariasi tergantung pada faktor lain seperti iklim, cuaca, kelembaban, suhu, jenis atau pemeliharaan sistem ventilasi, umur bangunan, pergerakan penghuni, kebersihan tanaman atau makanan. Kontaminasi bakteri ataupun jamur di dalam ruangan sering kali disebabkan oleh kelembaban udara. Apabila kelembaban udara melebihi 60% diketahui dapat menyebabkan berkembangnya mikroorganisme patogen yang dapat menyerang tubuh manusia dan mengontaminasi udara (Datau, 2020).

Berdasarkan penelitian Purnowo *et.al* (2023) menyatakan bahwa pada suhu dan kelembaban yang berbeda terjadi pertumbuhan jamur yaitu 19,3% dan 72% jamur sebesar 20 CFU/m<sup>3</sup>; 19,8% dan 82% jamur sebesar 30 CFU/m<sup>3</sup>; 22,8% dan 94% jamur sebesar 50 CFU/m<sup>3</sup>; dan 25,1% dan 100% jamur sebesar 60 CFU/m<sup>3</sup>.

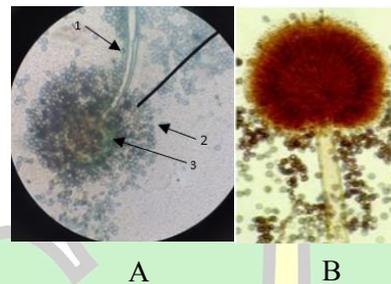
Bukti nyata pertumbuhan fungi merupakan bukti yang cukup untuk menentukan adanya kontaminasi mikrobiologis dalam ruangan. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan fungi diantaranya yaitu kandungan substrat, kelembaban, suhu, derajat keasaman lingkungan, dan bahan kimia. Selain itu, keberadaan oksigen dan air juga mempengaruhi pertumbuhan fungi (Syakbania & Wahyuningsih, 2018).

Hasil penelitian ini menunjukkan kelembaban yang di ukur melebihi anjuran dari peraturan menteri, namun jumlah fungi yang terdeteksi masih dalam standar yang aman berdasarkan peraturan menteri. Perlu adanya upaya pencegahan terjadinya pertumbuhan mikroba terutama yang bersifat patogen. Hal

ini akan memicu terjadinya gangguan kesehatan pada mahasiswa dari tingkatan rendah hingga tertinggi dalam jangka pendek atau panjang.

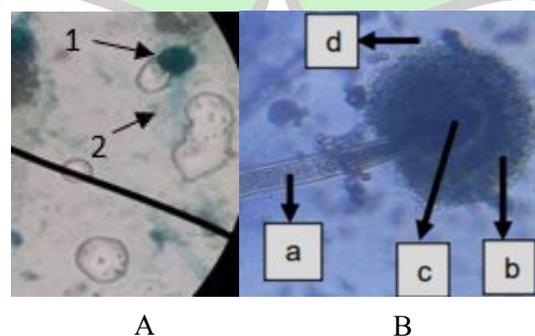
#### IV. 2. 2 Karakteristik Bioaerosol Fungi yang Terdapat pada Kamar Mandi

Berdasarkan hasil identifikasi dari 20 isolat, terdapat 4 genus fungi yang teridentifikasi. Diantaranya yaitu, *Aspergillus* Sp., *Trichoderma* Sp., *Alternaria* Sp., *Fusarium* Sp. Berikut merupakan karakteristik dari fungi bioaerosol yang telah diidentifikasi.



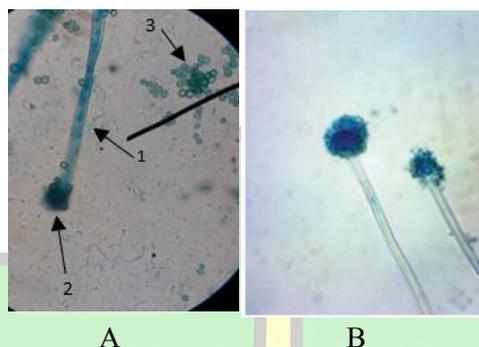
Gambar IV. 1 Isolat *Aspergillus* Sp. (A) mikroskopis penelitian (1) konidiofor, (2) konidia, (3) vesicle (B) mikroskopis *Aspergillus niger* (Billones *et al.*, 2020)

*Aspergillus niger* membentuk koloni dengan dasar berwarna putih atau kuning dengan lapisan konidiospora tebal berwarna cokelat gelap sampai hitam. Konidiospora memiliki panjang 900-1600  $\mu\text{m}$  dan berdinding halus. Konidia berwarna hitam, bentuk bulat, cenderung merekah menjadi bagian-bagian yang lebih longgar jika koloni berumur lebih tua. Vesikula bulat hingga semi bulat dengan diameter 30-75  $\mu\text{m}$ , fialid terbentuk pada metula. Konidia berbentuk bulat hingga semi bulat diameter 4-5  $\mu\text{m}$ , berwarna coklat sampai hitam, memiliki ornamensi berupa tonjolan dan duri-duri yang tidak beraturan (Asril *et al.*, 2019)



Gambar IV. 2 Isolat *Aspergillus* Sp1 (A) mikroskopis penelitian, (1) vesicle, (2) konidiofor (B) mikroskopis *Aspergillus* Sp. (Ristiari *et.al.*, 2018)

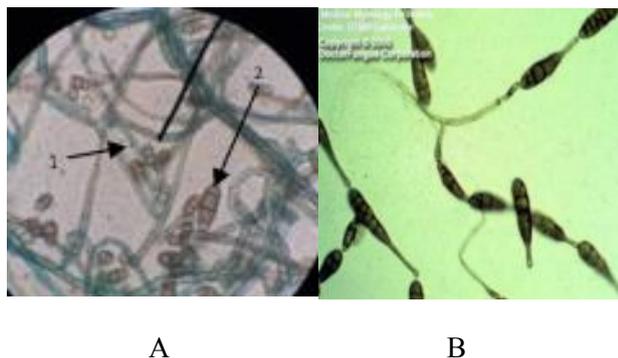
Karakteristik *Aspergillus* Sp. yaitu koloni berwarna hijau toska hingga hijau tua, sebalik koloni berwarna hijau tua, permukaan koloni tipis seperti tepung. Konidia berbentuk kolumnar, konidiofor pendek dengan vesikula berbentuk gada lebar.



