

**IDENTIFIKASI BAKTERI DAN JAMUR PADA AIR  
CONDITIONER (AC) DI RUANG PERKULIAHAN  
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

**SKRIPSI**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Oleh :  
UTARI SEPTIA DHARMA  
1508260070

**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

**MEDAN**

**2019**

**IDENTIFIKASI BAKTERI DAN JAMUR PADA AIR  
CONDITIONER (AC) DI RUANG PERKULIAHAN  
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

**Skripsi ini Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Kelulusan Sarjana Kedokteran**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Oleh :

**UTARI SEPTIA DHARMA**

**1508260070**

**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN**

**2019**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan semua sumber, baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Utari Septia Dharma

NPM : 1508260070

Judul Skripsi : Identifikasi Bakteri dan Jamur pada *Air Conditioner* (AC) di Ruang Perkuliahan Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Demikianlah pernyataan ini saya perbuat, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Medan, 08 Februari 2019

Yang menyatakan,



(Utari Septia Dharma)



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI, PENELITIAN & PENGEMBANGAN  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH  
SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS KEDOKTERAN**

Jalan Gedung Arca No. 53 Medan 20217 Telp. (061) 7350163 – 7333162 Ext. 20 Fax. (061) 7363488  
Website : [fk@umsu.ac.id](mailto:fk@umsu.ac.id)

**HALAMAN PENGESAHAN**

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Utari Septia Dharma  
NPM : 1508260070  
Judul : Identifikasi Bakteri dan Jamur pada *Air Conditioner* (AC) di Ruang Perkuliahan Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana kedokteran Fakultas kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara



Penguji 1

  
(dr. Annisa, MKT)

Penguji 2

  
(Dr. dr. Nurfadly, MKT)

**UMSU**

Mengetahui,

Dekan FK-UMSU

  
(Prof. Dr. H. Gusbakti, M.Sc., PKK., AIFM)  
NIP/NIDN: 1957081719900311002

Ketua Program Studi Pendidikan Dokter  
FK UMSU

  
(dr. Hendra Sutysna M. Biomed)  
NIDN: 0109048203

Ditetapkan di : Medan

Tanggal : 08 Februari 2019

## **KATA PENGANTAR**

Assalamu'alaikum Warohmatullahiwabarokatuh.

Puji syukur saya ucapkan kepada Allah Subhanahu Wata'ala atas segala rahmat dan hidayah-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Alhamdulillah, sepenuhnya saya menyadari bahwa selama penyusunan dan penelitian skripsi ini saya banyak mendapat dukungan, bimbingan, arahan dan bantuan dari berbagai pihak. Baik dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi. Adapun tujuan dalam penulisan ini adalah untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Sarjana Kedokteran di Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Dalam kesempatan ini saya mengucapkan terimakasih serta penghormatan yang sebesar-besarnya atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan skripsi kepada:

1. Prof.Dr.H.Gusbakti Rusif, M.Sc.,PKK.,AIFM, selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. dr.Hendra Sutysna M.Biomed sebagai Ketua program studi Pendidikan Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. dr.Ance Roslina,M.Kes selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan dalam penyusunan skripsi ini;
4. dr.Annisa,MKT sebagai dosen penguji pertama yang telah meluangkan waktu, memberikan masukan, saran, bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian skripsi ini;
5. Dr.dr.Nurfadly,MKT sebagai dosen penguji kedua yang telah meluangkan waktu, memberikan masukan, saran, bimbingan dan pengarahan selama penyelesaian skripsi ini;
6. dr.Isra Thirsty,M.Biomed selaku dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan serta bimbingan dalam meningkatkan prestasi dan penyelesaian akademik selama perkuliahan di FK UMSU.

7. Seluruh staf pengajar di Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membagi ilmunya kepada penulis, semoga ilmu yang diberikan menjadi ilmu yang bermanfaat hingga akhir hayat kelak.
8. Teristimewa Ayahanda (Alm) Darmansyah dan Ibunda Azwarni yang telah memberikan cinta yang tanpa batas, kasih sayang dalam membesarkan saya, semangat yang tiada henti serta pengorbanan dan perjuangan yang diberikan demi masa depan anaknya.
9. Abangnda dan kakanda yaitu Eko Syafrianto dan Tiara Novita Sari yang selalu memberikan semangat pada saat pengerjaan skripsi dan seluruh keluarga besar yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang turut memberi semangat serta bantuan pada saat pengerjaan skripsi
10. Assistant Laboratorium Mikrobiologi FK UMSU, Kak Endah Sri Muliani yang telah membantu saya dalam proses penelitian dilaboratorium sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
11. Sahabat-sahabat tercinta, Yunia, Sri Justika Mendrofa, Silfia Fajriati, Indri Yalni, Yossy Olivia, Nias Yerlyta, Wahyu Ade Pratama yang walaupun terpisah jarak tetap selalu ada untuk mendengarkan keluh kesah penulis dan memberikan semangat dalam penyelesaian skripsi.
12. Teman-teman, Siti Lasmi Yani Al-Azhar, Amalia Farah Mutia, Vici Vitricia Melja, Pujhi Meisya Sonia, Arda Tilla, Rizky Khairuliani, Nurhasanah, Annisa Rahmadayani, Atikah Hanum, Louse Chintia Yusuf, Rahma Mardian Tini yang telah memberikan banyak dukungan dan membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
13. Dwindi Rahmatun Azhari dan Ridha Sakinah Solin sebagai teman satu dosen pembimbing yang selalu bersama-sama, serta seluruh teman-teman sejawat 2015 yang saya sayangi

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Medan, 08 Februari 2019

Penulis

Utari Septia Dharma

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Utari Septia Dharma

NPM : 1508260070

Fakultas : Fakultas Kedokteran

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bebas Royalti Noneksklusif atas skripsi saya yang berjudul :

**“Identifikasi bakteri dan Jamur pada *Air Conditioner* (AC) di Ruang Perkuliahan Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara”** beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 08 Februari 2019

Yang menyatakan,

(Utari Septia Dharma)

## ABSTRAK

**Pendahuluan:** *Air Conditioner* (AC) merupakan salah satu fasilitas yang paling umum digunakan sebagai pendingin ruangan. AC yang jarang dibersihkan dan tidak terawat dengan baik menjadi tempat nyaman berkembang biaknya mikroorganisme (bakteri dan jamur) sehingga berimplikasi pada penurunan kesehatan dan aktivitas manusia. Keberadaan mikroorganisme dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, yaitu suhu, kelembaban, pencahayaan, kepadatan hunian, sistem ventilasi, serta sifat dan aktivitas individu di dalam ruangan tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi bakteri dan jamur pada AC di ruangan perkuliahan FK UMSU. **Metode:** Penelitian ini merupakan deskriptif observasional dengan sampel sebanyak 14 sampel menggunakan teknik pengambilan apusan pada debu dari penyaring AC. Analisis data yang digunakan berupa tabel distribusi. **Hasil:** Hasil identifikasi pertumbuhan mikroorganisme adalah basil gram positif dengan jenis *Bacillus subtilis* sebanyak 10 sampel (66,7%). Sedangkan kapang dengan jenis *Penicillium sp.* sebanyak 7 sampel (50%). Jumlah koloni mikroorganisme yang terbanyak didapatkan  $32 \times 10^9 \times 10^2$  CFU/m<sup>3</sup> dan yang terendah sebanyak  $0,02 \times 10^2$  CFU/m<sup>3</sup>. **Kesimpulan:** Mikroorganisme yang tumbuh di AC dalam ruangan, sebagian besar bakteri dijumpai adalah *Bacillus subtilis* dan jamuranya *Penicillium sp.* Meskipun terjadi pertumbuhan, sebagian besar jumlah koloni mikroorganisme AC di ruangan perkuliahan masih memenuhi persyaratan kualitas udara sebanyak 8 sampel (57,1%).

**Kata kunci:** Identifikasi bakteri, jamur, AC

## **ABSTRACT**

**Introduction:** Air Conditioner (AC) is one of the most common used facilities for air conditioning. Air conditioners that are rarely cleaned and poorly maintained are a convenient place for the breeding of microorganisms (bacteria and fungi), which has implications for the decline in human health and activity. The existence of microorganisms can be influenced by various factors, namely temperature, humidity, lighting, occupancy density, ventilation system, the nature and activities of individuals in the room. The purpose of this research was to identify the bacteria and fungal on Air Conditioners in the Faculty of Medicine, University of Muhammadiyah North Sumatera class. **Method:** This research was a descriptive observational study using 14 samples of dust smears taken from the AC filter. Data analyzed used distribution table. **Results:** Most of the grown bacteria was Gram Positive *Bacillus Subtilis* are 10 samples (66.7%) and half of the identified mold growth was *Penicillium sp.* are 7 samples (50%). The highest number of colony found was  $32 \times 10^9 \times 10^2$  CFU/m<sup>3</sup> and the lowest was  $0,02 \times 10^2$  CFU/m<sup>3</sup>. **Conclusion:** There are microorganism growth found in the room AC with the most common bacteria found was *Bacillus subtilis* and the most common fungal growth was *Penicillium sp.* Despite the growth, more than half the lecture room AC colony number still in the range for air quality qualification are 8 samples (57,1%).

**Key words:** *Identified bacteria, fungal, AC*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>viii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.3.1 Tujuan umum .....	4
1.3.2 Tujuan khusus .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 AC .....	5
2.1.1 Komponen AC .....	5
2.1.2 Klasifikasi AC.....	6

2.1.3 Perawatan ( <i>Maintenance</i> ) AC.....	7
2.1.4 Faktor yang mempengaruhi kualitas udara dalam ruangan .....	7
2.1.5 Persyaratan kualitas udara dalam ruangan .....	8
2.1.6 Dampak mikroorganisme bagi kesehatan .....	9
2.2 Bakteri.....	11
2.2.1 Morfologi bakteri .....	11
2.2.2 Klasifikasi bakteri .....	12
2.2.3 Identifikasi bakteri .....	14
2.3 Jamur ( <i>fungi</i> ).....	17
2.3.1 Morfologi jamur.....	18
2.3.2 Sifat hidup jamur.....	19
2.3.3 Klasifikasi jamur .....	20
2.4 Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme .....	21
2.5 Mikroorganisme di AC .....	23
2.6 Hubungan keberadaan bakteri dan jamur terhadap AC .....	24
2.7 Kerangka teori.....	25
2.8 Kerangka konsep.....	26
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
3.1 Definisi Operasional.....	27
3.2 Jenis Penelitian.....	27
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian .....	27
3.3.1 Waktu penelitian .....	27
3.3.2 Tempat penelitian.....	28
3.4 Populasi dan Sampel Penelitian .....	28
3.4.1 Populasi penelitian .....	28
3.4.2 Sampel penelitian.....	28
3.4.3 Teknik Sampling.....	28
3.4.4 Besar Sampel.....	28

3.5	Prosedur Penelitian.....	28
3.5.1	Alat.....	28
3.5.2	Bahan .....	29
3.5.3	Cara kerja .....	29
3.6	Pengolahan data dan Analisis Data.....	31
3.6.1	Pengolahan Data. ....	31
3.6.2	Analisis Data.....	31
3.7	Kerangka kerja .....	32
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>33</b>
4.1	Hasil Penelitian .....	33
4.1.1	Deskripsi lokasi penelitian .....	33
4.1.2	Deskripsi sampel penelitian .....	33
4.1.3	Identifikasi pertumbuhan mikroorganisme pada media.....	33
4.1.4	Pola mikroorganisme di AC.....	34
4.1.5	Distribusi hitung jumlah koloni mikroorganisme .....	37
4.2	Pembahasan.....	38
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>41</b>
5.1	Kesimpulan .....	41
5.2	Saran.....	41
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>43</b>
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komponen AC .....	5
Tabel 2.2 Persyaratan kualitas udara dalam ruangan .....	8
Tabel 2.3 Agen dan penyakit bawaan udara .....	8
Tabel 2.4 Klasifikasi bakteri patogen Gram-positif .....	9
Tabel 2.5 Klasifikasi bakteri patogen Gram-negatif .....	10
Tabel 3.1 Definisi Operasional .....	27
Tabel 4.1 Distribusi frekuensi pertumbuhan bakteri pada media.....	33
Tabel 4.2 Distribusi frekuensi pertumbuhan jamur pada media .....	34
Tabel 4.3 Hasil pewarnaan gram bakteri.....	35
Tabel 4.4 Distribusi frekuensi jenis bakteri di AC.....	35
Tabel 4.5 Distribusi frekuensi berdasarkan morfologi jamur yang tumbuh di media .....	36
Tabel 4.6 Distribusi frekuensi jenis jamur di AC .....	37
Tabel 4.7 Hitung jumlah koloni mikroorganisme .....	38

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 AC Samsung.....	5
Gambar 2.2 Sel Bakteri .....	11
Gambar 2.3 Jamur ( <i>fungi</i> ) .....	17
Gambar 2.4 Kerangka Teori.....	25
Gambar 2.5 Kerangka Konsep .....	26
Gambar 3.1 Kerangka Kerja .....	32

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Riwayat Hidup

Lampiran 2 *Ethical Clearance*

Lampiran 3 Deskripsi keadaan AC dalam ruangan

Lampiran 4 Hasil uji biokimia bakteri di AC

Lampiran 5 Hasil Uji Statistik

Lampiran 6 Dokumentasi

Lampiran 7 Artikel Penelitian

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Udara merupakan suatu komponen yang membentuk atmosfer bumi dan berperan penting dalam kehidupan makhluk hidup. Udara dapat dibagi menjadi dua yaitu udara luar ruangan (*outdoor air*) dan udara dalam ruangan (*indoor air*).

Mengingat hampir 90% aktivitas manusia di dalam ruangan, *Environmental Protection Agency of America* (EPA) menyebutkan kualitas udara dalam ruangan 2-5 kali lebih buruk dibandingkan udara di luar ruangan.<sup>1</sup> Dengan kualitas udara yang buruk dapat menimbulkan pencemaran udara di dalam ruangan sehingga berdampak pada kesehatan dan kenyamanan seseorang yang berada di dalamnya.<sup>2</sup>

Sumber pencemaran udara dalam ruangan berasal dari bioaerosol. Bioaerosol dikenal sebagai mikroorganisme yang tersebar dalam ruangan.<sup>3</sup> Mikroorganisme dapat berupa kapang, fungi, protozoa, virus dan bakteri. Dampak bioaerosol terhadap kesehatan yaitu dapat menimbulkan berbagai gejala penyakit seperti penyakit infeksi, efek toksik akut, alergi, sindrom saluran pernafasan akut berat dan kanker.<sup>4</sup> Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi keberadaan bioaerosol yaitu suhu, kelembaban, pencahayaan, kepadatan hunian, sistem ventilasi, serta sifat dan aktivitas individu.<sup>1,5</sup>

Bentuk fasilitas pelayanan kesehatan yang paling umum digunakan adalah pendingin ruangan berupa *Air Conditioner* (AC). Penggunaan AC sepenuhnya untuk melindungi penghuninya dari kontak langsung dengan lingkungan luar.

