



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**KUALITAS UDARA MIKROBIOLOGIS DI FASILITAS  
PENJARA DAN RESIKO YANG DITIMBULKAN  
(STUDI KASUS : RUTAN SALEMBA)**

**SKRIPSI**

**INDAH DENAS TIARAWATI  
0706275630**

**FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
DEPOK  
JUNI 2011**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**KUALITAS UDARA MIKROBIOLOGIS DI FASILITAS  
PENJARA DAN RESIKO YANG DITIMBULKAN  
(STUDI KASUS : RUTAN SALEMBA)**

**SKRIPSI**

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

**INDAH DENAS TIARAWATI  
0706275630**

**FAKULTAS TEKNIK  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
DEPOK  
JUNI 2011**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

**Nama : Indah Denas Tiarawati**

**NPM : 0706275630**

**Tanda Tangan : **

**Tanggal : 30 Juni 2011**

## HALAMAN PENGESAHAN

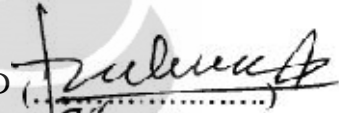
Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Indah Denas Tiarawati  
NPM : 0706275630  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul Skripsi : Kualitas Udara Mikrobiologis di Fasilitas Penjara dan Resiko yang Ditimbulkan (Studi Kasus : Rutan Salemba)

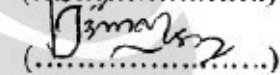
**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.**

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. G. S. B. Andari Kristanto, M.Eng, Ph.D



Pembimbing : Ir. Irma Gusniani S., M.Sc



Penguji : Dr.Ir.Setyo S. Moersidik, DEA



Penguji : Dr. Ir. Nyoman Suwartha, ST, M.Agr



Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 30 Juni 2011

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Pembuatan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan menyelesaikan studi program S1 Reguler Sarjana Teknik Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikannya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir.G.S.Budi Andari Ph.D dan Ir. Irma Gusniani S., M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
2. Dr. Ir. Firdaus Ali, M.Sc selaku dosen pembimbing akademis;
3. Kepala Rutan Salemba beserta staf, khususnya Bapak Marotib SH yang telah memberi arahan dan penjelasan langsung pada lokasi penelitian;
4. Orang tua dan keluarga saya yang telah mencurahkan dukungan baik secara moral dan materiil;
5. Teman-teman khususnya yang telah membantu penulis saat pengambilan data Nanin, Eta dan Almer, serta seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu-persatu yang telah membantu proses pembuatan skripsi ini.

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis memohon kritik dan saran yang sifatnya membangun dari semua pihak. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya serta dapat memberikan kontribusi pada dunia ilmu pengetahuan.

Depok, Juni 2011

Indah Denas Tiarawati

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

---

Sebagai civitas akademika Universitas Indonesia, Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Indah Denas Tiarawati

NPM : 0706275630

Program Studi : Teknik Lingkungan

Departemen : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

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

**Kualitas Udara Mikrobiologis di Fasilitas Penjara dan Resiko Yang  
Ditimbulkan (Studi Kasus : Rutan Salemba)**

Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 30 Juni 2011

Yang menyatakan,



(Indah Denas Tiarawati)

## ABSTRAK

Nama : Indah Denas Tiarawati  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : Kualitas Udara Mikrobiologis di Fasilitas Penjara dan Resiko yang Ditimbulkan (Studi Kasus : Rutan Salemba)

Pencemaran udara mikrobiologis di dalam ruangan merupakan salah satu masalah pencemaran yang mulai banyak mendapat sorotan. Salah satu ruangan yang berpotensi tinggi untuk mengalami masalah pencemaran udara mikrobiologis adalah ruang tahanan. Kondisi ruang tahanan yang jauh dari layak dengan ventilasi yang buruk, kepadatan yang tinggi serta perilaku tahanan membuat ruang tahanan rentan mengalami pencemaran udara mikrobiologis. Berdasarkan hasil pengukuran kualitas udara mikrobiologis, didapatkan jumlah rata-rata total koloni jamur pada ruang tahanan Rutan Salemba saat keadaan kosong sebesar 3392 CFU/m<sup>3</sup> dan saat keadaan isi sebesar 3063 CFU/m<sup>3</sup>. Sedangkan jumlah rata-rata total koloni bakteri saat keadaan kosong sebesar 2968 CFU/m<sup>3</sup> dan saat keadaan isi sebesar 2966 CFU/m<sup>3</sup>.

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, total koloni jamur dan bakteri pada kedua ruang tahanan telah melewati baku mutu. Hasil penelitian juga menunjukkan terdapat beberapa faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya pencemaran mikrobiologis di ruang tahanan Rutan Salemba, diantaranya meliputi kelembaban dan suhu udara, ventilasi, kepadatan penghuni, material bangunan dan perawatan bangunan. Berdasarkan Uji Fisher, disimpulkan tidak terdapat hubungan antara gejala awal penyakit (kesehatan) dengan pencemaran mikrobiologis yang terjadi di kedua ruang yang dijadikan sampel. Secara umum, dapat disimpulkan bahwa telah terjadi pencemaran udara mikrobiologis yang mempengaruhi kualitas udara di dalam ruang tahanan Rutan Salemba dan diperlukan beberapa upaya pengendalian pencemaran yang terjadi.