Gambar IV. 3 Isolat *Aspergillus flavus* (A) mikroskopis penelitian (1) konidiofor, (2) vesicle, (3) konidia (B) isolat mikroskopis *Aspergillus* Sp. (Suresh *et.al.*, 2016)

*Aspergillus* Sp. ditandai dengan warna koloni yang kekuningan dan konsistensi seperti beludru. *Aspergillus* Sp. mula-mula tumbuh dengan membentuk filamen-filamen berwarna putih kemudian pada hari ke-5 mulai menunjukkan perubahan menjadi hijau hingga kelabu dengan pinggiran putih. Koloni *Aspergillus* Sp. berwarna putih pada saat muda, dan berubah sesuai dengan warna khas masing-masing spesies seiring dengan terbentuknya konidia (Siregar *et al.*, 2018).

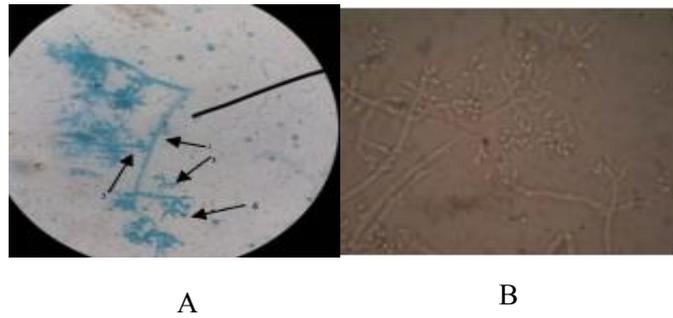
*Aspergillus* Sp. tersebar di udara serta dapat dengan mudah diisolasi dari lingkungan. Fungi ini dapat menghasilkan spora yang berukuran kira-kira 3 $\mu$ m dan dapat pula tetap melayang di udara dalam waktu yang lama. *Aspergillus* Sp. terdiri atas sekelompok spesies yang berbeda diantaranya adalah *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus terreus* dan *Aspergillus nidulans* (Maryatin, 2020).



Gambar IV. 4 Isolat *Alternaria* Sp. (A) mikroskopis penelitian (1) konidiofor, (2) konidia (B) isolat mikroskopis *Alternaria* Sp. (Regina Radja *et.al.*, 2024)

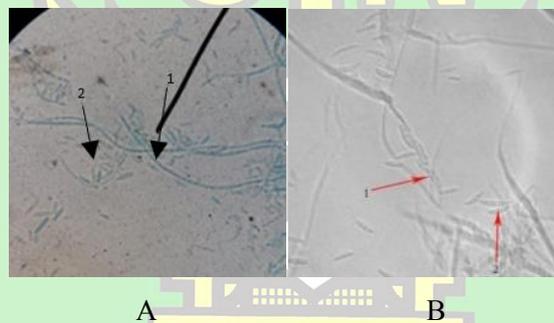
Karakteristik *Alternaria* Sp. secara makroskopis memiliki koloni berwarna abu-abu kehitaman, warna sebalik koloni hitam, dimana bentuk koloni seperti kapas. Secara mikroskopis konidiofornya membengkok, berwarna kecoklatan, konidiana membentuk rantai bercabang dengan ujung menyerupai paruh bebek yang berseptat (Revy Rahayu *et al.*, 2019).

Sebagai patogen invasif, spesies *Alternaria* sering diisolasi dari habitat berbeda seperti atmosfer, debu, tanah, dan bangunan tua. *Alternaria* terdiri lebih dari 368 spesies yang terbagi kedalam 29 bagian. Spesies *Alternaria* menempati relung ekologi yang beragam, mulai dari endofit pada jaringan tanaman, serta patogen tumbuhan dan hewan termasuk manusia. *Alternaria* umumnya memiliki spora, ciri morfologi utama itu dapat digunakan untuk membedakan kelompok *Alternaria*. *Alternaria* dari jenis lain juga memiliki konidia pendek yang dihasilkan dalam rantai berukuran kurang dari 60  $\mu\text{m}$ . Morfologi seksual dari *Alternaria alternata* diketahui berukuran kecil, bulat sampai bulat telur, halus, coklat tua. Ascospora berwarna coklat, berdinding halus, dengan jumlah 3-7 septa melintang, 1-2 septa memanjang (Li *et al.*, 2023).

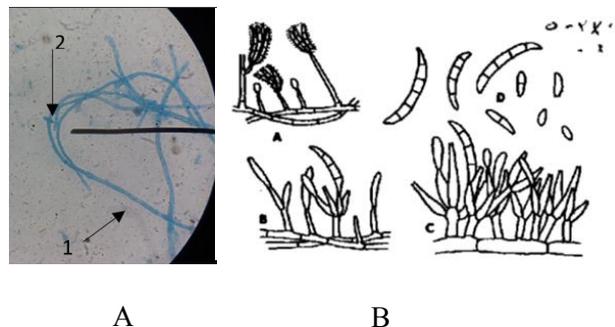


Gambar IV. 5 Isolat *Trichoderma* Sp. (A) mikroskopis penelitian (1) konidiofor, (2) cabang konidiofor, (3) fialid, (4) konidia (B) Isolat *Trichoderma* Sp. Mikroskopis (Purwantisari & Hastuti, 2009)

Berdasarkan hasil penelitian (Kozdrój *et al.*, 2019) *Trichoderma* Sp, *Scopulariosis*, *Alternaria*, dan *Fusarium* terdeteksi pada bioaerosol di sekitar taman. Karakteristik *Trichoderma* Sp. secara makroskopis cendawan *Trichoderma* Sp. pada media PDA, yakni permukaan berwarna hijau terang hingga hijau gelap, tekstur seperti kapas, memiliki zonasi konsentris, sedangkan secara mikroskopis konidia berbentuk bulat, dengan hifa bersepta dan hialin (Ristiari *et al.*, 2018).



Gambar IV. 6 Isolat *Fusarium* Sp1 (A) mikroskopis penelitian (1) hifa, (2) makrokonidia (B) Isolat *Fusarium* Sp. Mikroskopis (Sholihah *et al.*, 2019)



Gambar IV. 7 Isolat *Fusarium* Sp2 (A) mikroskopis penelitian (1) hifa, (2) mikrokonidia (B) mikroskopis *Fusarium* Sp.(Cholilalah, Rois Arifin, 1967)

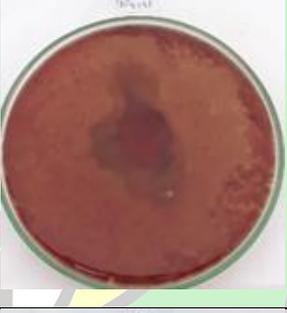
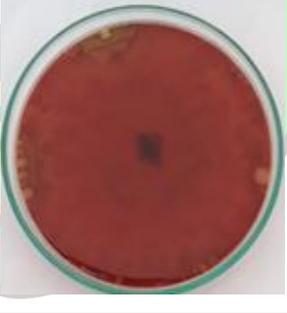
*Fusarium* Sp. memiliki warna koloni untuk setiap kelompok yang didominasi oleh tipe koloni yang seperti kapas dan tipis. Isolat *Fusarium* Sp. memiliki koloni yang berwarna putih atau disertai ungu atau merah muda pada pusat koloninya. *F. solani* didominasi oleh warna koloni putih. *F. verticillioides* berwarna merah muda. Secara mikroskopis, memiliki makrokonidia yang panjang, berbentuk bulan sabit dengan ujung tumpul, bersepta 1-5, dan jumlahnya melimpah. Sedangkan mikrokonidia berbentuk bulat sampai oval dan jumlahnya sedikit. (Sholihah *et al.*, 2019).