Dengan sistem pengkondisian udara yang mampu mengatur suhu dan kelembaban udara, hal ini dapat meningkatkan kenyamanan dan produktivitas belajar serta mengurangi pencemaran melalui saringan udara yang terdapat di dalamnya.<sup>6</sup> Namun, AC yang jarang dibersihkan dan tidak terawat dengan baik menjadi tempat nyaman berkembang biaknya mikroorganisme sehingga berimplikasi pada penurunan kesehatan dan aktivitas manusia.<sup>2</sup>

Berdasarkan data hasil penelitian di Taiwan melaporkan bahwa pada beberapa ruang publik dijumpai jenis bakteri *Staphylococcus spp*, *Micrococcus spp.*, *Corynebacterium spp.* dan *Bacillus spp*. Sedangkan untuk jenis jamur *Penicillium spp.*, *Cladosporium spp.* dan *Aspergillus spp.*<sup>7</sup>

Menurut data negara Eropa dan Amerika melaporkan dijumpai organisme seperti *Legionella pneumophilla*, *Streptococcus pneumonia*, *Bacillus spp*, *Penicillium spp*, *Pneumocystis carinii*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Fusarium*, dan *Alternaria* yang terdapat di saringan udara AC.<sup>8</sup>

Penelitian dari Brazil dengan membandingkan bakteri di AC pada auditorium publik, rumah sakit, perusahaan dan pusat perbelanjaan dijumpai bakteri kokus gram positif (22,22%), bakteri basil gram positif (59,26%), bakteri basil gram negatif (18,52%) pada auditorium publik; bakteri kokus gram positif (34,80%), bakteri basil gram positif (40,30%), bakteri basil gram negatif (24,90%) pada rumah sakit; bakteri kokus gram positif (50,89%), bakteri basil gram positif (23,96%), bakteri basil gram negatif (25,15%) pada perusahaan; bakteri kokus gram positif (38,63%), bakteri basil gram positif (44,78%), bakteri basil gram negatif (16,59%) pada pusat perbelanjaan. Sedangkan pada jamur sebagian besar

dijumpai berasal dari Divisi Deuteromycota seperti *Penicillium*, *Aspergillus*, *Eurotium*, *Wallemia*, *Cladosporium* dan *Alternaria*.<sup>9</sup>

FK UMSU merupakan salah satu fakultas dengan jumlah mahasiswa dan staf terbanyak di UMSU. Besarnya jumlah mahasiswa dan staf berkorelasi dengan padatnya aktivitas. Untuk menunjang aktivitas tersebut, AC menjadi pilihan utama sebagai alternatif kenyamanan ruangan di FK UMSU sendiri. Di FK UMSU, jumlah AC yang dipergunakan sebanyak 200 unit AC yang mana setiap ruangnya memiliki minimal 1 unit AC. Perawatan AC dilakukan secara terencana dan tidak terencana. Dimana dari perawatan terencana, dilakukan setiap sekali sebulan dan perawatan tidak terencana dilakukan dalam kondisi darurat. Salah satu ruangan yang memiliki AC adalah ruang kuliah.

Kondisi ruang kuliah di FK UMSU dianggap memiliki potensi tinggi untuk tercemarnya polutan udara dalam ruangan berupa mikroorganisme udara. Ini dikarenakan setiap harinya banyak sekali mahasiswa yang keluar masuk ruangan dengan jumlah 45-55 orang dan tidak hanya dalam satu waktu saja, melainkan lebih dari 3 sesi dalam 1 harinya. Dengan demikian, keluar masuknya mahasiswa tersebut memungkinkan untuk membawa sumber pencemar udara dari luar dan juga bisa disebabkan dari dalam ruangan itu sendiri, yaitu kondisi bangunan dan posisi bangunan yang sebagian ruangan tidak mendapat sinar matahari dari luar sehingga memicu kelembaban udara yang tinggi. Oleh karena itu, apabila perawatan AC tidak dilakukan secara rutin ditambah dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kondisi dalam ruangan tersebut, hal ini dapat

mempengaruhi terjadinya pertumbuhan mikroorganisme berupa bakteri dan jamur.

Berdasarkan dari latar belakang diatas, maka peneliti ingin mengetahui keberagaman bakteri dan jamur yang ditemukan pada AC di ruangan FK UMSU.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian diatas dapat dirumuskan permasalahan bagaimanakah gambaran bakteri dan jamur pada AC di ruangan kuliah FK UMSU ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

### **1.3.1 Tujuan umum**

Tujuan umum penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi bakteri dan jamur pada AC di ruangan kuliah FK UMSU.

### **1.3.2 Tujuan khusus**

1. Untuk melihat pola bakteri dan jamur pada AC di ruangan kuliah.
2. Untuk menilai jumlah koloni mikroorganisme pada AC di ruangan kuliah.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi pengetahuan tentang bakteri dan jamur yang terdapat pada AC.
2. Hasil penelitian ini dapat menjadi acuan atau referensi untuk melakukan penelitian lebih lanjut dalam bidang mikrobiologi terutama bakteri dan jamur yang terdapat pada AC.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *Air Conditioner*

*Air Conditioner* (AC) adalah suatu peralatan elektronik yang mengatur sirkulasi udara dalam ruangan sehingga memberikan kenyamanan pada makhluk hidup di dalamnya.<sup>10</sup>



Gambar 2.1 AC Samsung<sup>11</sup>

##### 2.1.1 **Komponen AC**

Tabel 2.1 *Komponen AC*<sup>12,13</sup>

No.	Komponen AC	Fungsi
1.	Kompresor	Memompakan <i>refrigerant</i> yang berbentuk gas agar tekanannya meningkat sehingga mengakibatkan temperaturnya meningkat.
2.	Kondensor	Menyerap panas pada <i>refrigerant</i> yang telah dikompresikan oleh kompresor dan mengubah <i>refrigerant</i> yang berbentuk gas menjadi cair.
3.	<i>Dryer/ receiver</i>	Menampung <i>refrigerant</i> cair untuk sementara yang untuk selanjutnya mengalirkannya ke <i>evaporator</i> melalui <i>expansion valve</i> .
4.	<i>Expansion valve</i>	Mengabutkan <i>refrigerant</i> kedalam <i>evaporator</i> agar <i>refrigerant</i> cair dapat segera berubah menjadi gas.
5.	<i>Evaporator</i>	Menyerap panas dari udara melalui sirip-sirip pendingin <i>evaporator</i> sehingga udara

---

		tersebut menjadi dingin.
6.	<i>Fan</i>	Meniup atau menghembuskan udara melewati sirip-sirip <i>evaporator</i> .
7.	<i>Filter</i>	Menyaring debu atau kotoran yang dialirkan melewatinya.
8.	Thermostat	Mengatur suhu ruang sesuai dengan duhu yang dikehendaki.
9.	<i>Air Duct</i>	Mengalirkan udara terkondisi ke tempat yang dituju secara terprogram.
10.	Pipa kondensat	Mengalirkan air hasil kondensasi dari <i>evaporator</i> secara gravitasi ke arah pembangunan yang direncanakan.
11.	<i>Supply Air Diffuser</i>	Kisi-kisi tempat udara keluar dari mesin dan memasuki ruangan yang dikondisikan.
12.	<i>Return Air Grille</i>	Kisi-kisi udara ruang kembali terhisap ke unit AC untuk diambil panasnya atau didinginkan.
13.	<i>Manifold gauge</i>	Mengosongkan atau mengisi <i>refrigerant</i> . Selain untuk juga digunakan untuk mendeteksi kerusakan-kerusakan yang terjadi pada sistem AC.
14.	<i>Refrigerant</i>	Media yang berbentuk senyawa yang digunakan dalam siklus panas yang mengalami perubahan fasa dari gas ke cair atau sebaliknya.
15.	Pelumas kompresor	Melumasi bantalan-bantalan serta bidang permukaan yang saling bergesekan agar tidak terjadi kerusakan atau keausan.
16.	Freon	Fluida atau zat pendingin.

---

## 2.1.2 Klasifikasi AC

### a. AC Window

Merupakan pendingin yang relatif murah untuk kapasitas kecil, mudah digunakan dan mudah pemasangannya. Cocok digunakan untuk ruangan yang kecil.<sup>12</sup>

### b. AC Split

Terbagi atas 2 unit yaitu satu dibagian luar ruangan (*outdoor unit*) yang berisi kondensor dan kompresor dan satu di dalam ruangan (*indoor unit*) berisi

*evaporator* dan kipas udara. Untuk AC split dengan kapasitas besar, unit pada sistem ini untuk mengalirkan udara dingin dibantu dengan sistem *ducting*, sehingga jangkauannya lebih luas dan merata.<sup>12</sup>

### **c. AC Sentral**

AC Sentral biasa digunakan di hotel, mall, gedung-gedung dengan ruangan yang banyak.<sup>12</sup>

#### **2.1.3 Perawatan (*Maintenance*) AC**

Menurut Assauri (2004) jenis perawatan yaitu :

##### 1) Perawatan Terencana (*Planned Maintenance*)

Merupakan perawatan yang dilakukan secara terorganisasi dan sesuai dengan rencana perawatan yang telah dibuat sebelumnya. Perawatan ini dibedakan menjadi dua yaitu *Preventive Maintenance* dan *Corrective Maintenance*.

##### 2) Perawatan Tidak Terencana (*Unplanned Maintenance*)

Merupakan perawatan darurat atau perawatan yang perlu segera dilakukan untuk mencegah akibat yang lebih serius.

Komponen AC harus mendapat perawatan yang dapat dijadwalkan baik bulanan maupun tiap 3 – 4 bulanan. Tujuannya agar komponen AC tetap berfungsi dengan baik dan dapat mengontrol kegiatan pemeliharaan.<sup>14</sup>

#### **2.1.4 Faktor yang mempengaruhi kualitas udara dalam ruangan**

Kualitas udara dalam ruangan dipengaruhi oleh bahan bangunan (misal: asbes), struktur bangunan (misal: ventilasi), bahan pelapis furnitur, elemen interior, fasilitas pendingin ruangan, kepadatan hunian, kualitas udara luar, radiasi

dari radon, formaldehid, debu, kelembaban yang berlebihan dan pencemar biologi (mikroorganisme).

Selain itu, kualitas udara juga dipengaruhi oleh kegiatan dalam ruangan seperti penggunaan energi tidak ramah lingkungan, penggunaan sumber energi yang relatif murah seperti batubara dan biomasa (kayu, kotoran kering dari hewan ternak, residu pertanian), perilaku merokok dalam ruang, penggunaan pestisida, penggunaan bahan kimia pembersih dan kosmetika.<sup>15,16</sup>

### 2.1.5 Persyaratan kualitas udara dalam ruangan

Tabel 2.2 Kualitas fisik, terdiri dari parameter:<sup>5</sup>

No.	Jenis Parameter	Satuan	Kadar yang dipersyaratkan
1	Suhu	°C	18 – 30
2	Pencahayaan	Lux	Minimal 60
3	Kelembaban	% Rh	40 – 60
4	Laju Ventilasi	m/dtk	0,15 – 0,25
5	PM <sub>2,5</sub>	µg/m <sup>3</sup>	35 dalam 24 jam
6	PM <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>	≤ 70 dalam 24 jam

Tabel 2.3 Kualitas kimia, terdiri dari parameter:<sup>5</sup>

No.	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimal yang dipersyaratkan	Keterangan
1	<i>Sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>)</i>	ppm	0,1	24 jam
2	<i>Nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>)</i>	ppm	0,04	24 jam
3	<i>Carbon monoksida (CO)</i>	ppm	9,00	8 jam
4	<i>Carbon dioksida (CO<sub>2</sub>)</i>	ppm	1000	8 jam
5	<i>Timbal (Pb)</i>	µg/m <sup>3</sup>	1,5	15 menit
6	Asbes serat	serat/ml	5	Panjang serat 5µ
7	<i>Formaldehid (HCHO)</i>	ppm	0,1	30 menit
8	<i>Volatile Organic Compound (VOC)</i>	ppm	3	8 jam
9	<i>Environmental Tobacco Smoke (ETS)</i>	µg/m <sup>3</sup>	35	24 jam

Tabel 2.4 Kualitas biologi terdiri dari parameter:<sup>5</sup>

No.	Jenis Parameter	Satuan	Kadar maksimal
1	Jamur	CFU/m <sup>3</sup>	0 CFU/m <sup>3</sup>
2	Bakteri pathogen	CFU/m <sup>3</sup>	0 CFU/m <sup>3</sup>
3	Jumlah koloni mikroorganisme	CFU/m <sup>3</sup>	< 700 CFU/m <sup>3</sup>

Catatan :

- PM = *Particulate Matter*
- ppm = *part per million*
- CFU = *Colony Forming Unit*<sup>5</sup>

### 2.1.6 Dampak mikroorganisme bagi kesehatan

Bangunan yang menggunakan AC selalu berkaitan dengan kejadian *Sick Building Syndrome* (SBS). SBS merupakan sekumpulan gejala yang disebabkan oleh karena buruknya kualitas udara ruangan. Gejalanya tidak khas dan biasanya berkaitan dengan waktu yang dihabiskan seseorang di dalam ruangan ( $\geq 8$  jam).<sup>16</sup> Adapun tanda dan gejala dari SBS meliputi mata pedih, merah, berair, sakit kepala, batuk, pilek, hidung tersumbat, bersin-bersin, rongga mulut sakit, rongga mulut kering, badan panas dingin, mual, tidak nafsu makan, lesu, kelelahan, pegal-pegal anggota tubuh dan kulit gatal.<sup>17</sup>

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan pada hubungan kualitas udara dalam ruang dengan kejadian SBS yaitu :<sup>18</sup>

- a. Kondisi lingkungan dalam ruang (suhu ruangan, kelembaban dan aliran udara).
- b. Konstruksi bangunan dan perabotan.
- c. Proses dan alat-alat dalam bangunan.
- d. Ventilasi udara.

e. Status kesehatan penghuni dan faktor psikososial.

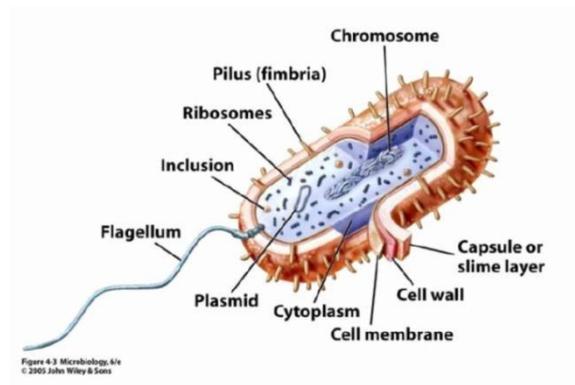
Tabel 2.5 Agen dan penyakit bawaan udara<sup>7,15</sup>

Jenis mikroorganisme		Agen	Penyakit
Bakteri kokus gram positif	1.	<i>Staphylococcus</i>	Infeksi kulit, infeksi saluran pernafasan
	2.	<i>Streptococcus</i>	Demam berdarah, erysipelas, radang tenggorokan, demam rematik
	3.	<i>Micrococcus</i>	Meningitis, endocarditis, pneumonia, arthritis septik
Bakteri basil gram positif	1.	<i>Bacillus fragilis</i>	Kholesistitis
	2.	<i>Clostridium</i>	Diare
	3.	<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Difteri
	4.	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Tuberkulosis
	5.	<i>Bacillus anthracis</i>	Anthrax
	6.	<i>Bacillus tuberculosis</i>	Tuberculosis
Bakteri basil gram negatif	1.	<i>Pseudomonas</i>	Infeksi telinga berat dan infeksi mata
	2.	<i>Salmonella, Shigella dan Vibrio</i>	Enteritis enterocolitis dan diare
	3.	<i>Klebsiella</i>	Pneumonia
	4.	<i>Proteus</i>	Infeksi saluran kemih
	5.	<i>Brucella</i>	Bruselosis
	6.	<i>Bordetella</i>	Batuk rejan
	7.	<i>Bacteroides fragilis dan Escherichia coli</i>	Abses hati
	8.	<i>Haemophilus</i>	Epiglottitis, Sinusitis, Laringotrakheitis, Otitis, Meningitis
	9.	<i>Legionella</i>	<i>Legionella's disease</i>
Jamur	1.	<i>Candida</i>	Endokarditis, infeksi mata, infeksi kulit
	2.	<i>Histoplasma capsulatum</i>	Sariawan, pneumonia
	3.	<i>Sporothrix schenckii</i>	Infeksi granulomatosa menahun

4. <i>Aspergillus</i>	<i>Pulmonary aspergillosis</i> , alergi.
5. <i>Scopulariopsis candida</i>	Gangguan pernafasan
6. <i>Fusarium verticilloides</i>	Mikotik keratitis dan otomikosis
7. <i>Alternaria</i>	Alergi
<i>Cladosporium</i>	
<i>Stachybotrys</i>	
<i>Penicillium spp.</i>	