Kata kunci : pencemaran udara mikrobiologis, jamur, bakteri, ruang tahanan

## ABSTRACT

Name : Indah Denas Tiarawati  
Study Program : Environmental Engineering  
Title : Microbiological Air Quality in Prison Facilities and Risk Brought (Case Study: Rutan Salemba)

Indoor air microbiological contamination is one of pollution issue that started being discussed and become an attention. One of the rooms that potential to have microbiological air pollution problem is the detention room. The conditions of detention rooms that not suitable for living with poor ventilation, high density and behavior of inmates, make this room susceptible for indoor air microbiological pollution. Based on the results of microbiological air quality measurements, obtained the average number of total fungal colonies at Rutan Salemba's detention room when empty (no inmates) is 3392 CFU/m<sup>3</sup> and 3063 CFU/m<sup>3</sup> when the inmates was present. While the average total number of bacterial colonies when the detention rooms was empty is 2968 CFU/m<sup>3</sup>. And 2966 CFU/m<sup>3</sup> when the inmates was present.

Based on the result of the measurements, the number of total fungal and bacterial colonies in Rutan Salemba's detention rooms is exceed some microbiological indoor air standard. The results also indicate there are several factors that influence the occurrence of microbiological contaminant in Rutan Salemba's detention rooms include humidity and air temperature, ventilation, occupant density, building materials and building maintenance. Based on the Fisher Test, concluded there was no relationship between early symptoms of disease (health) with microbiological contamination that occurred in the detention rooms that being sampled. In general, the conclusion of this research is there has been an indoor air microbiological pollution that affects microbiological air quality in Rutan Salemba's detention rooms and required some effort to control pollution that occurs.