#### IV. 2. 3 Uji Patogenitas Fungi dengan media Blood Agar

Adapun uji lanjutan yang dilakukan adalah uji patogenitas fungi dengan menggunakan media *Blood Agar Plate*. Media blood agar digunakan untuk melihat apakah fungi dapat melakukan hemolisis pada media darah. Menurut (Savkovic *et al.*, 2022) proses hemolisis diartikan sebagai pecahnya eritrosit dan pelepasan isinya ke lingkungan sekitar. Dua jenis hemolisis yaitu hemolisis lengkap ( $\beta$ ), yang mewakili total penghancuran eritrosit oleh metabolit ekstraseluler mikroorganisme, dan hemolisis parsial ( $\alpha$ ) akibat oksidasi hemoglobin ( $Fe^{2+}$ ) menjadi methemoglobin ( $Fe^{3+}$ ) dan feri hemoglobin ( $Fe^{4+}$ ), sementara tidak adanya hemolisis bersifat kontradiktif yang disebut gamma ( $\gamma$ ) hemolisis. Setelah lisis eritrosit, hemoglobin bebas atau dilepaskan dari sel dan patogen bekerja dengan berbagai mekanisme untuk memanfaatkan zat besi yang

terkandung dalam molekul tersebut. Kemampuan patogen untuk memperoleh zat besi telah diketahui sebagai hal yang paling penting bagi kelangsungan hidup mereka dalam sel inang mamalia, dan selanjutnya berkemampuan untuk menyebabkan infeksi. Oleh karena itu, keberadaan patogen potensial, terutama di lingkungan dalam ruangan, tidak dapat diabaikan. Hasil uji patogenitas fungi dengan *Blood Agar* dapat dilihat pada tabel IV. 4.

Tabel IV. 4 Hasil Uji Patogenitas Fungi pada Media *Blood Agar*

No.	Jamur	Gambar		Keterangan
		Tampak atas	Tampak bawah	
1.	<i>Aspergillus</i> Sp1			$\beta$ hemolisis
2.	<i>Aspergillus flavus</i>			$\gamma$ hemolisis
3.	<i>Aspergillus niger</i>			$\beta$ hemolisis

No.	Jamur	Gambar		Keterangan
		Tampak atas	Tampak bawah	
4.	<i>Fusarium</i> Sp1			$\beta$ hemolisis
5.	<i>Fusarium</i> Sp2			$\beta$ - hemolisis
6.	<i>Trichoderma</i> Sp.			$\beta$ - hemolisis
7.	<i>Alternaria</i> Sp.			$\beta$ - hemolisis

Beberapa patogen jamur bersifat termofil dan suhu optimalnya untuk pertumbuhan dan perkembangan lebih tinggi. Suhu optimum untuk *Aspergillus niger* berkisar antara 35°-37° sedangkan *Aspergillus flavus* 37° suhu pertumbuhan optimal. Pertumbuhan pada suhu ini merupakan prasyarat untuk

proflerasi hifa pada epitel dan endotel, termasuk sel pembuluh darah. Oleh karena itu, aktivitas hemolitik dan kemampuan untuk tumbuh pada suhu tubuh manusia dianggap sebagai faktor virulensi yang signifikan bagi patogen manusia (D. Savkovic *et al.*, 2022). Pada penelitian ini terdapat 3 isolat *Aspergillus* yang dilakukan uji patogenitas. *Aspergillus niger* dan *Aspergillus* Sp1 menunjukkan hasil  $\beta$  - hemolisis dan  $\beta$  hemolisis sedangkan *Aspergillus flavus* menunjukkan  $\gamma$  hemolisis.

*Aspergillus* Sp. merupakan kapang yang paling mudah tumbuh jika terdapat bahan organik. Kapang ini salah satu patogen karena dapat menyebabkan pulmonary aspergillosis. Angka kejadian aspergillosis di dunia, dilaporkan sebanyak 13.456 kasus pada kurun waktu 2006-2015, meningkat 38,2% dari periode sebelumnya (Syakbania & Wahyuningsih, 2018).

Uji patogenitas yang dilakukan pada penelitian ini terhadap 2 isolat *Fusarium* Sp. dimana Isolat *Fusarium* Sp1 dan Isolat *Fusarium* Sp2 menunjukkan hasil  $\beta$  hemolisis dan  $\beta$ - hemolisis. *Fusarium* Sp. adalah jamur berfilamen saprofit yang tumbuh di tanah dan tanaman di seluruh dunia, juga dikenal sebagai patogen tanaman tetapi kadang-kadang dapat menyebabkan mikosis pada manusia. *Fusariosis* pada manusia memiliki dua jenis : *fusariosis invasive* (IF) dan *fusariosis superfisial* (SF). IF, termasuk IF lokal dan fusariosis diseminata, berkembang terutama pada pasien dengan sistem kekebalan yang lemah. IF menimpa pasien dengan keganasan hematologis dan terutama pasien dengan transplantasi sel induk *hematopoietik alogenik* (HSCT) yang mengalami *imunopresi* berat, *neutropaenia* berkepanjangan, dan penggunaan kortikosteroid. Kejadian *fusariosis* secara keseluruhan adalah 5,97 kasus per 1000 transplantasi sel induk hematopoietic di Brasil. IF dikaitkan dengan prognosis yang buruk. Alasan prognosis yang buruk mungkin karena *fusarium* secara alami resisten terhadap sebagian besar obat antijamur yang tersedia. Meningat hal ini, tindakan pencegahan sangat penting dilakukan untuk menghindari patogen (Hino *et al.*, 2020).