## 2.2 Bakteri

Bakteri adalah salah satu golongan prokariotik (tidak memiliki selubung inti). Bakteri sebagai makhluk hidup tentu memiliki informasi genetik berupa DNA, tapi tidak terlokalisasi dalam tempat khusus (nukleus) dan tidak ada membran inti.<sup>19</sup>



Gambar 2.2 Sel Bakteri<sup>20</sup>

### 2.2.1 Morfologi Bakteri

Bakteri memiliki bentuk yang bervariasi, seperti bulat (kokus), melengkung (kurva), spiral dan batang (basil). Secara umum, bakteri dapat dibagi menjadi dua kelompok besar berdasarkan reaksi pulasan Gram yang mencerminkan struktur dinding sel bakteri. Sebagian bakteri akan berwarna biru/hitam (Gram-positif) dan yang lainnya akan berwarna merah (Gram-negatif).<sup>19</sup>

## 2.2.2 Klasifikasi Bakteri

Tabel 2.6 Klasifikasi bakteri patogen Gram-positif<sup>21</sup>

<b>BAKTERI GRAM-POSITIF</b>			
<b>Pengelompokkan</b>	<b>Pertumbuhan Aerob/ Anaerob</b>	<b>Genus</b>	<b>Contoh spesies yang penting secara klinis</b>
<i>Kokus Gram-positif</i>			
Berkelompok	Keduanya	<i>Staphylococcus</i>	<i>S. aureus</i> , <i>S. epidermidis</i> , <i>S. saprophyticus</i>
Rantai/berpasangan	Keduanya	<i>Streptococcus</i>	<i>S. pneumoniae</i> , <i>S. pyogenes</i> , <i>Enterococcus faecalis</i>
Bujur sangkar	Keduanya	<i>Micrococcus</i>	
Rantai	Anaerob	<i>Peptococcus</i> dan <i>Peptostreptococcus</i>	
<i>Basil Gram-positif</i>			
Berspora	Aerob	<i>Bacillus</i>	<i>B. anthracis</i> , <i>B. cereus</i>
Tidak membentuk spora	Keduanya Aerob/ mikroaerofilik Anaerob/ mikroaerofilik	<i>Corynebacterium</i> <i>Listeria</i> <i>Lactobacillus</i>	<i>C. diphtheriae</i> <i>L. monocytogenes</i>
Berspora	Anaerob	<i>Clostridium</i>	<i>C. difficile</i> , <i>C. botulinum</i> , <i>C. tetani</i> , <i>C. perfringens</i>
Tidak membentuk spora	Anaerob	<i>Propionibacterium</i>	<i>P. acnes</i>
Bercabang	Anaerob Aerob	<i>Actinomyces</i> <i>Nocardia</i>	<i>A. israeli</i> <i>N. asteroides</i>

Tabel 2.7 Klasifikasi bakteri patogen Gram-negatif<sup>21</sup>

<b>BAKTERI GRAM-NEGATIF</b>				
<b>Bentuk</b>	<b>Pertumbuhan Aerob/ anaerob</b>	<b>Pengelompokan utama</b>	<b>Genus</b>	<b>Contoh spesies yang penting secara klinis</b>
Kokus	Aerob		<i>Neisseria</i>	<i>N. gonorrhoeae</i> <i>N. meningitidis</i>
Kokus Basil	Anaerob	<i>Enterobacte- riaceae</i> (‘Koliform’)	<i>Veillonella</i>	<i>E. chloaceae</i>
			<i>Eschericia</i>	<i>E. coli</i>
			<i>Klebsiella</i>	<i>K. pneumoniae</i>
			<i>Proteus</i>	<i>P. mirabilis</i>
			<i>Salmonella</i>	<i>S. typhimurium</i>
			<i>Serratia</i>	<i>S. marcescens</i>
			<i>Shigella</i>	<i>S. sonnei</i>
			<i>Yersinia</i>	<i>Y. enterocolica</i>
Basil	Aerob		<i>Pseudomonas</i>	<i>P. aeruginosa</i>
Bentuk koma	Keduanya	<i>Vibrio</i>	<i>Vibrio</i>	<i>V. parahaemolyticus</i> <i>V. cholerae</i>
			<i>Campylobacter</i>	<i>C. jejuni</i>
			<i>Helicobacter</i>	<i>H. pylori</i>
Basil	Bervariasi sesuai genus	Parvobakteri	<i>Bordetella</i>	<i>B. pertussis</i>
			<i>Brucella</i>	<i>B. abortus</i>
			<i>Haemophilus</i>	<i>H. influenza</i> <i>H. parainfluenza</i>
			<i>Pasteurella</i>	<i>P. multocida</i>
Basil	Aerob		<i>Legionella</i>	<i>L. pneumophila</i>
Basil	Anaerob		<i>Bacteroides</i>	<i>B. fragilis</i> <i>Fusobacterium</i>

### 2.2.3 Identifikasi Bakteri

Terdapat beberapa cara untuk identifikasi bakteri antara lain :

a. Pemeriksaan Mikroskopis

Pemeriksaan langsung digunakan untuk mengamati pergerakan, dan pembelahan secara biner, mengamati bentuk dan ukuran sel yang alami, yang pada saat mengalami fiksasi panas serta selama proses pewarnaan mengakibatkan beberapa perubahan.<sup>22</sup>

b. Pembiakan Bakteri

Pembiakan diperlukan untuk mempelajari sifat bakteri untuk dapat mengadakan identifikasi, determinasi, atau diferensiasi jenis-jenis yang ditemukan. Medium pembiakan terdiri dari :

1) Medium pembiakan dasar

Medium pembiakan dasar adalah medium pembiakan sederhana yang mengandung bahan yang umum diperlukan oleh sebagian besar mikroorganisme dan dipakai juga sebagai komponen dasar untuk membuat medium pembiakan lain.

2) Medium pembiakan penyubur (*Enriched Medium*)

Medium pembiakan penyubur dibuat dari medium pembiakan dasar dengan bahan lain untuk mempersubur pertumbuhan bakteri tertentu yang pada medium pembiakan dasar tidak dapat tumbuh dengan baik.

### 3) Medium pembiakan selektif

Medium pembiakan selektif digunakan untuk menyeleksi bakteri yang diperlukan dari campuran bakteri-bakteri lain yang terdapat dalam bahan pemeriksaan.<sup>22</sup>

Yang termasuk ke dalam medium pembiakan selektif dan diferensialnya adalah:

#### 1. Agar Garam Mannitol

Mengandung konsentrasi garam tinggi (7,5% NaCl), yang dapat menghambat pertumbuhan kebanyakan bakteri, kecuali *Staphylococcus*.

#### 2. Agar Darah

Darah dimasukkan ke dalam medium untuk memperkaya unsur dalam pembiakan mikroorganisme terpilih seperti *Streptococcus sp.* Darah juga akan memperlihatkan sifat hemolisis yang dimiliki *Streptococcus*.

- a) Gamma hemolisis : tidak terjadi lisis sel darah merah dan tidak adanya perubahan medium di sekitar koloni .
- b) Alpha hemolisis : terjadi lisis sel darah merah dengan reduksi hemoglobin menjadi metahemoglobin menghasilkan lingkaran kehijauan sekitar pertumbuhan bakteri.
- c) Beta hemolisis : terjadi lisis sel darah merah dilengkapi kerusakan dan penggunaan hemoglobin oleh mikroorganisme menghasilkan zona bening sekeliling koloni.

### 3. Agar *McConkey*

Menghambat pengaruh kristal ungu terhadap pertumbuhan bakteri Gram positif, selanjutnya bakteri Gram-negatif dapat diisolasi.<sup>22</sup>

### c. Uji Biokimia

Sifat metabolisme bakteri dalam uji biokimia biasanya dilihat dari interaksi metabolit-metabolit yang dihasilkan dengan reagen-reagen kimia.

Adapun uji biokimia yang sering dilakukan yaitu :

#### 1) Uji *Sulfat Indol Motility* (SIM)

Hasil yang diperoleh pada uji ini adalah positif, hal ini terlihat adanya penyebaran yang berwarna putih seperti akar disekitar inokulasi. Hal ini menunjukkan adanya pergerakan dari bakteri yang diinokulasikan, yang berarti bahwa bakteri ini memiliki flagella. Dari uji juga terlihat ada warna hitam, yang berarti bakteri ini menghasilkan Hidrogen Sulfat ( $H_2S$ ).

#### 2) Uji *Triple Sugar Iron Agar* (TSIA)

Medium *Triple Sugar Iron Agar* biasanya digunakan untuk konfirmasi pengujian *E. coli* dan dapat digunakan untuk identifikasi bakteri gram negatif yang memfermentasi dekstrosa/laktosa/sukrosa dan produksi  $H_2S$ .

#### 3) Uji *Simmons Citrate*

*Simmons Citrate Medium* mengandung amonium dihidrogen fosfat, natrium klorida, natrium sitrat, magnesium sulfat, agar, bromtimol biru, dan aquades memiliki pH 6,9.<sup>22</sup>

## 4) Uji Motilitas

Uji motilitas dilakukan untuk membedakan bakteri motil dan non motil.

Motilitas bakteri dapat diamati dari pertumbuhan bakteri pada media.<sup>23</sup>

## 5) Uji Indol

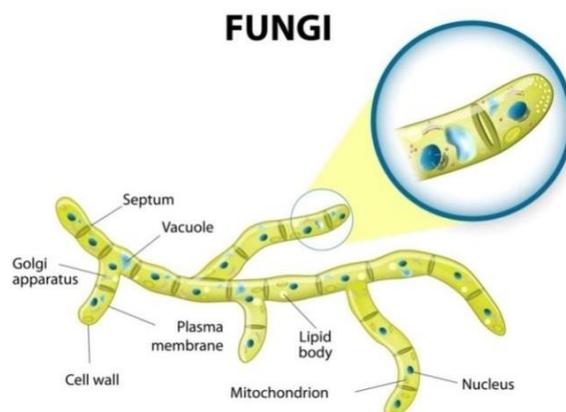
Uji Indol dilakukan untuk mengetahui kemampuan bakteri menghasilkan indol dari asam amino triptophan.

## d. API 20 E

*Analytical Profile Index* (API) merupakan sistem identifikasi untuk *Enterobacteriaceae* dan batang Gram-negatif non-kritis lainnya.<sup>23</sup>

### 2.3 Jamur (*Fungi*)

Jamur adalah organisme eukariotik, memiliki sedikitnya satu nukleus, membran inti, retikulum endoplasma, mitokondria dan apparatus sekretori. Mayoritas fungi hidup secara aerob obligat atau aerob fakultatif dan kemotropik dengan cara mengeluarkan enzim degradasi untuk mencerna berbagai substrat organik mengubahnya menjadi nutrisi yang larut dan secara pasif atau transport aktif akan masuk ke dalam sel fungi.<sup>19</sup>



Gambar 2.3 Jamur (*Fungi*)<sup>20</sup>

### 2.3.1 Morfologi jamur

Fungi tumbuh dalam dua bentuk morfologi dasar yaitu ragi (*yeast*) dan kapang (*mold*).<sup>19</sup>

Pertumbuhan dalam bentuk *mold* berasal dari koloni multisel filamentosa. Filamen ini berupa tubulus bercabang yang disebut hifa (*hyphae*) dengan diameter antara 2-10  $\mu\text{m}$ . Kondensasi untai hifa yang terbentuk selama pertumbuhan aktif disebut *mycelium*. Sebagian hifa tampak jelas sel-selnya terpisah oleh *septa*, yang khas terlihat selama periode pembentukan hifa. *Zygomycetes* memproduksi hifa yang hampir tidak bersepta. Hifa yang mempenetrasi medium dan menyerap nutrisi disebut hifa vegetatif (*substratehyphae*). Sebaliknya *aerial hyphae* menonjol ke permukaan *mycelium* dan merupakan struktur reproduktif.

Ragi adalah sel tunggal umumnya berbentuk sferis dengan diameter antara 3-15  $\mu\text{m}$ . Mayoritas ragi bereproduksi dengan cara bertunas (*budding*). Beberapa spesies memproduksi tunas yang gagal memisah dan jadi memanjang seperti rantai yang disebut *pseudohyphae*. Koloni ragi umumnya lembut, *opaque*, berukuran 1–3 mm, *cream-colored*. Semua *fungi* memiliki dinding yang kaku (*rigid*) yang menjaga keutuhan bentuknya. Dinding sel tersebut berupa lapisan karbohidrat yaitu rantai panjang polisakarida dan ditambah glikoprotein serta lipid. Beberapa *fungi* memiliki dinding sel dengan zat tambahan melanin yang diduga berperan sebagai salah satu faktor virulen.

Selain dalam bentuk vegetatif, *fungi* dapat membentuk spora untuk meningkatkan daya tahan hidupnya. Spora dapat terbentuk pada fase reproduksi seksual maupun aseksual.<sup>19</sup>

### 2.3.2 Sifat hidup jamur

Jamur pada dasarnya bersifat heterotrof yaitu organisme yang dapat menyerap zat organik dari lingkungan melalui hifa dan miselium untuk memperoleh makanannya, dan kemudian menyimpannya dalam bentuk glikogen. Semua zat seperti karbohidrat, protein, vitamin, dan senyawa kimia lainnya diperoleh dari lingkungannya.<sup>19</sup>

Jamur dapat bersifat :

a. Parasit obligat

Jamur jenis ini hanya dapat hidup pada inangnya dan tidak dapat hidup di luar inangnya.

b. Parasit fakultatif

Jamur jenis ini dapat hidup di luar inangnya. Bersifat parasit jika hidup pada inang yang sesuai dan bersifat saprofit jika hidup pada inang yang tidak sesuai.

c. Saprofit

Jamur yang bersifat saprofit dan dapat melapukkan zat organik seperti pada kayu tumbang dan buah jatuh. Selain itu, hifa dapat juga menyerap secara langsung bahan-bahan organik dalam bentuk sederhana yang dikeluarkan oleh inangnya.<sup>19</sup>

### 2.3.3 Klasifikasi jamur

Klasifikasi jamur (*fungi*) didasarkan pada mekanisme dan spora yang berasal dari reproduksi seksual, yang pada sebagian besar keadaan, melibatkan *strain* yang dapat berpasangan, menjalani fusi dan meiosis nuklear, dan pertukaran informasi genetik.

Jamur (*fungi*) dibagi dalam 4 kelompok utama :

a. Divisi Zygomycotina (Phycomycetes)

Reproduksi seksual menghasilkan zigospora, reproduksi aseksual terjadi melalui sporangia. Hifa vegetatif bersepta jarang.

Contoh : *Rhizopus*, *Absidia*, *Mukor*, *Pilobolus*.

b. Divisi Ascomycotina (Ascomycetes)

Reproduksi seksual melibatkan kantong atau askus, tempat terjadinya kariogami dan meiosis, menghasilkan askospora. Reproduksi aseksual terjadi melalui konidia. Kapang mempunyai hifa bersepta.

Contoh : *Ajellomyces* (genus anamorfik, *blastomyces*, *histoplasma*), *Atroderma* (genus anamorfik, *Microsporium*, *Trychophyton*), dan genus ragi seperti *saccharomyces*.

c. Divisi Basidiomycotina (Basidiomycetes)

Reproduksi seksual menghasilkan 4 basidiospora progeni yang ditunjang oleh basidium berbentuk gada. Hifa mempunyai septa kompleks.

Contoh : Jamur merang (*Volvariella volvaceae*), jamur tiram (*Pleurotes*), *Filobasidiella neoformans*.

d. Divisi Deuteromycotina (Deuteromycetes)

Kelompok ini merupakan pengelompokan artifisial untuk fungi imperfekta yang sifat teleomorf atau reproduksi seksualnya belum ditemukan. Keadaan anamorfik ditandai dengan konidia aseksual. Bila ditemukan siklus seksual, suatu spesies digolongkan kembali yang menunjukkan filogeninya secara tepat.