Key words : microbiological air pollution, fungal, bacterial, detention room



## DAFTAR ISI

|   |           |
|---|-----------|
| HALAMAN SAMPUL .....  | i         |
| HALAMAN JUDUL .....   | ii        |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....   | iii       |
| HALAMAN PENGESAHAN .....  | iv        |
| KATA PENGANTAR .....  | v         |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH<br>UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....   | vi        |
| ABSTRAK .....   | vii       |
| ABSTRACT .....  | viii      |
| DAFTAR ISI .....  | ix        |
| DAFTAR TABEL .....  | xi        |
| DAFTAR GAMBAR .....   | xii       |
| DAFTAR LAMPIRAN .....   | xiii      |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1 Latar Belakang .....  | 1         |
| 1.2 Rumusan Masalah .....   | 3         |
| 1.3 Hipotesis .....   | 3         |
| 1.4 Ruang Lingkup .....   | 3         |
| 1.5 Tujuan Penelitian .....   | 4         |
| 1.6 Manfaat Penelitian .....  | 4         |
| 1.7 Sistematika Penulisan.....  | 4         |
| <b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....</b>   | <b>6</b>  |
| 2.1 Pengertian Pencemaran Udara .....   | 6         |
| 2.2 Macam-macam Pencemaran Udara .....  | 6         |
| 2.3 Pencemaran Udara dalam Ruang .....  | 8         |
| 2.3.1 Sumber dan Penyebab Pencemaran Udara dalam Ruang .....                                | 8         |
| 2.3.2 Jenis Pencemar Udara dalam Ruang.....   | 10        |
| 2.4 Pencemaran Udara Mikrobiologis dalam Ruang .....  | 10        |
| 2.4.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kualitas Mikrobiologis Udara dalam<br>Ruang.....      | 10        |
| 2.4.2 Jenis Pencemar Mikrobiologis .....  | 14        |
| 2.4.3 Baku Mutu Mikroorganisme dalam Ruang.....   | 17        |
| 2.4.4 Dampak dan Resiko yang Ditimbulkan Pencemaran Udara<br>Mikrobiologis dalam Ruang..... | 19        |
| 2.5 Upaya Pengendalian Kualitas Udara dalam Ruang .....                                     | 23        |
| 2.5.1 Aspek Perancangan Sistem Ventilasi .....  | 24        |
| <b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....</b>   | <b>28</b> |
| 3.1 Pendahuluan Penelitian .....  | 28        |
| 3.2 Kerangka Kerja Penelitian.....  | 28        |
| 3.3 Variabel, Sampel dan Populasi Penelitian.....   | 30        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.4 Lokasi dan Jadwal Penelitian.....   | 30        |
| 3.5 Data dan Analisis Data.....   | 32        |
| <b>BAB 4 GAMBARAN UMUM.....</b>   | <b>38</b> |
| 4.1 Karakteristik Rutan Klas I Salemba.....   | 38        |
| 4.2 Sejarah Rutan Klas I Salemba.....   | 39        |
| 4.3 Tugas Pokok dan Fungsi Rutan Klas I Salemba.....  | 40        |
| 4.3.1 Tugas Pokok.....  | 40        |
| 4.3.2 Fungsi.....   | 40        |
| 4.4 Struktur Organisasi.....  | 40        |
| 4.5 Ruang Tahanan dan Fasilitas.....  | 41        |
| 4.5.1 Sarana dan Prasarana Rutan.....   | 41        |
| 4.5.2 Ruang Tahanan.....  | 41        |
| 4.5.3 Karakteristik Ruang Tahanan.....  | 42        |
| <b>BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>  | <b>44</b> |
| 5.1 Hasil Pengukuran Total Koloni Jamur dan Bakteri di dalam Ruang<br>( <i>Indoor</i> ).....  | 45        |
| 5.1.1 Ruang dalam Keadaan Kosong.....   | 45        |
| 5.1.2 Ruang dalam Keadaan Isi.....  | 49        |
| 5.1.3 Perbandingan Konsentrasi Total Koloni Jamur dan Bakteri.....                            | 53        |
| 5.1.4 Perbandingan dengan Penelitian Kualitas Udara dalam Ruang Lainnya.....                  | 58        |
| 5.1.5 Kualitas Udara Mikrobiologis di dalam Ruang.....  | 60        |
| 5.1.5.1 Ventilasi.....  | 60        |
| 5.1.5.2 Kelembaban Udara.....   | 64        |
| 5.1.5.3 Suhu Udara.....   | 67        |
| 5.1.5.4 Kepadatan Penghuni (Densitas).....  | 69        |
| 5.1.5.5 Material dan Furnitur Bangunan.....   | 71        |
| 5.1.5.6 Perawatan dan Kebersihan Ruang.....   | 74        |
| 5.2 Hasil Pengukuran Total Koloni Jamur dan Bakteri di Luar Ruang<br>( <i>Outdoor</i> ).....  | 74        |
| 5.3 Perbandingan Total Koloni jamur dan Bakteri Antara <i>Indoor</i> dan <i>Outdoor</i> ..... | 75        |
| 5.4 Pengaruh Pencemaran Mikrobiologis Terhadap Kesehatan.....                                 | 78        |
| 5.4.1 Uji Statistik Hubungan Pencemaran Mikrobiologis dengan Gejala Awal<br>Penyakit.....     | 79        |
| <b>BAB 6 PENUTUP.....</b>   | <b>81</b> |
| 6.1 Kesimpulan.....   | 81        |
| 6.2 Saran.....  | 82        |
| DAFTAR PUSTAKA.....   | 86        |
| LAMPIRAN.....   | 91        |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Jenis jamur dan bakteri yang ada di dalam ruangan.....                                       | 17 |
| Tabel 2. 2 Baku mutu kualitas udara dalam ruangan.....  | 18 |
| Tabel 2. 3 Kadar tertinggi yang diperkenankan untuk bakteri dan jamur.....                              | 19 |
| Tabel 2. 4 Kadar tertinggi yang diperkenankan untuk suhu, kelembaban dan pergerakan udara.....          | 19 |
| Tabel 3. 1 Jadwal kegiatan penelitian .....   | 31 |
| Tabel 3. 2 Jadwal pengukuran dan sampling .....   | 32 |
| Tabel 5. 1 Hasil pengukuran mikroorganisme di dalam ruangan ( <i>indoor</i> ) .....                     | 44 |
| Tabel 5. 2 Hasil pengukuran mikroorganisme di luar ruangan ( <i>outdoor</i> ) .....                     | 45 |
| Tabel 5. 3 Suhu dan kelembaban udara pada saat pengambilan sampel jamur dalam keadaan kosong .....      | 47 |
| Tabel 5. 4 Suhu dan kelembaban udara pada saat pengambilan sampel bakteri dalam keadaan kosong .....    | 49 |
| Tabel 5. 5 Suhu dan kelembaban udara pada saat pengambilan sampel jamur dalam keadaan isi.....          | 51 |
| Tabel 5. 6 Suhu dan kelembaban udara pada saat pengambilan sampel bakteri dalam keadaan isi.....        | 53 |
| Tabel 5. 7 Perbandingan jumlah total koloni jamur dan bakteri dengan standar .....                      | 58 |
| Tabel 5. 8 Perbandingan jumlah total koloni jamur dan bakteri dengan penelitian lain .....              | 59 |
| Tabel 5. 9 Standar kelembaban udara.....  | 65 |
| Tabel 5. 10 Hasil Uji Korelasi Spearman antara total koloni jamur/bakteri dengan kelembaban udara ..... | 67 |
| Tabel 5. 11 Standar suhu udara .....  | 68 |
| Tabel 5. 12 Hasil Uji Korelasi Spearman antara total koloni jamur/bakteri dengan suhu udara .....       | 69 |
| Tabel 5. 13 Jumlah tahanan di Rumah Tahanan Negara Salemba menurut status tahanan tahun 2008 .....      | 70 |
| Tabel 5. 14 Sumber, lokasi dan konsentrasi mikroorganisme di berbagai lingkungan.....                   | 73 |
| Tabel 5. 15 Hasil pengukuran suhu dan kelembaban udara outdoor.....                                     | 75 |
| Tabel 5. 16 Uji Fisher hubungan antara pencemaran mikrobiologis dengan gejala awal penyakit.....        | 79 |