Uji patogenitas yang dilakukan terhadap *Trichoderma* Sp. pada penelitian ini menunjukkan hasil  $\beta$  - hemolisis. *Trichoderma* Sp. efektif melawan patogen umum yang ditularkan melalui tanah dan karenanya digunakan sebagai biopestisida

komersial. Tidak seperti *Aspergillus*, *Fusarium* dan *Penicillium* yang menyebabkan infeksi parah pada berbagai pasien, *Trichoderma* telah lama dianggap non-patogen pada manusia, namun infeksi terlokalisasi dan menyebar pada pasien dengan kekebalan tubuh lemah dan pasien imunokompeten telah dilaporkan di seluruh dunia. *Trichoderma longibrachiatum* adalah spesies yang paling sering dilaporkan terkait infeksi jamur invasif, diikuti oleh *Trichoderma atroviride*, *Trichoderma bissettii*, *Trichoderma citrinovirida*, *Trichoderma harzianum*. *Trichoderma* spesies menyebabkan berbagai manifestasi klinis, seperti infeksi pari invasif, peritonitis, endocarditis, fungemia dan penyakit menyebar yang mempengaruhi organ, terutama pada pasien dengan keganasan hematologis dan menjalani dialysis peritoneal rawat jalan berkelanjutan (Sal *et al.*, 2022).

*Alternaria alternata* digambarkan sebagai agen etiologic yang sering menginfeksi. Jamur ini sering ada dimana-mana baik spora udara, air, benda, bahan organik yang membusuk. *Alternaria alternata* dikenal sebagai patogen tanaman utama. Dikenal sebagai jamur saprofit dan oportunistik, keterlibatannya dalam infeksi klinis pada pasien dengan sistem kekebalan tubuh yang lemah. Salah satu racun paling terkenal yang dihasilkan oleh jamur ini adalah alternariol, yang terbukti memiliki efek sitotoksik dan genotoksik pada sel mamalia. Mereka dapat mempengaruhi struktur sel, menyebabkan kerusakan DNA, berkontribusi terhadap cedera jaringan dan peradangan selama infeksi. *Alternaria alternata* juga mampu menghasilkan berbagai macam protein alergen yang dapat memicu respons alergi pada individu yang rentan. Protein ini terutama berhubungan dengan alergi pernafasan, asma, dan rhinitis alergi (Colosi *et al.*, 2023). Pada uji patogenitas yang dilakukan terhadap *Alternaria* Sp. pada penelitian ini menunjukkan hasil  $\beta$ -hemolisis.

Selain menyebabkan penyakit pada manusia fungi juga dapat mempengaruhi kualitas bangunan. Terutama kamar mandi yang seringkali lembab, sistem ventilasi yang tidak memadai serta kebersihan pengguna kamar mandi tentu saja juga menjadi indikator terjadinya pertumbuhan fungi yang pesat pada kamar mandi. Menurut (Lou *et al.*, 2021) toilet telah menjadi tempat utama penularan kuman dan virus serta penyakit infeksi inhalasi, dan oleh karena itu

penting untuk memahami proses dan faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan bioaerosol toilet.

Penelitian membuktikan bahwa kondisi kualitas udara yang baik di dalam ruangan memiliki presentase kelembaban sekitar 40-60%. Jika presentase kelembaban lebih tinggi dari standar yang telah ditetapkan maka akan memicu pertumbuhan jamur yang bersifat alergen. Suhu yang terlalu tinggi maupun rendah di dalam ruangan berakibat pada standar baku kualitas udara di dalam ruangan, beberapa penelitian juga menyebutkan kualitas udara dapat terjaga dengan baik apabila dapat mempertahankan sistem ventilasi ruangan, desain, bentuk ruangan, manajemen polutan (Kencanasari *et al.*, 2020).



## BAB V PENUTUP

### V. 1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang Bioaerosol Fungi Patogen pada Fasilitas Kamar mandi Kampus UIN Ar-Raniry, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Total koloni Bioaerosol Fungi yang diisolasi pada 9 titik kamar mandi Fakultas yaitu sebagai berikut: FUF yaitu 4,09 CFU/m<sup>3</sup>; FEBI dan FSH yaitu 4,34 CFU/m<sup>3</sup>; FISIP 4,85 CFU/m<sup>3</sup>; FDK, FTK dan FST yaitu 5,11 CFU/m<sup>3</sup>; FP yaitu 5,62 CFU/m<sup>3</sup>; dan FAH yaitu 6,90 CFU/m<sup>3</sup>.
2. Berdasarkan pengamatan karakteristik bioaerosol fungi yang terdapat pada kamar mandi, maka terdapat 20 isolat yang diidentifikasi, dimana terdapat 4 genus yaitu *Aspergillus* Sp., *Trichoderma* Sp., *Alternaria* Sp., dan *Fusarium* Sp. Serta terdapat 2 spesies yaitu *Aspergillus niger* dan *Aspergillus flavus*.
3. Hasil uji patogenitas yang dilakukan dengan media *blood agar* yaitu sebagai berikut; terdapat 2 isolat dengan hasil  $\beta$  hemolisis yaitu *Fusarium* Sp1 dan *Aspergillus* Sp1. 4 isolat dengan hasil  $\beta$  - hemolisis yaitu *Aspergillus niger*, *Fusarium* Sp2, *Trichoderma* Sp., dan *Alternaria* Sp. Serta, 1 isolat dengan hasil  $\gamma$  hemolisis yaitu *Aspergillus flavus*.