Contoh : *Histoplasma capsulatum*, *Epidermiphyton floocosum*, *Candida albicans*, *Coccidioides immitis*, *Paracoccidioides brasiliensis*.<sup>19</sup>

## 2.4 Faktor-faktor yang mempengaruhi Pertumbuhan Mikroorganism

a. Nutrien

Nutrien dibutuhkan oleh mikroorganism secara keseluruhan mengandung sumber karbon (karbohidrat), sumber nitrogen (protein, amoniak), ion-ion anorganik tertentu (Fe, K), metabolit penting (vitamin, asam amino) dan air.<sup>24,25</sup>

b. Suhu

Spesies mikroba yang berbeda membutuhkan suhu optimal yang pertumbuhannya. Bentuk psikrofilik tumbuh paling baik pada suhu rendah (15-20°C); bentuk mesofilik tumbuh paling baik pada (30-37°C); sebagian besar bentuk termofilik tumbuh paling baik pada (50-60°C). Sebagian besar organism adalah mesofilik (30°C) adalah suhu optimal untuk banyak bentuk mikroba yang hidup bebas dan suhu tubuh penjamu adalah suhu optimal untuk simbiosis hewan berdarah panas.<sup>19</sup>

c. Tersedianya oksigen

Konsentrasi oksigen yang tersedia mempengaruhi jenis dan pertumbuhan mikroorganisme. Oksigen dibutuhkan bakteri untuk proses respirasi.<sup>24</sup>

d. pH

Sebagian besar organisme (neutrofil) paling baik tumbuh pada pH 6,0-8,0, meskipun beberapa bentuk (asidofil) mempunyai pH optimal 3,0 dan yang lain (alkalifil) mempunyai pH optimal 10,5.<sup>19</sup>

e. Pencahayaan

Adanya sumber cahaya dalam ruangan dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Pencahayaan harus cukup baik waktu siang maupun malam hari. Paparan cahaya dengan intensitas sinar ultraviolet (UV) tinggi dapat berakibat fatal bagi pertumbuhan mikroorganisme.<sup>26</sup>

f. Kelembaban

Sumber kelembaban dalam ruangan berasal dari konstruksi bangunan yang tidak baik. Kelembaban relatif udara yang tinggi dapat meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme.<sup>26</sup>

g. Ventilasi

Ventilasi merupakan salah satu elemen penting dalam suatu bangunan yang berguna untuk menggantikan udara kotor dalam ruangan.<sup>27</sup>

h. Kepadatan hunian

Jumlah penghuni dalam ruangan berpengaruh terhadap suhu dan penyebaran mikroorganisme dalam ruangan. Bakteri yang terbawa oleh penghuni ruangan dapat menyebar ke udara sekitar ruangan sehingga mengkontaminasi udara

ruangan. Selain itu, penyebaran dapat juga berasal dari penghuni itu sendiri yang berasal dari droplet yang dikeluarkan melalui batuk, bersin dan berbicara.

Menghitung kepadatan hunian ruangan dapat dilihat dari luas ruangan, jumlah penghuni dalam ruangan dengan rumus : <sup>28</sup>

$\text{Kepadatan hunian} = \frac{\text{Jumlah luas bangunan}}{\text{Jumlah penghuni dalam ruang}}$ $= \dots\dots\dots \text{m}^2/\text{orang}$
--

## 2.5 Mikroorganisme di AC

Mikroorganisme yang tersebar di sekitar udara disebut bioaerosol. Makhluk hidup terutama adalah bakteri dan jamur. Bioaerosol biasanya menempel pada permukaan tanah, lantai, ruangan, perabot ruangan maupun penghuni ruangan. Mikroorganisme tersebut sebagian besar adalah flora normal dari udara (misal: *Bacillus subtilis*, *Legionella pneumophila*), saprofit dan bersifat non patogenik, tetapi dengan bertambahnya bakteri dan jamur dalam jumlah yang relatif besar dapat berpotensi patogenik. Selain itu, droplet juga mempengaruhi jumlah mikroorganisme pada udara. Mikroorganisme disebarkan oleh droplet yang dikeluarkan melalui hidung atau mulut selama batuk, bersin dan bicara.<sup>29</sup>

Contoh bioaerosol patogen diudara yaitu :

1. Bakteri : *Legionella*, *Actinomycetes*, *Micrococcus*, *Streptococcus*,  
*Staphylococcus*, *Bacillus* dan *Corynebacterium*.
2. Jamur : *Histoplasma*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus* dan

*Cladosporium.*

3. Protozoa : *Naegleria, Acanthamoeba.*
4. Virus : *Influenza, vaccinia, SARS virus.*<sup>7,30</sup>

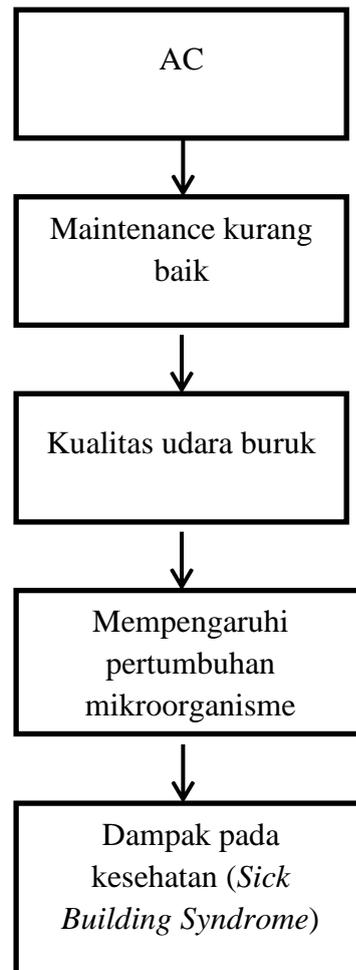
## **2.6 Hubungan keberadaan bakteri dan jamur terhadap AC**

Mikroorganisme hidup pada pipa AC yang menyalurkan udara dingin ke ruangan. Penggunaan AC yang mewajibkan tertutupnya seisi ruang dapat mengakibatkan pertumbuhan mikroorganisme semakin subur.

Bakteri dan jamur tumbuh pada tempat yang lembab. Tempat dan AC yang tidak dijaga kebersihannya menjadi penyebab utama masalah kesehatan serta sistem ventilasi yang tidak adekuat akan meningkatkan kontaminasi udara dalam ruang tersebut. Sistem kerja AC adalah menyerap udara panas kemudian diubah menjadi dingin. Apabila udara panas yang terserap adalah dari tempat yang kotor maka udara dingin yang dihasilkan AC akan menjadi kotor juga.<sup>31</sup>

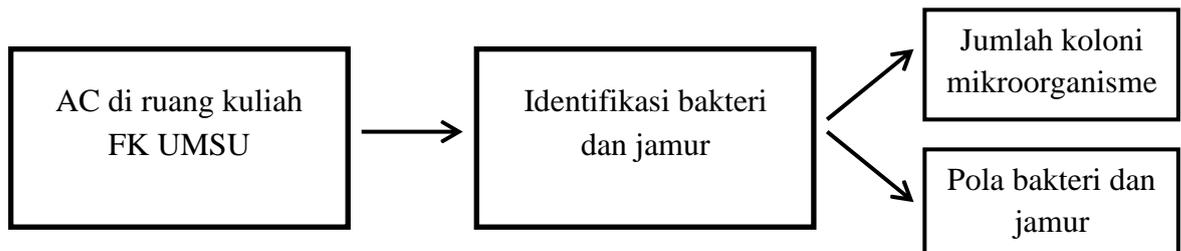
Penyaring dalam AC dirancang untuk mencegah penyebaran bakteri dan jamur. Namun, dalam tugasnya penyaring AC bekerja dengan mengumpulkan dan menyaring polutan yang ada. Dalam proses itu, bakteri dan jamur dapat berkembang biak pada penyaring AC jika tidak dibersihkan secara teratur dan menyebarkannya ke udara sehingga dampaknya akan terjadi penurunan kesehatan pada penghuni didalamnya.<sup>7,32</sup>

## 2.7 Kerangka Teori



Gambar 2.4 Kerangka Teori

## 2.8 Kerangka Konsep



Gambar 2.5 Kerangka Konsep

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Definisi Operasional

Tabel 3. 1 Definisi operasional

No.	Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Skala Ukur	Hasil Ukur
1.	AC di ruang kuliah FK UMSU	Pendingin ruangan (AC) yang terdapat di ruang kuliah FK UMSU.	-	Nominal	-
2.	Pola bakteri dan jamur di AC	Bentuk gambaran morfologi dan spesies bakteri dan jamur yang terdapat di AC.	Mikroskop	Nominal	Bakteri (Kokus/Basil Gram positif dan Kokus/Basil Gram negatif). Jamur (Ragi/Kapang dan Div.Zygomycotina/Ascomycotina/Basidiomycotina/Deuteromycotina).
3.	Jumlah koloni mikroorganisme di AC	Jumlah koloni yang terbentuk pada bakteri dan jamur di AC	Koloni	Nominal	Buruk ( $>7.10^2$ CFU/m <sup>3</sup> ). Baik ( $\leq 7.10^2$ CFU/m <sup>3</sup> ).

#### 3.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah deskriptif observasional untuk mengidentifikasi keberagaman bakteri dan jamur AC dalam ruangan kuliah.<sup>33</sup>

#### 3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

##### 3.3.1 Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan September sampai November 2018.

### **3.3.2 Tempat Penelitian**

Pengambilan sampel dilakukan pada ruang kuliah dan identifikasi sampel di laboratorium mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

## **3.4 Populasi dan Sampel**

### **3.4.1 Populasi Penelitian**

Populasi penelitian ini adalah seluruh AC di ruangan kuliah Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

### **3.4.2 Sampel Penelitian**

Sampel penelitian ini adalah AC di seluruh ruangan kuliah 2015 A, 2015 B, 2016 A, 2016 B, 2017 A dan 2017 B.

### **3.4.3 Teknik Sampling**

Teknik yang digunakan adalah *Total sampling design*.<sup>33</sup>

### **3.4.4 Besar Sampel**

Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 14 sampel.

## **3.5 Prosedur Penelitian**

### **3.5.1 Alat**

- |                      |                  |
|----------------------|------------------|
| 1. Cawan petri       | 7. Inkubator     |
| 2. Tabung reaksi     | 8. Refrigerator  |
| 3. Lampu Bunsen      | 9. Deck glass    |
| 4. Ose               | 10. Mikroskop    |
| 5. Kaca objek        | 11. Pipet tetes  |
| 6. Kapas lidi steril | 12. Plastik wrap |

### 3.5.2 Bahan

- |                                   |                    |
|-----------------------------------|--------------------|
| 1. Sampel AC                      | 10. Gentian Violet |
| 2. <i>McConkey Agar</i>           | 11. Lugol          |
| 3. <i>Mueller Hinton Agar</i>     | 12. Alkohol        |
| 4. <i>Mannitol Salt Agar</i>      | 13. Safranin       |
| 5. <i>Blood Agar</i>              | 14. Aquades        |
| 6. <i>Simmons Citrate Agar</i>    | 15. NaCL 0,9%      |
| 7. <i>Triple Sugar Iron Agar</i>  | 16. Sarung tangan  |
| 8. <i>Sabouraud Dextrose Agar</i> | 17. Masker         |
| 9. KOH 10%                        | 18. Minyak imersi  |

### 3.5.3 Cara Kerja

#### Pengambilan sampel

Pada setiap ruangan, dilakukan pengambilan sampel dengan cara apusan debu pada penyaring AC menggunakan kapas lidi steril yang telah dibasahi NaCL 0,9%. Lalu kapas lidi tersebut dimasukkan ke dalam tabung trasportir yang selanjutnya dikirim ke laboratorium untuk dilakukan penanaman sampel ke media *McConkey Agar*, *Mueller Hinton Agar* dan *Sabouraud Dextrose Agar*.

Setelah dilakukan penanaman, cawan petri ditutup dan dikemas, kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C.

### **Identifikasi Bakteri**

Hari kedua, dilakukan pendeteksian koloni bakteri yang tumbuh pada media *McConkey Agar* dan media *Mueller Hinton Agar* . Selanjutnya dilakukan pewarnaan gram.

Jika ditemukan bakteri gram positif, berikutnya diidentifikasi pada media *Mannitol Salt Agar* untuk *Staphylococcus* dan media *Blood Agar* untuk *Streptococcus*. Sedangkan jika ditemukan bakteri gram negatif, dilakukan uji biokimia *Simmons Citrate Agar* dan *Triple Sugar Iron Agar* . Setelah itu, pada kesemua media dieramkan di inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam.

Hari ketiga, dilakukan pengamatan hasil dan penghitungan jumlah koloni berdasarkan koloni yang tumbuh pada bakteri dengan menggunakan *colony counters*.<sup>24</sup>

### **Identifikasi Jamur**

Setelah pengambilan, sampel diinokulasi pada media *Sabouraud Dextrose Agar* dan dieramkan pada suasana aerob dengan kelembaban tinggi.

Selanjutnya pada hari kelima, dilakukan pengamatan hasil dan penghitungan jumlah koloni berdasarkan koloni yang tumbuh pada jamur dengan menggunakan *colony counters* serta dilakukan pembuktian dengan uji KOH 10%.<sup>24</sup>

## **3.6 Pengolahan Data dan Analisis Data**

### **3.6.1 Pengolahan Data**

Pengolahan data dilakukan untuk mengubah data yang masih mentah menjadi sebuah informasi yang dapat digunakan untuk menjawab tujuan penelitian ialah :

#### *1. Editing*

Kegiatan melakukan pengecekan kelengkapan data

#### *2. Coding*

Kegiatan merubah dan mengklasifikasikan data berbentuk huruf menjadi bentuk angka/bilangan.

#### *3. Processing*

Pemrosesan dilakukan dengan cara memasukkan data ke dalam perangkat komputer.

#### *4. Cleaning*

Melakukan pemeriksaan kembali data yang sudah di proses untuk menghindari kesalahan.