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 2. 1 Arah aliran udara dalam suatu bangunan, akibat perbedaan tekanan.....            | 25 |
| Gambar 2. 2 Arah aliran udara dalam suatu bangunan, akibat perbedaan suhu udara.....         | 26 |
| Gambar 3. 1 Kerangka kerja penelitian .....  | 29 |
| Gambar 3. 2 Lokasi penelitian.....   | 31 |
| Gambar 3. 3 Tampak Depan dan Belakang Blok Tipe 3 .....                                      | 34 |
| Gambar 3. 4 Tipikal ruang tahanan tipe 3 dan lokasi sampling .....                           | 35 |
| Gambar 4. 1 Struktur organisasi Rutan Salemba.....   | 41 |
| Gambar 5. 1 Rata-rata total koloni jamur pada saat keadaan kosong.....                       | 46 |
| Gambar 5. 2 Rata-rata total koloni bakteri pada saat keadaan kosong .....                    | 48 |
| Gambar 5. 3 Rata-rata total koloni jamur pada saat keadaan isi .....                         | 50 |
| Gambar 5. 4 Rata-rata total koloni bakteri pada saat keadaan isi.....                        | 52 |
| Gambar 5. 5 Perbandingan jumlah jamur pada saat kosong dan isi .....                         | 54 |
| Gambar 5. 6 Perbandingan jumlah bakteri pada saat kosong dan isi .....                       | 55 |
| Gambar 5. 7 Ilustrasi renovasi ruang tahanan .....   | 63 |
| Gambar 5. 8 Ilustrasi sumber kelembaban di dalam ruangan .....                               | 64 |
| Gambar 5. 9 Hasil pengukuran bakteri dan jamur <i>outdoor</i> .....                          | 75 |
| Gambar 5. 10 Perbandingan jumlah total koloni jamur <i>indoor</i> dan <i>outdoor</i> .....   | 76 |
| Gambar 5. 11 Perbandingan jumlah total koloni bakteri <i>indoor</i> dan <i>Outdoor</i> ..... | 77 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |     |
|---|-----|
| Tabel 1. Hasil sampling kualitas udara mikrobiologis Rutan Salemba .....  | 91  |
| Tabel 2. Data umum responden.....   | 98  |
| Tabel 3. Data khusus responden.....   | 98  |
| Tabel 4. Data gejala awal penyakit yang ditimbulkan oleh pencemaran udara mikrobiologis.....                          | 99  |
| Tabel 5. Perhitungan korelasi Spearman kelembaban rata-rata dengan total koloni jamur pada saat keadaan kosong .....  | 100 |
| Tabel 6. Perhitungan korelasi Spearman suhu rata-rata dengan total koloni jamur pada saat keadaan kosong .....        | 100 |
| Tabel 7. Perhitungan korelasi Spearman kelembaban rata-rata dengan total koloni jamur pada saat keadaan isi.....      | 101 |
| Tabel 8. Perhitungan korelasi Spearman suhu rata-rata dengan total koloni jamur pada saat keadaan isi.....            | 101 |
| Tabel 9. Perhitungan korelasi Spearman kelembaban rata-rata dengan total koloni bakteri pada saat keadaan kosong..... | 102 |
| Tabel 10. Perhitungan korelasi Spearman suhu rata-rata dengan total koloni bakteri pada saat keadaan kosong.....      | 102 |
| Tabel 11. Perhitungan korelasi Spearman kelembaban rata-rata dengan total koloni bakteri pada saat keadaan isi .....  | 103 |
| Tabel 12. Perhitungan korelasi Spearman suhu rata-rata dengan total koloni bakteri pada saat keadaan isi .....        | 103 |
| Tabel 13. Harga-harga Kritis rs Koefisien Korelasi Ranking Spearman.....  | 104 |
| Gambar 1. Hasil inkubasi jamur pada saat keadaan ruangan kosong.....  | 93  |
| Gambar 2. Hasil inkubasi jamur pada saat keadaan ruangan isi .....  | 93  |
| Gambar 3. Hasil inkubasi bakteri pada saat keadaan ruangan kosong .....   | 94  |
| Gambar 4. Hasil inkubasi bakteri pada saat keadaan ruangan isi.....   | 94  |
| Gambar 5. Hasil inkubasi jamur luar ruangan ( <i>outdoor</i> ) .....  | 95  |
| Gambar 6. Hasil inkubasi bakteri luar ruangan ( <i>outdoor</i> ) .....  | 95  |
| Gambar 7. Denah tipikal ruang tahanan blok tipe 3 .....   | 96  |
| Gambar 8. Tipikal tampak depan ruang tahanan blok tipe 3 .....  | 97  |
| Gambar 9. Tipikal tampak belakang ruang tahanan blok tipe 3.....  | 97  |