### V. 2 Saran

Uji patogenitas lebih lanjut yang dapat dilakukan pada hewan agar lebih akurat dalam menentukan fungi tersebut tergolong patogen, serta dapat dilakukan identifikasi lanjutan pada fungi yang belum diketahui spesiesnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amteme, K., & Tefa, A. (2018). Identifikasi Cendawan Patogen pada Beberapa Varietas Benih Padi Sawah Berdasarkan Model Penyimpanan. *Savana Cendana*, 3(01), 4–7. <https://doi.org/10.32938/sc.v3i01.150>
- Asril, M., Tiara Perdana, A., Asmarany, A., Terusan Ryacudu, J., Hui, W., Agung, J., & Hadari Nawawi. (2019). Isolasi Cendawan yang Berperan dalam Proses Pembuatan Pliek U (Makanan Fermentasi Khas Aceh). *Jurnal Ilmiah Biologi Biosfera*, 36(1), 26–34. <https://doi.org/10.20884/1.mib.2019.36.1.807>
- Basińska, M., Michałkiewicz, M., & Ratajczak, K. (2019). Impact of physical and microbiological parameters on proper indoor air quality in nursery. *Environment International*, 132 (March), 2–14. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105098>
- Bhat, M. A., Eraslan, F. N., Awad, A., Malkoç, S., Ozden, Özlem, Üzmez, Dogeroglu, T., & Gaga, E. O. (2022). Investigation of indoor and outdoor air quality in a university campus during COVID-19 lock down period. *Building and Environment*, 219 (April), 2–13. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109176>
- Castro e Silva, D. de M., Marcusso, R. M. N., Barbosa, C. G. G., Gonçalves, F. L. T., & Cardoso, M. R. A. (2020). Air pollution and its impact on the concentration of airborne fungi in the megacity of São Paulo, Brazil. *Heliyon*, 6(10), 2–5. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05065>
- Cholilalah, Rois Arifin, A. I. H. (1967). Illustrated Genera Of Imperfect Fungi. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 82–95.
- Colosi, I. A., Crişan, M., Ţoc, D. A., Colosi, H. A., Georgiu, C., Sabou, M., & Costache, C. (2023). First Reported Case of a Clinically Nonresponsive-to-itraconazole *Alternaria alternata* Isolated from a Skin Infection of a Nonimmunocompromised Patient from Romania. *Journal of Fungi*, 9(8). <https://doi.org/10.3390/jof9080839>
- D. Savkovic, Milo sh, Nikola D. Unkovic, Elena B. Vukojevi, & Milika. (2022). Potensi Hemolitik Berasal dari Bioaerosol *Aspergillus*, *Penisilium* dan *Talaromyces* Isolat cetakan. *Prosiding Matica Srpska Bidang Ilmu Pengetahuan Alam/Matica Srpska J. Nat. Sains*, 143, 15–25.
- Datau, S. Y. (2020). Gambaran Kualitas Fisik Udara Dan Identifikasi Jamur Udara. *Jurnal Health and Science*, 4(2).
- Firyal, C. F. (2021). *Keanekaragaman Jamur Makroskopis Di Kawasan Objek Wisata Pucok Krueng Raba Aceh Besar Sebagai Referensi Mata Kuliah*

*Mikologi Skripsi Diajukan Oleh Cut Fira Firyal Nim. 170207030.*  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

- Fusvita, A., Firdayanti, F., & Vinola, S. Y. (2019). Identifikasi *Aspergillus fumigatus* pada Sputum Pasien Suspek TB Paru. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kesehatan*, 7(1), 96–103. <https://doi.org/10.32668/jitek.v7i1.240>
- Haqqa, Z. A., Rupaedah, B., Handayani, I., Wahid, A., & Sugianto, M. (2023). Screening and Characterization of Fungal Isolates to Inhibit The Growth of *Ganoderma boninense*. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia*, 10(1), 59–67.
- Heo, K. J., Lim, C. E., Kim, H. B., & Lee, B. U. (2017). Effects of human activities on concentrations of culturable bioaerosols in indoor air environments. *Journal of Aerosol Science*, 104 (November 2016), 58–65. <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2016.11.008>
- Hidayat, T., Syauqi, A., & Rahayu, T. (2020). Uji Antagonis Jamur *Gliocladium* Sp dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur *Fusarium* Sp. Penyebab Penyakit Layu Pada Tanaman Pisang (*Musa paradisiaca* L.). *Bioscience-Tropic*, 5(2), 59–65.
- Hikmah, Asrial, Messakh, J. J., & Harijono. (2020). Persepsi Mahasiswa Tentang Kebersihan Lingkungan Kampus. *Jurnal Ilmiah Teknologi FST Undana*, 14(1), 1–9.
- Hilapo, D. C. G., Salibay, C. C., & City, D. (2022). Emerging Pollutants in Air : Their Potential Public Health Concern from Environmental Exposure in Public Schools of Muntinlupa City. *Lasaliksik*, 1(March), 3–12.
- Hino, Y., Muraosa, Y., Oguchi, M., Yahiro, M., Yarita, K., Watanabe, A., Sakaida, E., Yokote, K., & Kamei, K. (2020). Drain outlets in patient rooms as sources for invasive fusariosis: an analysis of patients with haematological disorders. *Journal of Hospital Infection*, 105(3), 518–526. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2020.04.029>
- Kamelia, M., Saputri, D. A., Widiani, N., & Nurhasanah, N. (2019). Analisis Jumlah Mikroba Pada Lahan Parkir Di Uin Raden Intan Lampung. *Bioedukasi (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 10(2), 184. <https://doi.org/10.24127/bioedukasi.v10i2.2496>
- Kencanasari, R. A. V., Surahman, U., Permana, A. Y., & Nugraha, H. D. (2020). Kondisi Kualitas Udara Di Dalam Ruangan Pemukiman Non-Kumuh Kota Bandung. *Jurnal Arsitektur Zonasi*, 3(3), 235–245. <https://doi.org/10.17509/jaz.v3i3.28134>
- Konstantinou, C., Constantinou, A., Kleovoulou, E. G., Kyriacou, A., Kakoulli, C., Milis, G., Michaelides, M., & C., K. M. (2022). Assessment of indoor and outdoor air quality in primary schools of Cyprus during the COVID–19

- pandemic measures in May–July 2021. *Heliyon*, 8(5), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09354>
- Kozdrój, J., Frączek, K., & Ropek, D. (2019). Assessment of bioaerosols in indoor air of glasshouses located in a botanical garden. *Building and Environment*, 166(September), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106436>
- Lee, I., Jeon, E., & Lee, J. (2023). On-site bioaerosol sampling and detection in microfluidic platforms. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 158. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2022.116880>
- Li, J. F., Jiang, H. B., Jeewon, R., Hongsanan, S., Bhat, D. J., Tang, S. M., Lumyong, S., Mortimer, P. E., Xu, J. C., Camporesi, E., Bulgakov, T. S., Zhao, G. J., Suwannarach, N., & Phookamsak, R. (2023). *Alternaria*: update on species limits, evolution, multi-locus phylogeny, and classification. *Studies in Fungi*, 8, 1–61. <https://doi.org/10.48130/SIF-2023-0001>
- Lou, M., Liu, S., Gu, C., Hu, H., Tang, Z., Zhang, Y., Xu, C., & Li, F. (2021). The bioaerosols emitted from toilet and wastewater treatment plant: a literature review. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(3), 2509–2521. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11297-8>
- Mafra, R., Riduan, R., Zahra, S. A., Bahtiar, M. A., & Romdani, R. (2020). Perilaku Pengguna Toilet Umum. *Arsir*, 4(1), 52. <https://doi.org/10.32502/arsir.v4i1.2416>
- Mahardhika, W. A., Sibero, M. T., Hanafi, L., & Putra, I. P. (2021). Keragaman makrofungi di lingkungan Universitas Diponegoro dan potensi pemanfaatannya. *Prosiding Biologi Achieving the Sustainable Development Goals with Biodiversity in Confronting Climate Change, November*, 260–275.
- Marincioni, V., & Altamiro-Medina, H. (2017). Analysis of the suitability of mould growth models for the risk assessment of woodfibre internal wall insulation. *Energy Procedia*, 132, 183–188. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.752>
- Maryatin, H. (2020). Isolasi dan Identifikasi Jamur Kontaminan pada Kue Wajik di Pasar Tradisional. *Jurnal Sehat Indonesia (JUSINDO)*, 2(2), 38–46. <https://doi.org/10.59141/jsi.v2i2.13>
- Mayachar, S., & Nandini, Prof. N. (2020). Qualitative and quantitative evaluation of bioaerosol in selected public spaces. *Internasional Journal of Biotech Trends and Technology*, 10(1), 60–66.
- Nguyen, T. T. T., Pangging, M., Bangash, N. K., & Lee, H. B. (2020a). Five New Records of the Family *Aspergillaceae* in Korea, *Aspergillus europaeus*, *A. pragensis*, *A. tennesseensis*, *Penicillium fluviserpens*, and *P. scabrosum*. *Mycobiology*, 48(2), 81–94. <https://doi.org/10.1080/12298093.2020.1726563>