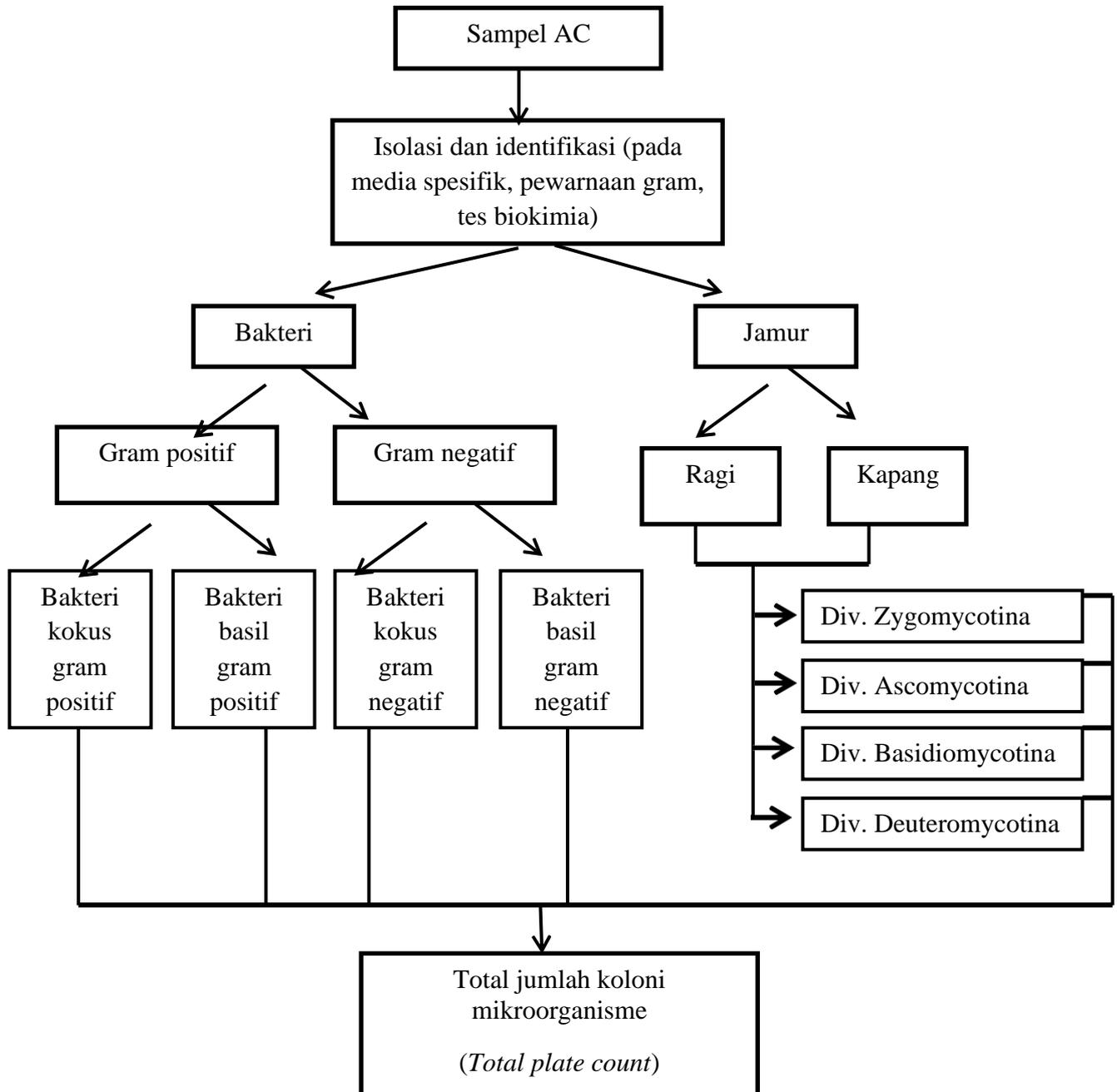
#### *5. Saving*

Melakukan penyimpanan data.

### **3.6.2 Analisis Data**

Data yang terkumpul dari uji laboratorium akan diolah dengan bantuan program *Statistical Product and Service Solutions* (SPSS) akan diolah dengan metode statistic deskriptif penyajian data dengan menggunakan tabel distribusi dan frekuensi.

### 3.7 Kerangka Kerja



Gambar 3.1 Kerangka Kerja

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

##### 4.1.1 Deskripsi lokasi penelitian

Penelitian ini telah dilakukan di Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) di jalan Gedung Arca No.53, Medan.

##### 4.1.2 Deskripsi sampel penelitian

Sampel dalam penelitian ini adalah AC di ruang kuliah 2015 A, 2015 B, 2016 A, 2016 B, 2017 A dan 2017 B Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Total sampel dalam penelitian ini adalah 14 sampel.

##### 4.1.3 Identifikasi pertumbuhan mikroorganisme pada media

Untuk mengidentifikasi setiap bakteri yang tumbuh pada masing-masing media, media yang digunakan untuk mengidentifikasi bakteri pada ke 14 sampel adalah media *McConkey Agar* dan *Mueller Hinton Agar*. Sedangkan untuk mengidentifikasi jamur menggunakan media *Sabouraud Dextrose Agar*.

**Tabel 4.1 Distribusi frekuensi pertumbuhan bakteri pada media**

Media	<i>McConkey Agar</i>	<i>Mueller Hinton Agar</i>	(%)
Dijumpai koloni	0	14	100
Tidak dijumpai koloni	14	0	100
Total	14	14	100

Berdasarkan tabel 4.1 menunjukkan bahwa tidak terjadinya pertumbuhan bakteri pada media *McConkey Agar* dibandingkan media *Mueller Hinton Agar*. Ini

disebabkan karena *McConkey Agar* merupakan media selektif dan diferensial bagi mikroba dan hanya memungkinkan terjadinya pertumbuhan bakteri yang toleran terhadap empedu, sedangkan *Mueller Hinton Agar* merupakan media universal untuk terjadinya pertumbuhan bakteri.<sup>34</sup>

**Tabel 4.2 Distribusi frekuensi pertumbuhan jamur pada media**

<b>Media</b>	<b><i>Sabouraud Dextrose Agar</i></b>	<b>(%)</b>
Terdapat pertumbuhan	14	100
Tidak terdapat pertumbuhan	0	0
Total	14	100

Berdasarkan tabel 4.2 menunjukkan bahwa terjadi pertumbuhan jamur pada media *Sabouraud Dextrose Agar*.

#### **4.1.4 Pola mikroorganisme di AC**

Untuk mengidentifikasi pola mikroorganisme yang tumbuh pada media, dilakukan uji pewarnaan gram dan uji biokimia (TSIA dan SCA) terhadap bakteri sedangkan jamur dilakukan uji KOH 10%. Hasil dari uji pewarnaan gram dan uji KOH 10% tersebut dapat dilihat menggunakan mikroskop dengan pembesaran 100x sehingga hasil yang didapatkan yaitu morfologi dan spesies bakteri dan jamur. Sedangkan hasil uji biokimia yang dilakukan, didapatkan hasil sifat dan karakteristik pada bakteri berdasarkan proses biokimia dan reaksi enzimatik yang menghasilkan suatu substrat spesifik.

**Tabel 4.3 Hasil Pewarnaan Gram Bakteri**

Ruang	AC	Gram	Bentuk	Hasil	(%)
2015 B	AC 1	Gram +	Basil	Gram positif = 11 AC	78,6
2015 B	AC 2	Gram +	Kokus		
2015 A	AC 3	Gram +	Basil		
2015 A	AC 4	Gram -	Basil		
2016 B	AC 5	Gram +	Kokus		
		Gram -	Basil	Gram positif dan negatif = 1 AC	7,1
2016 B	AC 6	Gram +	Basil		
2017 A	AC 7	Gram +	Basil		
2017 A	AC 8	Gram -	Basil		
2017 B	AC 9	Gram +	Basil	Gram negatif = 2 AC	14,3
2017 B	AC 10	Gram +	Basil		
2016 A	AC 11	Gram +	Basil		
2016 A	AC 12	Gram +	Basil		
2016 A	AC 13	Gram +	Basil		
2016 A	AC 14	Gram +	Basil		
Total				14	100

Berdasarkan tabel 4.3 menunjukkan bahwa dari 14 sampel AC sebagian

besar bentuk bakteri yang ditemukan adalah basil gram positif.

**Tabel 4.4 Distribusi frekuensi jenis bakteri di AC**

Ruang	AC	Bakteri	Jumlah bakteri di AC	(%)
2015 B	AC 1	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Bacillus subtilis</i> = 10	66,7
2015 B	AC 2	<i>Staphylococcus albus</i>	<i>Staphylococcus albus</i> = 1	6,7
2015 A	AC 3	<i>Bacillus subtilis</i>		
2015 A	AC 4	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i> = 3	20,0
2016 B	AC 5	<i>Staphylococcus aureus</i>		
		<i>Klebsiella pneumoniae</i>		
2016 B	AC 6	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Staphylococcus aureus</i> = 1	6,7
2017 A	AC 7	<i>Bacillus subtilis</i>		
2017 A	AC 8	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Bacillus subtilis</i> = 1	
2017 B	AC 9	<i>Bacillus subtilis</i>		
2017 B	AC 10	<i>Bacillus subtilis</i>		
2016 A	AC 11	<i>Bacillus subtilis</i>		
2016 A	AC 12	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	
2016 A	AC 13	<i>Bacillus subtilis</i>		
2016 A	AC 14	<i>Bacillus subtilis</i>		
Total			15	100

Berdasarkan tabel 4.4 menunjukkan bahwa sebagian besar jenis bakteri yang dijumpai adalah *Bacillus subtilis* sebanyak 10 sampel (66,7%).

**Tabel 4.5 Distribusi frekuensi berdasarkan morfologi jamur yang tumbuh di media**

Ruang	Sampel	Morfologi Jamur	Hasil	(%)
2015 B	AC 1	-		
2015 B	AC 2	Kapang		
2015 A	AC 3	Kapang	Tidak dijumpai =	7,14
2015 A	AC 4	Kapang	1	
2016 B	AC 5	Kapang		
2016 B	AC 6	Kapang		
2017 A	AC 7	Kapang		
2017 A	AC 8	Kapang		
2017 B	AC 9	Kapang		
2017 B	AC 10	Kapang	Kapang = 13	92,86
2016 A	AC 11	Kapang		
2016 A	AC 12	Kapang		
2016 A	AC 13	Kapang		
2016 A	AC 14	Kapang		
Total			14	100

Berdasarkan tabel 4.5 menunjukkan bahwa dari 14 sampel AC sebagian besar dengan morfologi jamur berupa kapang dan hanya 1 sampel yang terkontaminasi dikarenakan saat dibalut tidak terlalu kuat, sehingga memungkinkan benda/zat asing lain untuk masuk ke media agar tersebut.

**Tabel 4.6 Distribusi frekuensi jenis jamur di AC**

<b>Ruang</b>	<b>AC</b>	<b>Bakteri</b>	<b>Jumlah bakteri di AC</b>	<b>(%)</b>
2015 B	AC 1	-	Tidak dijumpai = 1	7,14
2015 B	AC 2	<i>Aspergillus niger</i>		
2015 A	AC 3	<i>Aspergillus niger</i>		
2015 A	AC 4	<i>Aspergillus niger</i>		
2016 B	AC 5	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Aspergillus niger</i> = 6	42,86
2016 B	AC 6	<i>Penicillium sp.</i>		
2017 A	AC 7	<i>Aspergillus niger</i>		
2017 A	AC 8	<i>Penicillium sp.</i>		
2017 B	AC 9	<i>Aspergillus niger</i>		
2017 B	AC 10	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Penicillium sp</i> = 7	50,00
2016 A	AC 11	<i>Penicillium sp.</i>		
2016 A	AC 12	<i>Penicillium sp.</i>		
2016 A	AC 13	<i>Penicillium sp.</i>		
2016 A	AC 14	<i>Penicillium sp.</i>		
<b>Total</b>			<b>14</b>	<b>100</b>

Berdasarkan tabel 4.6 menunjukkan bahwa sebagian besar jenis jamur AC yang dijumpai adalah *Penicillium sp.* sebanyak 7 sampel (50%).

#### **4.1.5 Distribusi hitung jumlah koloni mikroorganisme**

Penghitungan jumlah koloni dilakukan dengan menggunakan *colony counters*. Adapun hasil penghitungan jumlah koloni tersebut, disajikan seperti tabel berikut :

**Tabel 4.7 Hitung jumlah koloni mikroorganisme**

Ruang	AC	Jumlah Koloni	Kualitas udara	Hasil	(%)
2015 B	AC 1	0,03 x 10 <sup>2</sup>	Baik	Baik = 8	57,1
2015 B	AC 2	0,1 x 10 <sup>2</sup>	Baik		
2015 A	AC 3	0,02 x 10 <sup>2</sup>	Baik		
2015 A	AC 4	0,2 x 10 <sup>2</sup>	Baik		
2016 B	AC 5	0,1 x 10 <sup>2</sup>	Baik		
2016 B	AC 6	0,45 x 10 <sup>2</sup>	Baik		
2017 A	AC 7	0,06 x 10 <sup>2</sup>	Baik		
2017 A	AC 8	0,12 x 10 <sup>2</sup>	Baik		
2017 B	AC 9	32 x 10 <sup>9</sup> x 10 <sup>2</sup>	Buruk	Buruk = 6	42,9
2017 B	AC 10	7 x 10 <sup>9</sup> x 10 <sup>2</sup>	Buruk		
2016 A	AC 11	9 x 10 <sup>9</sup> x 10 <sup>2</sup>	Buruk		
2016 A	AC 12	12 x 10 <sup>9</sup> x 10 <sup>2</sup>	Buruk		
2016 A	AC 13	75 x 10 <sup>7</sup> x 10 <sup>2</sup>	Buruk		
2016 A	AC 14	7 x 10 <sup>9</sup> x 10 <sup>2</sup>	Buruk		
Total				14	100

Berdasarkan tabel 4.7 menunjukkan bahwa dari 14 sampel AC terdapat 8 AC (57,1%) yang memenuhi persyaratan dan 6 AC (42,9%) yang tidak memenuhi persyaratan. Dimana berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No.1077 Tahun 2011 tentang persyaratan kualitas biologi ditetapkan bahwa kadar maksimal bakteri pathogen adalah 0 CFU/m<sup>3</sup> dan kadar maksimal jumlah mikroorganisme adalah < 7.10<sup>2</sup> CFU/m<sup>3</sup>.<sup>5</sup>

## 4.2 Pembahasan

Hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai Identifikasi Bakteri dan Jamur pada *Air Conditioner* (AC) di Ruang Perkuliahan Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, diperoleh bahwa terdapat keberagaman koloni dan jumlah koloni mikroorganisme yang dijumpai pada masing-masing sampel AC. Hal ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti

suhu, kelembaban, cahaya yang kurang, ventilasi yang tidak adekuat, kontaminasi kimia, kontaminasi mikrobiologi, kepadatan hunian, interior bangunan, sifat dan aktivitas individu. Selain itu, bisa dipengaruhi dari frekuensi rawatan/servis AC dan sistem kerja penyaring AC pada masing-masing sampel.<sup>15,35</sup>

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, jenis bakteri yang dijumpai pada AC adalah *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus albus*, *Klebsiella pneumoniae* dan *Staphylococcus aureus*. Pada penelitian ini bakteri yang didapatkan sebagian sama dengan penelitian sebelumnya, dimana penelitian mengenai Identifikasi Jenis Bakteri Udara di Ruang Bersistem HVAC (*Heating Ventilation and Air Conditioning*), jenis bakteri yang teridentifikasi di ruangan menggunakan AC adalah *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Micrococcus* dan *Pseudomonas*. Yang membedakannya adalah pada pengambilan sampel dilakukan sebanyak tiga kali, sedangkan penelitian yang telah dilakukan, pengambilan hanya sekali waktu.<sup>2</sup> Lain halnya dengan penelitian mengenai Jumlah Koloni Mikroorganisme Udara dalam Ruang dan Hubungannya dengan Kejadian Sick Building Syndrome (SBS) pada Pekerja Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur (B2TKS) BPPT di Kawasan Puspiptek Serpong, jenis bakteri yang ditemukan pada AC didominasi oleh bakteri gram negatif. Ini dikarenakan bahwa bakteri gram negatif yang didapatkan berkaitan erat dengan kejadian *Sick Building Syndrome* (SBS) berupa gangguan iritasi mukosa pada penghuni didalam ruangan tersebut.<sup>7</sup> Selain itu, didapatkan juga persamaan dengan penelitian mengenai Microbiological Quality of Indoor Air in University Libraries, melaporkan bahwa pada masing-masing perpustakaan yang berbeda di Universitas Jimma dijumpai jenis bakteri

*Micrococcus*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Bacillus sp.* dan *Neisseria sp.*<sup>37</sup>

Jenis jamur yang dijumpai di AC pada penelitian yang telah dilakukan adalah *Penicillium sp.* dan *Aspergillus sp.* Untuk penelitian mengenai jamur, didapatkan beberapa persamaan dengan penelitian sebelumnya mengenai Isolation, identification and testing for allergenicity of fungi from air-conditioned indoor environment, jenis jamur AC di dalam ruangan menunjukkan bahwa jamur yang dominan adalah *Penicillium sp.*, *Aspergillus sp.* dan *Fusarium sp.*<sup>36</sup> Sedangkan penelitian mengenai Microbiological Quality of Indoor Air in University Libraries, melaporkan bahwa pada masing-masing perpustakaan yang berbeda di Universitas Jimma dijumpai jenis jamur *Cladosporium sp.*, *Alternaria sp.*, *Penicillium sp.* dan *Aspergillus sp.* Penelitian ini juga terdapat persamaan dengan penelitian yang telah dilakukan.<sup>37</sup>

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian Identifikasi Bakteri dan Jamur pada *Air Conditioner* (AC) di Ruang Perkuliahan Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pola bakteri AC yang dijumpai adalah *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus albus*, *Klebsiella pneumoniae* dan *Staphylococcus aureus* dengan jenis terbanyak *Bacillus subtilis*. Pola jamur AC yang dijumpai adalah *Aspergillus niger* dan *Penicillium sp* dengan jenis terbanyak *Penicillium sp*.
2. Jumlah koloni mikroorganisme yang memenuhi persyaratan sebanyak 8 AC (57,1%) dan yang tidak memenuhi persyaratan sebanyak 6 AC (42,9%) dengan jumlah koloni mikroorganisme terbanyak didapatkan  $32 \times 10^9 \times 10^2$  CFU/m<sup>3</sup>.