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Udara sebagai salah satu komponen lingkungan merupakan salah satu kebutuhan yang paling utama untuk mempertahankan kehidupan. Pencemaran yang terjadi di udara tentunya akan mempengaruhi dan menimbulkan masalah baik untuk lingkungan maupun manusia. Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dari komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya (Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999). Pencemaran udara dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu pencemaran udara luar ruangan (*outdoor air pollution*) dan pencemaran udara dalam ruangan (*indoor air pollution*). Pencemaran udara di dalam ruangan akhir-akhir ini banyak mendapat sorotan karena manusia hampir sebagian besar menghabiskan waktunya di dalam ruangan. Pencemaran udara di dalam ruangan dapat disebabkan oleh berbagai sumber dan jenis pencemar. Sumber polusi udara dalam ruang dapat berasal dari bahan-bahan sintetis dan beberapa bahan alamiah yang digunakan untuk karpet, busa, pelapis dinding, dan perabotan rumah tangga (asbestos, formaldehid, VOC), juga dapat berasal dari produk konsumsi (pengkilap perabot, perekat, kosmetik, pestisida/insektisida) (EPA, 2007). Jenis pencemarnya pun beragam, dapat berupa pencemar udara fisik, kimia maupun biologis. Pada penelitian ini, jenis pencemar yang akan diukur yaitu pencemar mikrobiologis. Pencemar mikrobiologis dipilih untuk diteliti karena terkait dengan beberapa penelitian yang menyatakan bahwa jumlah mikroba di dalam ruangan lebih banyak dibandingkan dengan udara luar. Dalam standar yang ditetapkan, menurut Peraturan Gubernur Prov. DKI Jakarta No.54 Tahun 2008 dan Keputusan Menteri Kesehatan RI Nomor 1405/MENKES/SK/XI/2002, nilai ambang batas untuk mikroba adalah angka kuman kurang dari 700 koloni/m<sup>3</sup> udara serta harus bebas kuman patogen. Meskipun demikian, udara bukanlah medium tempat mikroorganisme tumbuh, tetapi merupakan pembawa bahan partikulat debu dan tetesan cairan, yang

semuanya ini mungkin dimuati mikroba. Di dalam ruangan jumlah mikroba dianggap lebih banyak dibandingkan dengan udara di luarnya, dan kebanyakan ditemukan dalam saluran pernafasan manusia yang merupakan salah satu sumber utama mikroba di dalam ruangan. Dari berbagai sumber mikroba, hanya sebagian kecil dari mikroba tersebut yang dapat bertahan di udara, sehingga dapat menular secara efektif kepada habitat yang sesuai (manusia lain) dan terjadi dalam waktu yang singkat. Walaupun demikian, beberapa bakteri patogen dapat bertahan dalam keadaan kering dan tetap hidup pada debu dalam periode waktu yang lama dan hal ini meningkatkan resiko penyakit yang dapat ditimbulkan oleh pencemaran mikrobiologis di udara dalam ruangan. Tingkat pencemaran udara di dalam ruangan oleh mikroba juga dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti laju ventilasi, padatnya orang, dan sifat serta taraf kegiatan orang-orang yang menempati ruangan tersebut.

Salah satu ruangan atau tempat yang berpotensi tinggi untuk mengalami masalah pencemaran udara khususnya yang diakibatkan oleh mikroba adalah penjara. Penjara merupakan salah satu fasilitas publik yang terkadang terabaikan kualitas udaranya. Hal itu dapat dikarenakan oleh pandangan orang terhadap penjara itu sendiri yang notabene sebagai “tempat hukuman” bagi orang-orang yang dinyatakan bersalah. Tetapi, terlepas dari semua itu, kita perlu mengingat bahwa para tahanan yang ada dalam ruang penjara tersebut juga merupakan manusia yang mempunyai hak asasi yang sama dengan orang bebas dalam hal ini khususnya untuk mendapatkan jaminan kesehatan dan kualitas udara yang baik. Jika mengacu pada peraturan yang ada, salah satu hak narapidana menurut pasal 14 pada UU No. 12 Tahun 1995 tentang pemasyarakatan yaitu narapidana berhak mendapatkan pelayanan kesehatan yang layak. Kualitas udara yang baik merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kesehatan para narapidana. Jika kita melihat mayoritas penjara di Indonesia kondisinya jauh dari kata layak. Terlebih lagi dimensi ruangan yang kurang memadai, padatnya penghuni dan mayoritas waktu yang digunakan dalam ruangan tersebut membuat pencemaran udara di dalam ruangan penjara oleh mikroba menjadi satu fokus tersendiri.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan di atas maka dapat diambil beberapa permasalahan dalam penelitian ini yaitu:

1. Belum diketahuinya kualitas udara mikrobiologis di dalam ruang tahanan penjara.
2. Belum diketahuinya sumber pencemar dan faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya pencemaran udara di dalam ruang tahanan tersebut.
3. Belum diketahuinya hubungan antara pencemaran udara mikrobiologis dengan gejala awal penyakit (resiko kesehatan) yang mungkin timbul.
4. Belum diketahuinya hubungan antara kualitas udara mikrobiologis di dalam ruang tahanan (*indoor*) dan di luar tahanan (*outdoor*).