- Nguyen, T. T. T., Pangging, M., Bangash, N. K., & Lee, H. B. (2020b). Five New Records of the Family *Aspergillaceae* in Korea, *Aspergillus europaeus*, *A. pragensis*, *A. tennesseensis*, *Penicillium fluviserpens*, and *P. scabrosum*. *Mycobiology*, 48(2), 81–94. <https://doi.org/10.1080/12298093.2020.1726563>
- Núñez, A., & García, A. M. (2022). Effect of the passive natural ventilation on the bioaerosol in a small room. *Building and Environment*, 207(September 2021). <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108438>
- Perini, L., Mogrovejo, D. C., Tomazin, R., Gostinčar, C., Brill, F. H. H., & Gunde-Cimerman, N. (2019). Phenotypes associated with pathogenicity: Their expression in arctic fungal isolates. *Microorganisms*, 7(12), 1–15. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7120600>
- Purnowo, D., Setiawan, A., & Yusmaniar, Y. (2024). Pengaruh Faktor Suhu dan Kelembaban pada Lingkungan Kerja terhadap Pertumbuhan dan Perkembangan Mikroba. *JRSKT - Jurnal Riset Sains Dan Kimia Terapan*, 9(2), 45–54. <https://doi.org/10.21009/jrskt.092.01>
- Purwantisari, S., & Hastuti, B. (2009). Uji Antagonisme Jamur Patogen *Phytophthora infestans* Penyebab Penyakit Busuk Daun dan Umbi Tanaman Kentang Dengan Menggunakan *Trichoderma* spp . Isolat Lokal. *Bioma*, 11(1), 24–32.
- Rawat, N., & Kumar, P. (2023). Interventions for improving indoor and outdoor air quality in and around schools. *Science of The Total Environment*, 858(October 2022), 2–24. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159813>
- Reddy, M. K., & Srinivas, T. (2017). Mold Allergens in Indoor Play School Environment. *Energy Procedia*, 109(November 2016), 27–33. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.042>
- Revy Rahayu, B., Wahyuni Proborini, M., & Bagus Gede Darmayasa, I. (2019). Isolasi, Identifikasi dan Persentase Keberadaan Hifa Jamur Endofit pada Tanaman Gemitir (*Tagetes erecta* L.) di Beberapa Daerah di Bali Isolation, Identification and Percentage Hyphae of Endophytic Fungi in Gemitir Plant (*Tagetes erecta* L.) at Some Areas i. *Jurnal Metamorfosa*, 6(1), 75–82.
- Ristiari, N. P. N., Julyasih, K. S. M., & Suryanti, I. A. P. (2018). Isolasi dan identifikasi jamur mikroskopis pada rizosfer tanaman jeruk siam (*Citrus nobilis* Lour.) di Kecamatan Kintamani, Bali. *Jurnal Pendidikan Biologi Undiksha*, 6(1), 10–19.
- Roy, R., Jan, R., Joshi, U., Bhor, R., Pai, K., & Satsangi, P. G. (2020). Characterization, pro-inflammatory response and cytotoxic profile of bioaerosols from urban and rural residential settings in Pune, India. *Environmental Pollution*, 264. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114698>

- Ruiz-Gil, T., Acuña, J. J., Fujiyoshi, S., Tanaka, D., Noda, J., Maruyama, F., & Jorquera, M. A. (2020). Airborne bacterial communities of outdoor environments and their associated influencing factors. *Environment International*, *145*, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106156>
- Sáenz, V., Alvarez-Moreno, C., Pape, P. Le, Restrepo, S., Guarro, J., & Ramírez, A. M. C. (2020). A one health perspective to recognize *Fusarium* as important in clinical practice. *Journal of Fungi*, *6*(4), 1–13. <https://doi.org/10.3390/jof6040235>
- Sal, E., Stemler, J., Salmanton-García, J., Falces-Romero, I., Kredics, L., Meyer, E., Würstl, B., Lass-Flörl, C., Racil, Z., Klimko, N., Cesaro, S., Kindo, A. J., Wisplinghoff, H., Koehler, P., Cornely, O. A., & Seidel, D. (2022). Invasive *Trichoderma* spp. infections: Clinical presentation and outcome of cases from the literature and the Fungi Scoperegistry. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, *77*(10), 2850–2858. <https://doi.org/10.1093/jac/dkac235>
- Savkovic, Z., Stupar, M., Unkovic, N., Stancic, A., Vukojevic, J., & Ljaljevic-Grbic, M. (2022). Hemolytic potential of bioaerosol-derived *Aspergillus*, *Penicillium* and *Talaromyces* mould isolates. *Zbornik Matice Srpske Za Prirodne Nauke*, *143*, 15–25. <https://doi.org/10.2298/zmspn2243015s>
- Sham, N. M., Ahmad, N. I., Pahrol, M. A., & Leong, Y.-H. (2021). Fungus and mycotoxins studies in hospital environment: A scoping review. *Building and Environment*, *193*(January), 2–13. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107626>
- Sholihah, R. I., Sritamin, M., & Wijaya, I. N. (2019). Identifikasi jamur *Fusarium solani* yang berasosiasi dengan penyakit busuk batang pada tanaman buah naga di kecamatan Bangorejo, kabupaten Banyuwangi. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, *8*(1), 91–102.
- Siregar, R. N., Erina, & Balqis, U. (2018). Isolasi *Aspergillus* sp. Pada Paru-Paru Itik (*Anas domesticus*) Isolation *Aspergillus* Sp. from The Lungs Of Duck (*Anas domesticus*). *Jimvet*, *2*(3), 419–425.
- Sriwulan, S., Bachtiar, R. T., Asrofi, D., Safitri, D. A., Nurfitriya, N., & Febriyantiningrum, K. (2023). Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Jumlah Bakteri Udara Kamar Mandi. *Biology Natural Resources Journal*, *2*(2), 62–67. <https://doi.org/10.55719/binar.v2i2.754>
- Syakbania, D. N., & Wahyuningsih, A. S. (2018). Lingkungan Fisik yang Mempengaruhi Keberadaan Kapang *Aspergillus* sp. dalam Ruang Perpustakaan. *Higeia Journal of Public Health Research and Development*, *1*(3), 84–94.
- Vebriani, H., Juliani, I., & Helmi, H. (2023). Identifikasi Bakteri dan Fungi Udara pada Pusat Perbelanjaan di Pangkal Pinang Identification of Air Bacteria and