#### 5.2 Saran

Beberapa saran dari peneliti sebagai tindak lanjut dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk peneliti selanjutnya

Meneliti faktor-faktor lain yang berhubungan dengan keberadaan bakteri dan jamur pada AC dalam ruangan, misal kejadian *Sick Building Syndrome* (SBS).

2. Untuk pengguna AC

Memperhatikan dan menjaga kebersihan selama berada di dalam ruangan.

3. Untuk instansi

- a. Membersihkan secara periodik penyaring pada AC untuk mencegah masuknya dan bersarangnya mikroorganisme dalam ruangan.
- b. Mengusahakan agar tiap sudut dalam ruangan selalu ada pergerakan atau sirkulasi udara, seperti ventilasi.
- c. Mengatur letak lubang ventilasi yang tepat termasuk pintu dan jendela atau lainnya guna meningkatkan kualitas udara dalam ruangan.
- d. Dalam membangun gedung atau ruangan perlu memperhatikan penggunaan *finishing materials* (terutama interior) yang mudah dibersihkan dari debu dan polutan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Coggins M, Semple S, Hurley F, et al. Indoor Air Pollution and Health. STRIVE Report Series No.104.2013;57: 285
2. Iswadi, Samingan, Yulisman H. Prosiding Seminar Nasional Biotik tentang Identifikasi jenis bakteri udara di ruangan bersistem HVAC (Heating Ventilation and Air Conditioning). 2014 Sept 2:978-9
3. Sekulska M.S, Pajak P, Szyszka A, et al. Microbiological Quality of Indoor Air in University Rooms. Polish J Environ Stud. 2007;16(4):623-32
4. Srikanth P. Sudharsanam S. Steinberg R. Bio-aerosols in indoor environment : composition, health effects and analysis. Indian J Med Micro. 2008;26(4):302-12
5. Kemenkes RI. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/MENKES/PER/V/2011 Tentang Pedoman Penyehatan Udara dalam Rumah.2011:1-32
6. Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. Sistem Pengkondisian Udara dan Ventilasi. Panduan Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta Berdasarkan Peraturan Gubernur No.38/2012.2012;2(38):1-48
7. Lisyastuti E. Jumlah koloni mikroorganisme udara dalam ruang dan hubungannya dengan kejadian Sick Building Syndrome (SBS) pada Pekerja Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur (B2TKS) BPPT di Kawasan Puspipetek Serong Tahun . Tesis. 2010:1-55
8. Anas G, Sunday Aligbe D, Suleiman G, et al. Studies on Microorganisms Associated with Air-Conditioned Environments. IOSR J Environ Sci Toxicol Food Technol Ver I. 2016;10(7):2319–99
9. Ross C, Menezes J, Inez T, et al. Studies on Fungal and Bacterial Population of Air- conditioned Environments. Brazilian Arch Biol Technol.2004 Sept;47(9):827–35.
10. Samsudduha. Penggunaan Modul Pembelajaran Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kompetensi Memelihara / Servis Sistem AC. Skripsi.2013:17-27
11. Samsung Newsroom. Samsung Electronics to Launch Wind-Free™ Air Conditioner at CES 2017. Available from: URL: <https://news.samsung.com/global/samsung-electronics-to-launch-wind-free-air-conditioner-at-ces-2017>. Accessed Dec 25, 2016
12. Triyono, Wahyu. Pedoman Praktis Merawat AC Mobil. Jakarta: Gelora Aksara Pratama. 2010
13. Pamungkas G, Halimah, Adam M. Frocogenerator (Free Freon Cooler Refrigerator) Sebagai Inovasi Kulkas Penyimpan Buah dan Sayuran yang Ramah Lingkungan Berbasis Transfer Kalor Adsorben-Adsorbat yang Low-Power. 2010:1-4
14. Suminto C, Rasti F, Amilia C, dkk. Analisis Penjadwalan Kegiatan Preventive Maintenance AC Split Gedung Pusat PDAM Tirta Moedal Semarang. 2014 Des;19(2):63-70

15. Alamsyah A, Marlina T, Riau P, dkk. Faktor-faktor yang berhubungan dengan Jumlah Mikroorganisme Udara dalam Ruang Kelas Lantai 8 Universitas Esa Unggul.2016 Feb;1(2):17-22
16. Ratodi M, Zubaidah T, Marlinae L. Predicting the Sick Building Syndrome ( SBS ) occurrence among Pharmacist assistant in Banjarmasin South Kalimantan.2017;8(2): 118-23
17. Joshi M. The sick building syndrome. Ind J Occu and Environt Med. 2008 August;12(2):1-4
18. Fitria Laila, Ririn A, Ema H, dkk. Kualitas udara dalam ruang perpustakaan Universitas "X" ditinjau dari kualitas biologi, fisik dan kimiawi. 2008;12(2):76-82
19. Brooks GF, Carroll KC, Butel J, et al.Jawetz, Melnick, & Adelberg's Medical Microbiology. 26<sup>th</sup> ed.New York: Lange medical books; 2013
20. Wiley J, Inc S. Essential Microbiology. Stuart Hogg : The University of Glamorgan, UK; 2005
21. Elliott T, Worthington T, Osman H, dkk. Mikrobiologi Kedokteran & Infeksi. Edisi 4. Jakarta: EGC;2013.p.9-22
22. Salman HD. Atlas of medical bacteriology. University Baylon; 2016 June
23. Carson J, Wagner T, Wilson T, et al. Miniaturized tests for computer assisted identification of motile Aeromonas species with an improved probability matrix. J Appl Micro.2001;90:190-200
24. Waluyo L. Mikrobiologi Lingkungan. Malang : Universtas Muhammadiyah Malang Press; 2009
25. Harti AS. Mikrobiologi Kesehatan Peran Mikrobiologi Dalam Kesehatan : CV Andi Offset; 2015
26. Anies. Waspada Ancaman Penyakit Tidak Menular Solusi Pencegahan Dari Aspek Perilaku Dan Lingkungan. Jakarta : PT Elex Media Komputindo; 2006
27. Ide P. Inner Healing in the office : Strategi Menangkal Penyakit di Tempat Kerja dan Mencapai Kedamaian Batin. Jakarta: PT Elex Media Komputindo; 2007
28. Siregar MP, Hasan W, Ashar T. Hubungan Karakteristik Rumah Dengan Kejadian Penyakit Tuberkulosis Paru Di Puskesmas Simpang Kiri Kota Subulussalam. Kesehatan Masyarakat Universitas Sumatera Utara; 2012
29. Chan PMJE. Dasar-dasar Mikrobiologi. Jakarta : UI Press; 2008
30. Mandal J, Brandl H. Bioaerosols in Indoor Environment .Rev w Spec Ref Resident and Occu Loc. 2011:83-96
31. Vidyautami D, Huboyo S, Hadiwidodo M. Pengaruh Penggunaan Ventilasi (AC dan Non AC) dalam Ruangan terhadap Keberadaan Mikroorganisme Udara. Jurnal Teknik Lingkungan . Semarang: Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. 2015;4(1):10-22
32. Djojodibroto D. Respirology (respiratory medicine). Jakarta: EGC; 2009
33. Sudigdo Sastroasmoro.Dasar-Dasar Metodologi Penelitian Klinis. Jakarta : CV. Sagung Seto; 2017
34. Lay, W.B. Analisis Mikroba di Laboratorium. Jakarta : Raja Grafindo Persada; 1994

35. R.T.Vindrahapsari. Kondisi Fisik dan Jumlah Bakteri pada Ruangan AC dan Non AC di Sekolah Dasar. Universitas Muhammadiyah Semarang; 2016
36. Khan, AAH. Karuppayil, SM. Isolation, identification and testing for allergenicity of fungi from air-conditioned indoor environment. *Aerobiologia*. 2009;25:119-123
37. Hayleeyesus Samuel F, Manaye Abayneh M. Microbiological Quality of Indoor Air in University Libraries. *Asian Pac J Trop Biomed*. 2014 May; 4(Suppl 1): S312-17



**Lampiran 2 Ethical Clearance****KOMISI ETIK PENELITIAN KESEHATAN FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Jalan Gedung Arca no. 53 Medan, 20217

Telp. 061-7350163, 7333162 Fax. 061-7363488

Website : <http://www.umsu.ac.id> Email: kepkfkumsu@gmail.com

No: 136/KEPK/FKUMSU/ 2018

**KETERANGAN LOLOS KAJI ETIK**

Komisi Etik Penelitian Kedokteran Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara dalam upaya melindungi hak azazi dan kesejahteraan subyek penelitian kedokteran telah mengkaji dengan teliti protokol yang berjudul:

Identifikasi Bakteri dan Jamur pada Air Conditioner (AC) di Ruang Perkuliahan Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Peneliti utama : Utari Septia Dharma

Nama institusi : Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Dan telah menyetujui protokol penelitian diatas.

Medan, 30 Agustus 2018

Ketua



Dr.dr.Nurfadly, MKT

### Lampiran 3 Deskripsi keadaan AC dalam ruangan

AC	Tanggal Pengambilan	Servis AC terakhir	Frekuensi Rawatan	Kunjungan/minggu	Jumlah orang	Waktu pemakaian
AC 1	25/09/2018	17/09/2018	1x / 1 bulan	6 x	55	± 5 tahun
AC 2	25/09/2018	17/09/2018	1x / 1 bulan	6 x	55	± 5 tahun
AC 3	10/10/2018	18/09/2018	1x / 2 bulan	5 x	56	± 1 tahun
AC 4	10/10/2018	18/09/2018	1x / 2 bulan	5 x	56	± 1 tahun
AC 5	12/10/2018	19/09/2018	1x / 1 bulan	5 x	65	± 5 tahun
AC 6	12/10/2018	19/09/2018	1x / 1 bulan	5 x	65	± 5 tahun
AC 7	23/10/2018	13/10/2018	1x / 1 bulan	5 x	50	± 5 tahun
AC 8	23/10/2018	13/10/2018	1x / 1 bulan	5 x	50	± 5 tahun
AC 9	23/10/2018	13/10/2018	1x / 1 bulan	5 x	49	± 5 tahun
AC 10	23/10/2018	13/10/2018	1x / 1 bulan	5 x	49	± 5 tahun
AC 11	30/10/2018	22/10/2018	1x / 1 bulan	5 x	62	± 5 tahun
AC 12	30/10/2018	22/10/2018	1x / 1 bulan	5 x	62	± 5 tahun
AC 13	30/10/2018	22/10/2018	1x / 1 bulan	5 x	62	± 5 tahun
AC 14	30/10/2018	22/10/2018	1x / 1 bulan	5 x	62	± 5 tahun

**Lampiran 4 Hasil uji biokimia bakteri di AC**

Ruang	AC	Uji TSIA				Uji SCA	Genus/Spesies Bakteri
		S	B	G	H		
2015 B	AC 1	Asam	Asam	-	-	-	<i>Bacillus subtilis</i>
2015 B	AC 2	Asam	Asam	-	-	-	<i>Staphylococcus albus</i>
2015 A	AC 3	Basa	Asam	+	-	-	<i>Bacillus subtilis</i>
2015 A	AC 4	Basa	Asam	-	-	-	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
2016 B	AC 5	Asam	Asam	-	-	-	<i>Staphylococcus aureus</i>
		Asam	Asam	-	-	+	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
2016 B	AC 6	Basa	Asam	-	-	-	<i>Bacillus subtilis</i>
2017 A	AC 7	Asam	Basa	-	-	-	<i>Bacillus subtilis</i>
2017 A	AC 8	Basa	Asam	-	-	-	<i>Klebsiella pneumoniae</i>
2017 B	AC 9	Asam	Basa	-	-	-	<i>Bacillus subtilis</i>
2017 B	AC 10	Asam	Basa	-	-	-	<i>Bacillus subtilis</i>
2016 A	AC 11	Basa	Asam	-	-	-	<i>Bacillus subtilis</i>
2016 A	AC 12	Basa	Asam	-	-	-	<i>Bacillus subtilis</i>
2016 A	AC 13	Basa	Asam	-	-	-	<i>Bacillus subtilis</i>
2016 A	AC 14	Basa	Asam	-	-	-	<i>Bacillus subtilis</i>

## Lampiran 5 Hasil Uji Statistik

## Statistics

		<i>McConkey Agar</i>	<i>Mueller Hinton Agar</i>	<i>Sabouraud Dextrose Agar</i>
N	Valid	14	14	14
	Missing	0	0	0

## Frequency Table

## Jumlah Pewarnaan Gram

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Gram positif	11	78.6	78.6	78.6
	Gram negatif	2	14.3	14.3	92.9
	Gram positif dan negatif	1	7.1	7.1	100.0
	Total	14	100.0	100.0	

## Jumlah Jenis Bakteri

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	<i>Bacillus subtilis</i>	10	66.7	66.7	66.7
	<i>aphylococcus albus</i>	1	6.7	6.7	73.3
	<i>Klebsiella pneumoniae</i>	3	20.0	20.0	93.3
	<i>Staphylococcus aureus</i>	1	6.7	6.7	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

**Morfologi Jamur yang tumbuh di media**

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Kapang	13	92.9	92.9	92.9
	Tidak dijumpai	1	7.1	7.1	100.0
	Total	14	100.0	100.0	

**Jumlah Jenis Jamur**

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	<i>Aspergillus sp.</i>	6	42.9	42.9	42.9
	<i>Penicillium sp.</i>	7	50.0	50.0	92.9
	Tidak dijumpai	1	7.1	7.1	100.0
	Total	14	100.0	100.0	

**Jumlah Koloni Mikroorganisme**

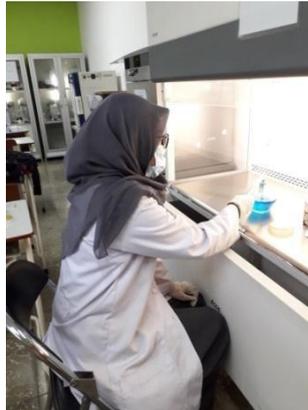
		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Baik	8	57.1	57.1	57.1
	Buruk	6	42.9	42.9	100.0
	Total	14	100.0	100.0	

## Lampiran 6 Dokumentasi

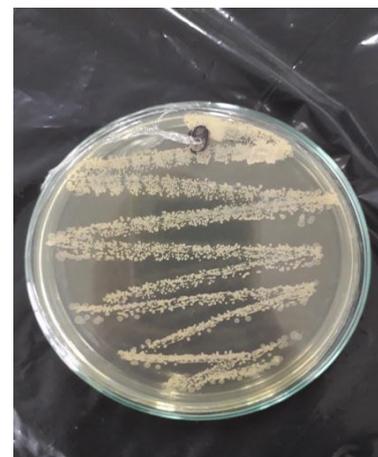
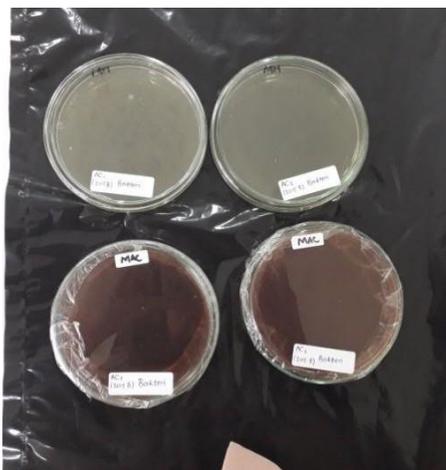
### Pengambilan Sampel