## 1.3 Hipotesis

Hipotesis yang dapat dirumuskan untuk penelitian ini yaitu:

1. Kondisi ruang tahanan pada Rutan Salemba yang tidak layak, seperti kurangnya ventilasi serta sanitasi yang buruk akan menyebabkan terjadinya pencemaran udara mikrobiologis dan kualitas udara yang buruk.
2. Kepadatan yang tinggi pada ruang tahanan akan menyebabkan terjadinya pencemaran udara mikrobiologis dan kualitas udara yang buruk.
3. Kualitas mikrobiologis udara yang buruk pada Rutan Salemba akan mempengaruhi kesehatan dan faktor resiko lainnya terhadap tahanan yang menghuni ruang tersebut.

## 1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada:

1. Kualitas udara mikrobiologis dalam ruang tahanan Rutan Salemba.
2. Pengukuran jumlah mikroba dilakukan pada 2 ruang tahanan yang terdapat pada blok hunian tipe 3, Rutan Salemba.
3. Dampak kesehatan yang akan diteliti hanya pada gejala-gejala awal yang ditimbulkan, tidak secara spesifik mengenai suatu penyakit.



### 1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang akan dilakukan yaitu:

1. Mengetahui kualitas udara mikrobiologis di dalam ruang tahanan Rutan Salemba.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas udara di dalam ruang tahanan.
3. Mengetahui hubungan antara kualitas udara mikrobiologis dalam ruang tahanan dengan resiko penyakit yang ditimbulkan.
4. Mengetahui hubungan antara kualitas udara mikrobiologis di dalam ruang tahanan (*indoor*) dan di luar tahanan (*outdoor*).

### 1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat untuk berbagai pihak, antara lain:

1. Bagi peneliti  
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi penulis terutama karena memberikan pengalaman langsung bagi penulis dalam melaksanakan penelitian dan menerapkan berbagai teori dan konsep yang didapat di bangku kuliah, khususnya mengenai pencemaran dan kualitas udara di dalam ruangan.
2. Bagi pemerintah dan institusi bersangkutan
  - Dapat dijadikan acuan dan pertimbangan bagi pemerintah jika ingin melakukan perbaikan atau membuat bangunan penjara di masa yang akan datang
  - Dapat meningkatkan kesadaran pemerintah akan pentingnya kualitas udara di dalam ruang tahanan yang sering kali terabaikan.
3. Bagi pendidikan  
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan data dan informasi yang dapat digunakan sebagai bahan referensi atau bahan pustaka untuk pengembangan ilmu maupun penelitian yang lebih lanjut.

### 1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dari skripsi ini adalah sebagai berikut:

## **BAB 1 : PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang latar belakang dilaksanakannya penelitian, rumusan masalah, hipotesis, ruang lingkup, tujuan, manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

## **BAB 2 : TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini memberikan penjelasan mengenai tinjauan pustaka yang terkait dengan penelitian yang akan dilaksanakan. Pada bab ini akan berisi tentang pengertian pencemaran udara, macam-macam pencemaran udara, pencemaran udara di dalam ruangan, pencemaran udara mikrobiologis dalam ruangan, upaya pengendalian kualitas udara dalam ruangan serta beberapa tinjauan pustaka terkait lainnya.

## **BAB 3 : METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi tentang metodologi penelitian yang akan dilaksanakan. Pada bab ini berisi tentang kerangka kerja penelitian, variabel sampel dan populasi penelitian, lokasi dan jadwal penelitian, serta data dan analisis data yang akan digunakan.

## **BAB 4 : GAMBARAN UMUM**

Bab ini berisi tentang gambaran umum lokasi penelitian yaitu Rutan Salemba secara lebih jelas meliputi sejarah, tugas pokok dan fungsi, struktur organisasi Rutan Salemba serta karakteristik ruang tahanan yang akan dijadikan sampel.

## **BAB 5 : HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi tentang hasil pengukuran total koloni jamur dan bakteri baik di dalam maupun luar ruang tahanan dan pembahasan mengenai hasil pengukuran tersebut yang meliputi faktor-faktor yang mempengaruhi dan hubungan pencemaran udara mikrobiologis dengan kesehatan.

## **BAB 6 : PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan dan saran yang berupa rekomendasi dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Pencemaran Udara**

Menurut Undang-undang RI No. 23 tahun 1997, pencemaran dalam arti luas adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam lingkungan dan atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas lingkungan turun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan kurang atau tidak dapat berfungsi sesuai peruntukannya. Sedangkan pengertian pencemaran udara menurut Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 yaitu masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dari komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

#### **2.2 Macam-macam Pencemaran Udara**

Pencemaran udara yang terjadi dapat dibagi menjadi beberapa kategori berdasarkan hal-hal berikut:

- a. Berdasarkan letaknya: *outdoor* dan *indoor*
  - Pencemaran udara bebas (*Outdoor air pollution*) merupakan pencemaran udara yang terjadi pada udara bebas dan dapat disebabkan baik oleh sumber pencemar alami maupun oleh kegiatan manusia.
  - Pencemaran udara ruangan (*Indoor air pollution*) merupakan pencemaran udara yang terjadi di dalam ruangan dan dapat terjadi pada pemukiman, perkantoran ataupun gedung tinggi.
- b. Berdasarkan pergerakannya: bergerak dan tidak bergerak
  - Sumber pencemaran yang tidak bergerak contohnya yaitu industri, pemukiman, dan pembangkit tenaga listrik) yang menghasilkan unsur-unsur polutan ke atmosfer (udara).
  - Sumber pencemaran yang bergerak contohnya yaitu kendaraan bermotor atau transportasi) yang menghasilkan CO, SO<sub>2</sub>, oksida nitrogen, hidrokarbon, dan partikel-partikel padat.