Fungi at Shopping Center in Pangkal Pinang. *Jurnal Penelitian Biologi, Botani, Zoologi Dan Mikrobiologi*, 08(1), 38–47.

- Vilén, L., Päivinen, M., Atosuo, J., & Putus, T. (2022). Transferring from moisture damaged school building to clean facilities – The avoidance of mold exposure induces a decline in symptoms and improvement in lung function among personnel. *Environmental Research*, 212(May), 13–17. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113598>
- Wang, J., & Norbäck, D. (2022). Subjective indoor air quality and thermal comfort among adults in relation to inspected and measured indoor environment factors in single-family houses in Sweden-the BETSI study. *Science of the Total Environment*, 802, 2–10. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149804>
- Wang, Y., Zhang, S., Hong, Q., Song, H., Yang, L., Yang, K., Xu, H., & Yu, F. (2022). Characteristics, non-carcinogenic risk assessment and prediction by HYSPLIT of bioaerosol released from Hospital and Municipal Sewage, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 246(September). <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.114131>
- Yan, R., Cheng, S., Chen, J., Li, X., Sharma, S., Uddin, N. S. M., Mang, H.-P., Chen, C., Li, Z., Li, T., & Wang, X. (2021). Operating status of public toilets in the Hutong neighborhoods of Beijing: An empirical study. *Journal of Environmental Management*, 287(March), 2–10. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112252>
- Ye, J., & Qian, H. (2017). Ventilation optimization to minimize the total cooling load under the constraint condition of mold index in indoor air. *Procedia Engineering*, 205, 2105–2110. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.130>
- Yulia, B. L., Noormuthmainah, N., & Rahmiati, R. (2019). Jenis bakteri dan jamur kontaminan udara di ruang perawatan sub Bagian Penyakit Dalam Rumah Sakit Umum Daerah Banjarbaru. *Yarsi Medical Journal*, 15(1), 2–8. <https://doi.org/10.33476/jky.v15i1.1005>

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Surat Keterangan Pembimbing Skripsi



**SURAT KEPUTUSAN DEKAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN AR-RANIRY BANDA ACEH**  
Nomor: B-712/Un.08/FST/KP.07.5/11/2023

**TENTANG**

**PENETAPAN PEMBIMBING SKRIPSI MAHASISWA PROGRAM STUDI BIOLOGI  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN AR-RANIRY BANDA ACEH**

**DEKAN FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI UIN AR-RANIRY BANDA ACEH**

Menimbang : a. bahwa untuk kelancaran bimbingan skripsi mahasiswa Prodi Biologi pada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry, maka dipandang perlu menunjuk pembimbing dimaksud;  
b. bahwa yang namanya tersebut dalam Surat Keputusan ini dianggap cakap dan mampu untuk ditetapkan sebagai pembimbing skripsi mahasiswa.

Mengingat : 1. Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;  
2. Undang-undang Nomor 12 Tahun 2012, tentang Pendidikan Tinggi;  
3. Peraturan Pemerintah Nomor 19 Tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan;  
4. Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi dan Pengelolaan Perguruan Tinggi;  
5. Peraturan Presiden RI Nomor 64 Tahun 2013 Tentang Perubahan Institut Agama Islam Negeri Ar- Raniry Banda Aceh menjadi Universitas Islam Negeri Ar- Raniry Banda Aceh; .  
6. Peraturan Menteri Agama RI Nomor 12 Tahun 2014, tentang Organisasi dan Tata Kerja UIN Ar-Raniry Banda Aceh;  
7. Keputusan Menteri Agama Nomor 12 Tahun 2020 Tentang Statuta UIN Ar- Raniry Banda Aceh;  
8. Keputusan Rektor UIN Ar- Raniry Nomor 01 Tahun 2015 Tentang Pemberian Kuasa dan Pendelegasian Wewenang Kepada Para Dekan dan Direktur Program Pascasarjana dalam Lingkungan UIN Ar- Raniry Banda Aceh;  
9. Keputusan Rektor UIN Ar- Raniry Banda Aceh Nomor 48 Tahun 2022 Tentang Satuan Biaya Lainnya Tahun Anggaran 2023 di Lingkungan UIN Ar- Raniry Banda Aceh;

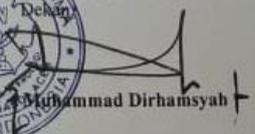
Memperhatikan : Keputusan Seminar Proposal Skripsi Program Studi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh tanggal **05 September 2023**.

**MEMUTUSKAN**

Menetapkan :  
Kesatu : Menunjuk Saudara:  
1. **Syafrina Sari Lubis, M. Si** Sebagai Pembimbing I  
2. **Diannita Harahap, M. Si** Sebagai Pembimbing II

Untuk membimbing Skripsi:  
Nama : **Andra Riani**  
NIM : **180703072**  
Prodi : **Biologi**  
Judul Skripsi : **Bioaerosol Fungi Patogen Pada Fasilitas Kamar Mandi Kampus UIN Ar-Raniry**

Kedua : Surat Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan sampai dengan akhir Semester Ganjil Tahun Akademik 2023/2024 dengan ketentuan bahwa segala sesuatu akan diubah dan diperbaiki kembali sebagaimana mestinya apabila kemudian hari ternyata terdapat kekeliruan dalam penetapan ini.

Ditetapkan di Banda Aceh  
Pada Tanggal 01 November 2023  
Dekan,  
  
**Muhammad Dirhamsyah**



**Tembusan:**  
1. Rektor UIN Ar-Raniry di Banda Aceh,  
2. Ketua Prodi Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry,  
3. Pembimbing yang bersangkutan untuk dimaklumi dan dilaksanakan,  
4. Yang bersangkutan.