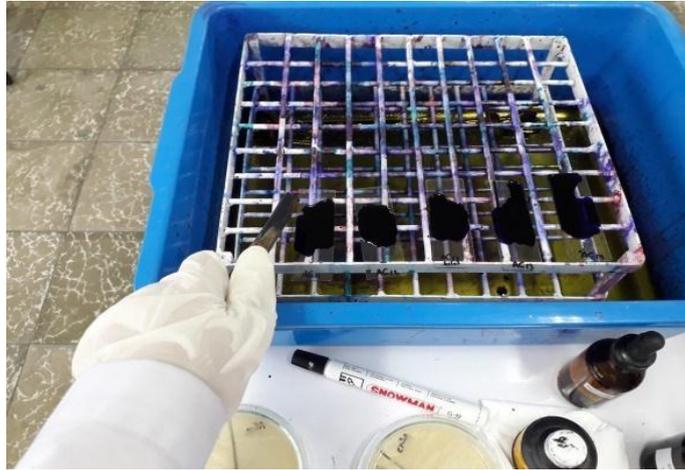
### Pelabelan dan Penanaman Sampel ke Media Agar



### Penghitungan Jumlah Mikroorganisme



### Pewarnaan Gram



### Gambaran Mikroskopik Bakteri



### Hasil Uji MSA



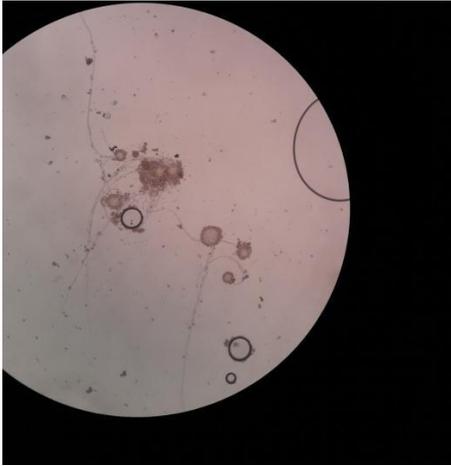
### Hasil Uji Biokimia



### Gambaran Morfologi Dasar Jamur



**Gambaran Mikroskopik Jamur**



## Lampiran 7 Artikel Penelitian

### Identifikasi Bakteri dan Jamur pada *Air Conditioner* (AC) di Ruang Perkuliahan Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Utari Septia Dharma<sup>1</sup>, Ance Roslina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Email: utariseptiad@gmail.com

<sup>2</sup>Departemen Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara  
Email: anceroslina@gmail.com

#### ABSTRACT

**Introduction:** *Air Conditioner (AC) is one of the most common used facilities for air conditioning. Air conditioners that are rarely cleaned and poorly maintained are a convenient place for the breeding of microorganisms (bacteria and fungi), which has implications for the decline in human health and activity. The existence of microorganisms can be influenced by various factors, namely temperature, humidity, lighting, occupancy density, ventilation system, the nature and activities of individuals in the room. The purpose of this research was to identify the bacteria and fungal on Air Conditioners in the Faculty of Medicine, University of Muhammadiyah North Sumatera class. Method: This research was a descriptive observational study using 14 samples of dust smears taken from the AC filter. Data analyzed used distribution table. Results: Most of the grown bacteria was Gram Positive Bacillus Subtilis are 10 samples (66.7%) and half of the identified mold growth was Penicillium sp. are 7 samples (50%). The highest number of colony found was  $32 \times 10^9 \times 10^2$  CFU/m<sup>3</sup> and the lowest was  $0,02 \times 10^2$  CFU/m<sup>3</sup>. Conclusion: There are microorganism growth found in the room AC with the most common bacteria found was Bacillus subtilis and the most common fungal growth was Penicillium sp. Despite the growth, more than half the lecture room AC colony number still in the range for air quality qualification are 8 samples (57,1%).*

**Key words:** *Identified bacteria, fungal, AC*

## PENDAHULUAN

Udara merupakan suatu komponen yang membentuk atmosfer bumi dan berperan penting dalam kehidupan makhluk hidup. Udara dapat dibagi menjadi dua yaitu udara luar ruangan (*outdoor air*) dan udara dalam ruangan (*indoor air*). Mengingat hampir 90% aktivitas manusia di dalam ruangan, *Environmental Protection Agency of America* (EPA) menyebutkan kualitas udara dalam ruangan 2-5 kali lebih buruk dibandingkan udara di luar ruangan.<sup>1</sup> Dengan kualitas udara yang buruk dapat menimbulkan pencemaran udara di dalam ruangan sehingga berdampak pada kesehatan dan kenyamanan seseorang yang berada di dalamnya.<sup>2</sup>

Sumber pencemaran udara dalam ruangan berasal dari bioaerosol. Bioaerosol dikenal sebagai mikroorganisme yang tersebar dalam ruangan.<sup>3</sup> Mikroorganisme dapat berupa kapang, fungi, protozoa, virus dan bakteri. Dampak bioaerosol terhadap kesehatan yaitu dapat menimbulkan berbagai gejala penyakit seperti penyakit infeksi, efek toksik akut, alergi, sindrom saluran pernafasan akut berat dan kanker.<sup>4</sup> Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi keberadaan bioaerosol yaitu suhu, kelembaban, pencahayaan, kepadatan hunian, sistem ventilasi, serta sifat dan aktivitas individu.<sup>1,5</sup>

Bentuk fasilitas pelayanan kesehatan yang paling umum digunakan adalah pendingin ruangan berupa *Air Conditioner* (AC).

Penggunaan AC sepenuhnya untuk melindungi penghuninya dari kontak langsung dengan lingkungan luar. Dengan sistem pengkondisian udara yang mampu mengatur suhu dan kelembaban udara, hal ini dapat meningkatkan kenyamanan dan produktivitas belajar serta mengurangi pencemaran melalui saringan udara yang terdapat di dalamnya.<sup>6</sup>

Namun, AC yang jarang dibersihkan dan tidak terawat dengan baik menjadi tempat nyaman berkembang biaknya mikroorganismesehingga berimplikasi pada penurunan kesehatan dan aktivitas manusia.<sup>2</sup>

Berdasarkan data hasil penelitian di Taiwan melaporkan bahwa pada beberapa ruang publik dijumpai jenis bakteri *Staphylococcus spp*, *Micrococcus spp.*, *Corynebacterium spp.* dan *Bacillus spp.* Sedangkan untuk jenis jamur *Penicillium spp.*, *Cladosporium spp.* dan *Aspergillus spp.*<sup>7</sup>

Menurut data negara Eropa dan Amerika melaporkan dijumpai organisme seperti *Legionella pneumophilla*, *Streptococcus pneumonia*, *Bacillus spp*, *Penicillium spp*, *Pneumocystis carinii*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Fusarium*, dan *Alternaria* yang terdapat di saringan udara AC.<sup>8</sup>

Penelitian dari Brazil dengan membandingkan bakteri di AC pada auditorium publik, rumah sakit, perusahaan dan pusat perbelanjaan dijumpai bakteri kokus gram positif (22,22%), bakteri basil gram positif (59,26%), bakteri basil gram negatif (18,52%) pada auditorium publik; bakteri kokus gram positif (34,80%), bakteri basil gram positif (40,30%), bakteri basil gram negatif (24,90%) pada rumah sakit; bakteri kokus gram positif (50,89%), bakteri basil gram positif (23,96%), bakteri basil gram negatif (25,15%) pada perusahaan; bakteri kokus gram positif (38,63%), bakteri basil gram positif (44,78%), bakteri basil gram negatif (16,59%) pada pusat perbelanjaan. Sedangkan pada jamur sebagian besar dijumpai berasal dari Divisi Deuteromycota seperti *Penicillium*, *Aspergillus*, *Eurotium*, *Wallemia*, *Cladosporium* dan *Alternaria*.<sup>9</sup>

FK UMSU merupakan salah satu fakultas dengan jumlah mahasiswa dan staf terbanyak di UMSU. Besarnya jumlah mahasiswa dan staf berkorelasi dengan padatnya aktivitas. Untuk menunjang aktivitas tersebut, AC menjadi pilihan utama sebagai alternatif kenyamanan ruangan di FK UMSU sendiri. Di FK UMSU, jumlah AC yang dipergunakan sebanyak 200 unit AC yang mana setiap ruangnya memiliki minimal 1 unit AC. Perawatan AC dilakukan secara terencana dan tidak terencana. Dimana dari perawatan terencana, dilakukan setiap sekali sebulan dan perawatan tidak terencana dilakukan dalam kondisi darurat. Salah satu ruangan yang memiliki AC adalah ruang kuliah.

Kondisi ruang kuliah di FK UMSU dianggap memiliki potensi tinggi untuk tercemarnya polutan udara dalam ruangan berupa mikroorganisme udara. Ini dikarenakan setiap harinya banyak sekali mahasiswa yang keluar masuk ruangan dengan jumlah 45-55 orang dan tidak hanya dalam satu waktu saja, melainkan lebih dari 3 sesi dalam 1 harinya. Dengan demikian, keluar masuknya mahasiswa tersebut memungkinkan untuk membawa sumber pencemar udara dari luar dan juga bisa disebabkan dari dalam ruangan itu sendiri, yaitu kondisi bangunan dan posisi bangunan yang sebagian ruangan tidak mendapat sinar matahari dari luar sehingga memicu kelembaban udara yang tinggi. Oleh karena itu, apabila perawatan AC tidak dilakukan secara rutin ditambah dengan faktor-faktor yang mempengaruhi kondisi dalam ruangan tersebut, hal ini dapat mempengaruhi terjadinya pertumbuhan mikroorganisme berupa bakteri dan jamur.

## METODE PENELITIAN

Desain penelitian ini adalah deskriptif observasional.<sup>10</sup> Penelitian dilakukan pada bulan September sampai Oktober 2018. Untuk pengambilan sampel dilakukan di ruang kuliah dan identifikasi sampel di Laboratorium Departemen Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Populasi pada penelitian ini adalah seluruh AC di ruangan Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Teknik pengambilan sampel dengan *Total sampling design*.<sup>10</sup> Besar sampel dalam penelitian sebanyak 14 sampel. Hasil yang diperoleh dari penelitian, dilakukan pengolahan data dengan menggunakan tabel distribusi.

Alat yang digunakan adalah cawan petri, tabung reaksi, lampu bunsen, ose, kaca objek, inkubator, refrigerator, deck glass, mikroskop, pipet tetes dan plastik wrap.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian adalah sampel AC, *McConkey Agar (MCA)*, *Mueller Hinton Agar (MHA)*, *Mannitol Salt Agar (MSA)*, *Blood Agar*, *Simmons Citrate Agar (SCA)*, *Triple Sugar Iron Agar (TSIA)*, *Sabouraud Dextrose Agar (SDA)*, KOH 10%, masker, handscoon, gentian

violet, lugol, alkohol, safranin, aquades, NaCL 0,9%, minyak imersi.

## Pengambilan sampel

Pada setiap ruangan, dilakukan pengambilan sampel dengan cara apusan debu pada penyaring AC menggunakan kapas lidi steril yang telah dibasahi NaCL 0,9%. Lalu kapas lidi tersebut dimasukkan ke dalam tabung trasporter yang selanjutnya dikirim ke laboratorium untuk dilakukan penanaman sampel ke media *McConkey Agar*, *Mueller Hinton Agar* dan *Sabouraud Dextrose Agar*.

Setelah dilakukan penanaman, cawan petri ditutup dan dikemas, kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C.

## Identifikasi Bakteri

Hari kedua, dilakukan pendeteksian koloni bakteri yang tumbuh pada media *McConkey Agar* dan media *Mueller Hinton Agar*. Selanjutnya dilakukan pewarnaan gram.

Jika ditemukan bakteri gram positif, berikutnya diidentifikasi pada media *Mannitol Salt Agar* untuk *Staphylococcus* dan media *Blood Agar* untuk *Streptococcus*. Sedangkan jika ditemukan bakteri gram negatif, dilakukan uji biokimia *Simmons Citrate Agar* dan *Triple Sugar Iron Agar*. Setelah itu, pada kesemua media dieramkan di inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam.

Hari ketiga, dilakukan pengamatan hasil dan penghitungan jumlah koloni berdasarkan koloni yang tumbuh pada bakteri dengan menggunakan *colony counters*.<sup>11</sup>

## Identifikasi Jamur

Setelah pengambilan, sampel diinokulasi pada media *Sabouraud Dextrose Agar* dan dieramkan pada suasana aerob dengan kelembaban tinggi.

Selanjutnya pada hari kelima, dilakukan pengamatan hasil dan penghitungan jumlah koloni berdasarkan koloni yang tumbuh pada jamur dengan menggunakan *colony counters* serta dilakukan pembuktian dengan uji KOH 10%.<sup>11</sup>

## Analisis Data

Data yang terkumpul dari uji laboratorium akan diolah dengan bantuan program *Statistical Product and Service Solutions (SPSS)* akan diolah dengan metode

statistic deskriptif penyajian data dengan menggunakan tabel distribusi dan frekuensi.

## HASIL PENELITIAN

### 4.1.1 Deskripsi lokasi penelitian

Penelitian ini telah dilakukan di Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU) di jalan Gedung Arca No.53, Medan.

### 4.1.2 Deskripsi sampel penelitian

Sampel dalam penelitian ini adalah AC di ruang kuliah 2015 A, 2015 B, 2016 A, 2016 B, 2017 A dan 2017 B Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Total sampel dalam penelitian ini adalah 14 sampel.

### 4.1.3 Identifikasi pertumbuhan mikroorganisme pada media

Untuk mengidentifikasi setiap bakteri yang tumbuh pada masing-masing media, media yang digunakan untuk mengidentifikasi bakteri pada ke 14 sampel adalah media *McConkey Agar* dan *Mueller Hinton Agar*. Sedangkan untuk mengidentifikasi jamur menggunakan media *Sabouraud Dextrose Agar*.

**Tabel 4.1 Distribusi frekuensi pertumbuhan bakteri pada media**

Media	<i>McConkey Agar</i>	<i>Mueller Hinton Agar</i>	(%)
Dijumpai koloni	0	14	100
Tidak dijumpai koloni	14	0	100
Total	14	14	100

Berdasarkan tabel 4.1 menunjukkan bahwa tidak terjadinya pertumbuhan bakteri pada media *McConkey Agar* dibandingkan media *Mueller Hinton Agar*. Ini disebabkan karena *McConkey Agar* merupakan media selektif dan diferensial bagi mikroba dan hanya memungkinkan terjadinya pertumbuhan bakteri yang toleran terhadap empedu, sedangkan *Mueller Hinton Agar* merupakan media universal untuk terjadinya pertumbuhan bakteri.<sup>12</sup>

**Tabel 4.2 Distribusi frekuensi pertumbuhan jamur pada media**

Media	<i>Sabouraud Dextrose Agar</i>	(%)
Terdapat pertumbuhan	14	100
Tidak terdapat pertumbuhan	0	0
Total	14	100

Berdasarkan tabel 4.2 menunjukkan bahwa terjadi pertumbuhan jamur pada media *Sabouraud Dextrose Agar*.

### 4.1.4 Pola mikroorganisme di AC

Untuk mengidentifikasi pola mikroorganisme yang tumbuh pada media, dilakukan uji pewarnaan gram dan uji biokimia (TSIA dan SCA) terhadap bakteri sedangkan jamur dilakukan uji KOH 10%. Hasil dari uji pewarnaan gram dan uji KOH 10% tersebut dapat dilihat menggunakan mikroskop dengan pembesaran 100x sehingga hasil yang didapatkan yaitu morfologi dan spesies bakteri dan jamur. Sedangkan hasil uji biokimia yang dilakukan, didapatkan hasil sifat dan karakteristik pada bakteri berdasarkan proses biokimia dan reaksi enzimatik yang menghasilkan suatu substrat spesifik.