- c. Berdasarkan asal usulnya: alamiah dan antropogenik
- Sumber pencemar alamiah yaitu sumber pencemar yang berasal dari alam. Contohnya yaitu letusan gunung berapi, pembusukan, kebakaran hutan, hutan pinus dll.
  - Sumber pencemar antropogenik merupakan sumber pencemar yang berasal dari kegiatan manusia seperti kegiatan industri, kegiatan konstruksi, kegiatan rumah tangga (memasak), asap kendaraan, dll.
- d. Berdasarkan bentuk pencemarnya: gas dan partikulat
- Pencemaran udara berbentuk gas dapat dibedakan menjadi (1) Golongan belerang terdiri dari sulfur dioksida ( $\text{SO}_2$ ), hidrogen sulfide ( $\text{H}_2\text{S}$ ) dan sulfat aerosol. (2) golongan nitrogen terdiri dari nitrogen oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ), nitrogen monoksida ( $\text{NO}$ ), amoniak ( $\text{NH}_3$ ) dan nitrogen dioksida ( $\text{NO}_2$ ). (3) golongan karbon terdiri dari karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), karbon monoksida ( $\text{CO}$ ), hidrokarbon. (4) Golongan gas yang berbahaya terdiri dari benzen, vinyl klorida, air raksa uap.
  - Pencemaran udara berbentuk partikel dibedakan menjadi (1) Mineral (anorganik) dapat berupa racun seperti air raksa dan timah. (2) Bahan organik terdiri dari ikatan hidrokarbon, klorinasi alkan, benzen. (3) Makhluk hidup terdiri dari bakteri, virus, telur cacing.
- e. Berdasarkan pencemar yang dihasilkan: pencemar primer dan pencemar sekunder
- Pencemar primer. Polutan yang bentuk dan komposisinya sama dengan ketika dipancarkan, lazim disebut sebagai pencemar primer, antara lain  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ , hidrokarbon,  $\text{SO}$ , nitrogen oksida, ozon serta berbagai partikel.
  - Pencemar sekunder. Berbagai bahan pencemar kadangkala bereaksi satu sama lain menghasilkan jenis pencemar baru, yang justru lebih membahayakan kehidupan. Reaksi ini dapat terjadi secara otomatis ataupun dengan cara bantuan katalisator, seperti sinar matahari. Pencemar hasil reaksi disebut sebagai pencemar sekunder. Contoh pencemar sekunder adalah Ozon, formal dehid, dan *Peroxy Acyl Nitrate* (PAN).

## 2.3 Pencemaran Udara dalam Ruangan

### 2.3.1 Sumber dan Penyebab Pencemaran Udara dalam Ruangan

Sumber pencemar udara dalam ruangan dapat berasal dari luar maupun dari dalam. Jika sumber pencemar dalam udara tidak dikendalikan, maka akan timbul masalah kualitas udara dalam ruangan. Ada beberapa sumber pencemaran udara dalam ruangan. Sumber pencemar ini termasuk sumber pembakaran seperti minyak, gas, minyak tanah, batubara, kayu, produk tembakau (rokok), bahan bangunan dan perabotan, asbes yang mengandung insulasi, karpet yang lembab atau basah, lemari atau furnitur yang terbuat dari kayu, produk untuk pembersih dan pemeliharaan rumah serta perawatan pribadi, sistem pemanas dan pendingin sentral dan perangkat humidifikasi, dan sumber-sumber luar seperti radon, pestisida, dan polusi udara dari luar ruangan.

Faktor yang penting dari setiap sumber tersebut adalah seberapa banyak polutan yang diemisikan dan seberapa bahaya emisi yang dikeluarkan dari tiap sumber tersebut. Dalam beberapa kasus, terdapat faktor signifikan yang mempengaruhi hal-hal tersebut seperti umur sumber pencemar dan bagaimana sumber tersebut dikelola. Berikut ini merupakan penjelasan mengenai sumber polutan udara dalam ruang menurut EPA (1991) yaitu:

- a. Sumber polutan dari luar bangunan yang terdiri dari:
  - Udara yang berasal dari luar ruangan seperti emisi gas buang kendaraan, debu, spora jamur, dan proses industri.
  - Emisi dari sumber di sekitar bangunan, seperti gas buangan dari area parkir kendaraan, tempat bongkar muat barang, bau dari tempat pembuangan sampah, udara buangan dari gedung itu sendiri yang dimasukkan kembali, kotoran dari pengambilan udara di luar ruangan.
  - Gas yang berasal dari tanah (*soil gas*) seperti radon, pestisida dan penggunaan lahan sebelumnya.
  - Kebocoran air sehingga menyebabkan kelembaban ruang meningkat yang dapat memicu perkembangan mikroba.
- b. Sumber Polutan dari Peralatan diantaranya:
  - Peralatan yang berasal dari sistem ventilasi dan AC, seperti debu atau partikel yang menempel pada saluran atau komponen sistem ventilasi dan

AC, pertumbuhan mikroba pada *dehumidifier*, kebocoran pada *refrigerator* dan penggunaan produk pembersih yang tidak sesuai ketentuan serta sistem ventilasi dan AC yang kurang baik.