## Lampiran 2 Surat Izin Penelitian



**KEMENTERIAN AGAMA**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY**  
**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**  
Jl. Syekh Abdur Rauf Kopelma Darussalam Banda Aceh  
Telepon : 0651- 7557321, Email : uin@ar-raniry.ac.id

---

Nomor : B-2636/Un.08/FST-I/PP.00.9/11/2023  
Lamp :-  
Hal : **Penelitian Ilmiah Mahasiswa**

Kepada Yth,  
Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry  
Assalamu'alaikum Wr,Wb.  
Pimpinan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dengan ini menerangkan bahwa:

Nama/NIM : **Andra Riani / 180703072**  
Semester/Jurusan : XI / Biologi  
Alamat sekarang : Jalan cut makmum,Beurawe, Banda Aceh

Saudara yang tersebut namanya diatas benar mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi bermaksud melakukan penelitian ilmiah di lembaga yang Bapak/Ibu pimpin dalam rangka penulisan Skripsi dengan judul **Bioaerosol Fungi Patogen Pada Fasilitas Kamar Mandi Kampus UIN Ar-Raniry**

Demikian surat ini kami sampaikan atas perhatian dan kerjasama yang baik, kami mengucapkan terimakasih.

Banda Aceh, 12 November 2023  
an. Dekan  
Wakil Dekan Bidang Akademik dan Kelembagaan,



*Berlaku sampai : 31 Desember 2023*

Yusran, S.Pd., M.Pd.

## Lampiran 3 Perhitungan Total Koloni Bioaerosol Fungi

Perhitungan Volume Udara (m<sup>3</sup>)

$$V = \frac{261 \times 15}{1000} \\ = 3,915 \text{ m}^3$$

## 1. Perhitungan CFU (Colony Forming Unit)

## a) Fakultas Psikologi

$$\text{CFU/m}^3 = \frac{22 \text{ CFU}}{3,915 \text{ m}^3} \\ = 5,62 \text{ CFU/m}^3$$

## b) Fakultas Ekonomi Dan Bisnis Islam

$$\text{CFU/m}^3 = \frac{17 \text{ CFU}}{3,915 \text{ m}^3} \\ = 4,34 \text{ CFU/m}^3$$

## c) Fakultas Sains Dan Teknologi

$$\text{CFU/m}^3 = \frac{20 \text{ CFU}}{3,915 \text{ m}^3} \\ = 5,11 \text{ CFU/m}^3$$

## d) Fakultas Ushuluddin Dan Filsafat

$$\text{CFU/m}^3 = \frac{16 \text{ CFU}}{3,915 \text{ m}^3} \\ = 4,09 \text{ CFU/m}^3$$

## e) Fakultas Dakwah Dan Komunikasi

$$\text{CFU/m}^3 = \frac{20 \text{ CFU}}{3,915 \text{ m}^3} \\ = 5,11 \text{ CFU/m}^3$$

## f) Fakultas Adab Dan Humaniora

$$\text{CFU/m}^3 = \frac{27 \text{ CFU}}{3,915 \text{ m}^3} \\ = 6,90 \text{ CFU/m}^3$$

## g) Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan I R Y

$$\text{CFU/m}^3 = \frac{20 \text{ CFU}}{3,915 \text{ m}^3} \\ = 5,11 \text{ CFU/m}^3$$

## h) Fakultas Syariah Dan Hukum

$$\text{CFU/m}^3 = \frac{17 \text{ CFU}}{3,915 \text{ m}^3} \\ = 4,34 \text{ CFU/m}^3$$

## i) Fakultas Ilmu Sosial Dan Ilmu Politik

$$\text{CFU/m}^3 = \frac{19 \text{ CFU}}{3,915 \text{ m}^3} \\ = 4,85 \text{ CFU/m}^3$$

## Lampiran 4 Dokumentasi pengambilan sampel pada 9 kamar mandi

No.	Gambar	Keterangan
1.		Fakultas Adab dan Humaniora
		Pengukuran faktor fisik
2.		Fakultas dakwah dan komunikasi
		Pengukuran faktor fisik

3.		Fakultas ekonomi dan bisnis
		Pengukuran faktor fisik
4.		Fakultas ilmu sosial dan ilmu politik
		Pengukuran faktor fisik
5.		Fakultas syariah dan hukum
		Pengukuran faktor fisik

6.		Fakultas Sains dan Teknologi
		Pengukuran faktor fisik
7.		Fakultas tarbiyah keguruan
		Pengukuran faktor fisik
8.		Fakultas ushuluddin filsafat

		Pengukuran faktor fisik
9.		Fakultas Psikologi
		Pengukuran faktor fisik
		Pengambilan sampel lapangan dengan metode open petri plate

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

## Lampiran 5 Dokumentasi Prosedur Kerja

No.	Gambar	keterangan
1.		Media potato dextrose agar( PDA)
2.		Pembuatan media PDA
3.		Penuangan media PDA ke dalam cawan petri
4.		Mensterilkan jarum ose dengan dibakar pada bunsen
5.		Kemudian melakukan pemurnian isolat fungi, dengan mengambil 1 ose hifa fungi yang telah ditandai dan di inokulasi
5		Media blood agar base
6.		Pembuatan media <i>blood agar</i>

7.		Darah sebanyak 5 ml
8.		Penuangan sebanyak 5 ml darah kedalam 100 ml blood agar base yang sudah disterilkan
9.		Proses pengadukan setelah menuangkan darah
10.		Menuangkan blood agar kedalam cawan petri
11.		Mengambil isolat murni fungi dengan menggunakan cork borer
12.		Inokulasi fungi pada media blood agar

## Lampiran 6 Rincian Pengeluaran Penelitian

No.	Keperluan penelitian	Harga
1.	Alumunium foil	Rp 20.000
2.	Plastik wrap	Rp 32.000
3.	Box container	Rp 60.000
4.	Sarung tangan	Rp 15.000
5.	Masker	Rp 30.000
6.	Cawan petri	Rp 180.000
7.	Spiritus	Rp 40.000
8.	Aquadest	Rp 20.000
9.	Media PDA	Rp 214.500
10.	Media Blood Agar Base	Rp 25.000
11.	Alkohol 70%	Rp 40.000
12.	Tisu	Rp 20.000
13.	Minyak emersi	Rp 7.800
14.	Methylen blue	Rp 10.500
<b>Jumlah</b>		<b>Rp 714.500</b>