**Tabel 4.3 Hasil Pewarnaan Gram Bakteri**

Ruang	AC	Gram	Bentuk	Hasil	(%)
2015 B	AC 1	Gram +	Basil	Gram positif = 11 AC	78,6
2015 B	AC 2	Gram +	Kokus		
2015 A	AC 3	Gram +	Basil		
2015 A	AC 4	Gram -	Basil		
2016 B	AC 5	Gram +	Kokus		
		Gram -	Basil		
2016 B	AC 6	Gram +	Basil	Gram positif dan negatif = 1 AC	7,1
2017 A	AC 7	Gram +	Basil		
2017 A	AC 8	Gram -	Basil		
2017 B	AC 9	Gram +	Basil		
2017 B	AC 10	Gram +	Basil		
2016 A	AC 11	Gram +	Basil	Gram negatif = 2 AC	14,3
2016 A	AC 12	Gram +	Basil		
2016 A	AC 13	Gram +	Basil		
2016 A	AC 14	Gram +	Basil		
Total				14	100

Berdasarkan tabel 4.3 menunjukkan bahwa dari 14 sampel AC sebagian besar bentuk bakteri yang ditemukan adalah basil gram positif.

**Tabel 4.4 Distribusi frekuensi jenis bakteri di AC**

Ruang	AC	Bakteri	Jumlah bakteri di AC	(%)
2015 B	AC 1	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Bacillus subtilis</i> = 10	66,7
2015 B	AC 2	<i>Staphylococcus albus</i>	<i>Staphylococcus albus</i> = 1	6,7
2015 A	AC 3	<i>Bacillus subtilis</i>		
2015 A	AC 4	<i>Klebsiella pneumoniae</i>		
2016 B	AC 5	<i>Staphylococcus aureus</i>		
		<i>Klebsiella pneumoniae</i>		
2016 B	AC 6	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Klebsiella pneumoniae</i> = 3	20,0
2017 A	AC 7	<i>Bacillus subtilis</i>		
2017 A	AC 8	<i>Klebsiella pneumoniae</i>		
2017 B	AC 9	<i>Bacillus subtilis</i>		
2017 B	AC 10	<i>Bacillus subtilis</i>		
2016 A	AC 11	<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Staphylococcus aureus</i> = 1	6,7
2016 A	AC 12	<i>Bacillus subtilis</i>		
2016 A	AC 13	<i>Bacillus subtilis</i>		
2016 A	AC 14	<i>Bacillus subtilis</i>		
Total			15	100

Berdasarkan tabel 4.4 menunjukkan bahwa sebagian besar jenis bakteri yang dijumpai adalah *Bacillus subtilis* sebanyak 10 sampel (66,7%).

**Tabel 4.5 Distribusi frekuensi berdasarkan morfologi jamur yang tumbuh di media**

Ruang	Sampel	Morfologi Jamur	Hasil	(%)
2015 B	AC 1	-		
2015 B	AC 2	Kapang		
2015 A	AC 3	Kapang	Tidak dijumpai = 1	7,14
2015 A	AC 4	Kapang		
2016 B	AC 5	Kapang		
2016 B	AC 6	Kapang		
2017 A	AC 7	Kapang		
2017 A	AC 8	Kapang		
2017 B	AC 9	Kapang		
2017 B	AC 10	Kapang	Kapang = 13	92,86
2016 A	AC 11	Kapang		
2016 A	AC 12	Kapang		
2016 A	AC 13	Kapang		
2016 A	AC 14	Kapang		
Total			14	100

Berdasarkan tabel 4.5 menunjukkan bahwa dari 14 sampel AC sebagian besar dengan morfologi jamur berupa kapang dan hanya 1 sampel yang terkontaminasi dikarenakan saat dibalut tidak terlalu kuat, sehingga memungkinkan benda/zat asing lain untuk masuk ke media agar tersebut.

**Tabel 4.6 Distribusi frekuensi jenis jamur di AC**

Ruang	AC	Bakteri	Jumlah bakteri di AC	(%)
2015 B	AC 1	-	Tidak dijumpai = 1	7,14
2015 B	AC 2	<i>Aspergillus niger</i>		
2015 A	AC 3	<i>Aspergillus niger</i>		
2015 A	AC 4	<i>Aspergillus niger</i>		
2016 B	AC 5	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Aspergillus niger</i> = 6	42,86
2016 B	AC 6	<i>Penicillium sp.</i>		
2017 A	AC 7	<i>Aspergillus niger</i>		
2017 A	AC 8	<i>Penicillium sp.</i>		
2017 B	AC 9	<i>Aspergillus niger</i>		
2017 B	AC 10	<i>Penicillium sp.</i>	<i>Penicillium sp</i> = 7	50,00
2016 A	AC 11	<i>Penicillium sp.</i>		
2016 A	AC 12	<i>Penicillium sp.</i>		
2016 A	AC 13	<i>Penicillium sp.</i>		
2016 A	AC 14	<i>Penicillium sp.</i>		
Total			14	100

Berdasarkan tabel 4.6 menunjukkan bahwa sebagian besar jenis jamur AC yang dijumpai adalah *Penicillium sp.* sebanyak 7 sampel (50%).

#### 4.1.5 Distribusi hitung jumlah koloni mikroorganisme

Penghitungan jumlah koloni dilakukan dengan menggunakan *colony counters*. Adapun hasil penghitungan jumlah koloni tersebut, disajikan seperti tabel berikut :

**Tabel 4.7** Hitung jumlah koloni mikroorganisme

Ruang	AC	Jumlah Koloni	Kualitas udara	Hasil	(%)
2015 B	AC 1	0,03 x 10 <sup>2</sup>	Baik		
2015 B	AC 2	0,1 x 10 <sup>2</sup>	Baik		
2015 A	AC 3	0,02 x 10 <sup>2</sup>	Baik		
2015 A	AC 4	0,2 x 10 <sup>2</sup>	Baik	Baik = 8	57,1
2016 B	AC 5	0,1 x 10 <sup>2</sup>	Baik		
2016 B	AC 6	0,45 x 10 <sup>2</sup>	Baik		
2017 A	AC 7	0,06 x 10 <sup>2</sup>	Baik		
2017 A	AC 8	0,12 x 10 <sup>2</sup>	Baik		
2017 B	AC 9	32 x 10 <sup>9</sup> x 10 <sup>2</sup>	Buruk		
2017 B	AC 10	7 x 10 <sup>9</sup> x 10 <sup>2</sup>	Buruk		
2016 A	AC 11	9 x 10 <sup>9</sup> x 10 <sup>2</sup>	Buruk	Buruk = 6	42,9
2016 A	AC 12	12 x 10 <sup>9</sup> x 10 <sup>2</sup>	Buruk		
2016 A	AC 13	75 x 10 <sup>7</sup> x 10 <sup>2</sup>	Buruk		
2016 A	AC 14	7 x 10 <sup>9</sup> x 10 <sup>2</sup>	Buruk		
Total				14	100

Berdasarkan tabel 4.7 menunjukkan bahwa dari 14 sampel AC terdapat 8 AC (57,1%) yang memenuhi

persyaratan dan 6 AC (42,9%) yang tidak memenuhi persyaratan. Dimana berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan No.1077 Tahun 2011 tentang persyaratan kualitas biologi ditetapkan bahwa kadar maksimal bakteri patogen adalah 0 CFU/m<sup>3</sup> dan kadar maksimal jumlah mikroorganisme adalah < 7.10<sup>2</sup> CFU/m<sup>3</sup>.<sup>5</sup>

#### 4.2 Pembahasan

Hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai Identifikasi Bakteri dan Jamur pada *Air Conditioner* (AC) di Ruang Perkuliahan Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, diperoleh bahwa terdapat keberagaman koloni dan jumlah koloni mikroorganisme yang dijumpai pada masing-masing sampel AC. Hal ini dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti suhu, kelembaban, cahaya yang kurang, ventilasi yang

tidak adekuat, kontaminasi kimia, kontaminasi mikrobiologi, kepadatan hunian, interior bangunan, sifat dan aktivitas individu. Selain itu, bisa dipengaruhi dari frekuensi rawatan/servis AC dan sistem kerja penyaring AC pada masing-masing sampel.<sup>13,14</sup>

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, jenis bakteri yang dijumpai pada AC adalah *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus albus*, *Klebsiella pneumoniae* dan *Staphylococcus aureus*. Pada penelitian ini bakteri yang didapatkan sebagian sama dengan penelitian sebelumnya, dimana penelitian mengenai Identifikasi Jenis Bakteri Udara di Ruang Bersistem HVAC (*Heating Ventilation and Air Conditioning*), jenis bakteri yang teridentifikasi di ruangan menggunakan AC adalah *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Micrococcus* dan *Pseudomonas*. Yang membedakannya adalah pada pengambilan sampel dilakukan

sebanyak tiga kali, sedangkan penelitian yang telah dilakukan, pengambilan hanya sekali waktu.<sup>2</sup> Lain halnya dengan penelitian mengenai Jumlah Koloni Mikroorganisme Udara dalam Ruang dan Hubungannya dengan Kejadian Sick Building Syndrome (SBS) pada Pekerja Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur (B2TKS) BPPT di Kawasan Puspipstek Serpong, jenis bakteri yang ditemukan pada AC didominasi oleh bakteri gram negatif. Ini dikarenakan bahwa bakteri gram negatif yang didapatkan berkaitan erat dengan kejadian *Sick Building Syndrome* (SBS) berupa gangguan iritasi mukosa pada penghuni didalam ruangan tersebut.<sup>7</sup> Selain itu, didapatkan juga persamaan dengan penelitian mengenai Microbiological Quality of Indoor Air in University Libraries, melaporkan bahwa pada masing-masing perpustakaan yang berbeda di Universitas Jimma dijumpai jenis bakteri *Micrococcus*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Bacillus sp.* dan *Neissesia sp.*<sup>16</sup>

Jenis jamur yang dijumpai di AC pada penelitian yang telah dilakukan adalah *Penicillium sp.* dan *Aspergillus sp.* Untuk penelitian mengenai jamur, didapatkan beberapa persamaan dengan penelitian sebelumnya mengenai Isolation, identification and testing for allergenicity of fungi from air-conditioned indoor environment, jenis jamur AC di dalam ruangan menunjukkan bahwa jamur yang dominan adalah *Penicillium sp.*, *Aspergillus sp.* dan *Fusarium sp.*<sup>15</sup> Sedangkan penelitian mengenai Microbiological Quality of Indoor Air in University Libraries, melaporkan bahwa pada masing-masing perpustakaan yang berbeda di Universitas Jimma dijumpai jenis jamur *Cladosporium sp.*, *Alternaria sp.*, *Penicillium sp.* dan *Aspergillus sp.* Penelitian ini juga terdapat persamaan dengan penelitian yang telah dilakukan.<sup>16</sup>

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian Identifikasi Bakteri dan Jamur pada *Air Conditioner* (AC) di Ruang Perkuliahan Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pola bakteri AC yang dijumpai adalah *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus albus*, *Klebsiella pneumoniae* dan *Staphylococcus aureus* dengan jenis terbanyak *Bacillus subtilis*. Pola jamur AC yang dijumpai adalah *Aspergillus niger* dan *Penicillium sp* dengan jenis terbanyak *Penicillium sp.*
2. Jumlah koloni mikroorganisme yang memenuhi persyaratan sebanyak 8 AC (57,1%) dan yang tidak memenuhi persyaratan sebanyak 6 AC (42,9%) dengan jumlah koloni mikroorganisme terbanyak didapatkan  $32 \times 10^9 \times 10^2$  CFU/m<sup>3</sup>.

## SARAN

Beberapa saran dari peneliti sebagai tindak lanjut dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk peneliti selanjutnya Meneliti faktor-faktor lain yang berhubungan dengan keberadaan bakteri dan jamur pada AC dalam ruangan, misal kejadian *Sick Building Syndrome* (SBS).
2. Untuk pengguna AC Memperhatikan dan menjaga kebersihan selama berada di dalam ruangan.
3. Untuk instansi
  - a. Membersihkan secara periodik penyaring pada AC untuk mencegah masuknya dan bersarangnya mikroorganisme dalam ruangan.
  - b. Mengusahakan agar tiap sudut dalam ruangan selalu ada pergerakan atau sirkulasi udara, seperti ventilasi.
  - c. Mengatur letak lubang ventilasi yang tepat termasuk pintu dan jendela atau lainnya guna meningkatkan kualitas udara dalam ruangan.
  - d. Dalam membangun gedung atau ruangan perlu memperhatikan penggunaan *finishing materials* (terutama interior) yang mudah dibersihkan dari debu dan polutan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Coggins M, Semple S, Hurley F, et al. Indoor Air Pollution and Health. STRIVE Report Series No.104.2013;57: 285

2. Iswadi, Samingan, Yulisman H. Prosiding Seminar Nasional Biotik tentang Identifikasi jenis bakteri udara di ruangan bersistem HVAC (Heating Ventilation and Air Conditioning). 2014 Sept 2:978-9
3. Sekulka M.S, Pajak P, Szyszka A, et al. Microbiological Quality of Indoor Air in University Rooms. Polish J Environ Stud. 2007;16(4):623-32
4. Srikanth P. Sudharsanam S. Steinberg R. Bio-aerosols in indoor environment : composition, health effects and analysis. Indian J Med Micro. 2008;26(4):302-12
5. Kemenkes RI. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/MENKES/PER/V/2011 Tentang Pedoman Penyehatan Udara dalam Rumah. 2011:1-32
6. Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. Sistem Pengkondisian Udara dan Ventilasi. Panduan Pengguna Bangunan Gedung Hijau Jakarta Berdasarkan Peraturan Gubernur No.38/2012.2012;2(38):1-48
7. Lisyastuti E. Jumlah koloni mikroorganisme udara dalam ruang dan hubungannya dengan kejadian Sick Building Syndrome (SBS) pada Pekerja Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur (B2TKS) BPPT di Kawasan Puspiptek Serong Tahun . Tesis. 2010:1-55
8. Anas G, Sunday Aligbe D, Suleiman G, et al. Studies on Microorganisms Associated with Air-Conditioned Environments. IOSR J Environ Sci Toxicol Food Technol Ver I. 2016;10(7):2319–99
9. Ross C, Menezes J, Inez T, et al. Studies on Fungal and Bacterial Population of Air- conditioned Environments. Brazilian Arch Biol Technol.2004 Sept;47(9):827–35.
10. Sudigdo Sastroasmoro. Dasar-Dasar Metodologi Penelitian Klinis. Jakarta : CV. Sagung Seto; 2017
11. Waluyo L. Mikrobiologi Lingkungan. Malang : Universtas Muhammadiyah Malang Press; 2009
12. Lay, W.B. 1994. Analisis Mikroba di Laboratorium. Jakarta : Raja Grafindo Persada
13. Alamsyah A, Marlina T, Riau P, dkk. Faktor-faktor yang berhubungan dengan Jumlah Mikroorganisme Udara dalam Ruang Kelas Lantai 8 Universitas Esa Unggul. 2016 Feb;1(2):17-22
14. R.T.Vindrahapsari. Kondisi Fisik dan Jumlah Bakteri pada Ruangan AC dan Non AC di Sekolah Dasar. Universitas Muhammadiyah Semarang. 2016
15. Khan, AAH. Karuppayil, SM. 2009. Isolation, identification and testing for allergenicity of fungi from air-conditioned indoor environment. Aerobiologia 25;119-123
16. Hayleeyesus Samuel F, Manaye Abayneh M. Microbiological Quality of Indoor Air in University Libraries. Asian Pac J Trop Biomed. 2014 May; 4(Suppl 1): S312-S317