- Peralatan yang bukan berasal dari sistem ventilasi dan AC, seperti emisi dari mesin *fotocopy*, *printer*, mesin fax, *toner*, emisi laboratorium, proses pembersihan, *vacuum* dan lainnya.
- c. Sumber Polutan dari kegiatan manusia yang terdiri dari:
- Kegiatan personal seperti merokok, memasak, pemakaian kosmetik, bau badan dan penggunaan parfum.
  - Penggunaan lem dan tipe x.
  - Kegiatan *housekeeping* dan pemeliharaan bangunan, seperti debu pada saat menyapu, pengepelan, pembersihan dengan *vacuum cleaner*, pemeliharaan sistem *exhaust fan*, *cooling tower* dan AC, renovasi gedung, pengecatan, pengendalian hama, pembuangan sampah dan penggunaan pengharum dan pembersih ruangan.
- d. Sumber Polutan perabotan dan desain antara lain:
- Lantai yang dilapisi karpet (polyester, nylon, olefinfibers, latex, dan polypropylene), VOCs, formaldehid dan bioaerosol, dinding yang dilapisi cat atau wallpaper, penggunaan tirai, kursi meja, lemari, perabotan yang sudah tua dan tanaman yang diletakkan di dalam ruang.
  - Bahan kimia lainnya yang berasal dari material perabotan dan senyawa organik.
- e. Sumber Polutan lainnya:
- Tumpahan cairan dan bahan kimia, pertumbuhan mikroba akibat rembesan air dan banjir, kebocoran pipa sistem ventilasi dan AC. Kerusakan akibat kebakaran, proses renovasi gedung dan kebocoran atap.
  - Penggunaan area khusus seperti area merokok, ruang *fotocopy* dan *printer*, penyiapan makanan dan proses pembersihan peralatan makanan.
  - Dekorasi ulang gedung dan remodeling dapat menimbulkan emisi dari perabotan baru, bau dari uap bahan perekat dan cat.

### 2.3.2 Jenis Pencemar Udara dalam Ruangan

Pencemar yang terdapat dalam ruangan dapat berupa pencemar fisik, kimia maupun biologis. Jenis pencemar fisik dapat berupa temperatur, kebisingan, pencahayaan, radiasi elektromagnetik, radioaktivitas dan keberadaan *high energy particle*. Sedangkan yang termasuk pencemar kimia dapat berupa produk pembakaran seperti oksida nitrogen (NO, NO<sub>2</sub>), oksida karbon (CO, CO<sub>2</sub>), oksida sulfur (SO, SO<sub>2</sub>), uap air, gas buang, material konstruksi seperti serat asbestos, serat kaca dan debu kayu, partikulat. Jenis pencemar terakhir yaitu pencemar biologis misalnya bakteri, jamur, lumut, virus, *animal dander* and *cat saliva*, *house dust mites*, serangga dan serbuk sari. Keberadaan pencemar biologis merupakan sesuatu yang tidak dapat dianggap sepele karena dapat memberikan dampak yang tidak kalah membahayakan dibanding jenis pencemar lainnya. Untuk pembahasan berikutnya akan dijelaskan lebih lanjut mengenai pencemar udara mikrobiologis.

### 2.4 Pencemaran Udara Mikrobiologis dalam Ruangan

Pencemaran udara mikrobiologis di dalam ruangan dapat terjadi akibat adanya kontaminan biologis di dalam ruangan tersebut. Kontaminan biologis tersebut termasuk bakteri, jamur, virus, bulu binatang dan air liur kucing, debu rumah, tungau, kecoa, dan serbuk sari (EPA, 2010). Mikroorganisme dapat berada di udara melalui berbagai cara terutama dari debu yang berterbangan. Debu yang mengandung mikroorganisme antara lain berasal dari tanah, kotoran hewan/manusia dan bahan buangan lain.

#### 2.4.1 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kualitas Mikrobiologis Udara dalam Ruangan

Tingkat pencemaran udara di dalam ruangan oleh mikroba dipengaruhi oleh beberapa faktor. Menurut EPA (1991) terdapat 4 elemen yang mempengaruhi *indoor air quality* yaitu:

1. Sumber: merupakan asal dari kontaminan baik berasal dari dalam, luar atau dari sistem/operasional mesin yang berada di dalam ruangan;
2. *Heating Ventilation and Air Conditioning System* (HVAC);

3. Media yaitu berupa udara;
4. Pekerja yang berada dalam ruangan tersebut apakah mempunyai riwayat penyakit pernapasan atau alergi.

Menurut Hariadi (1993), ada beberapa hal yang mempengaruhi tingkat kepadatan jasad renik yaitu hal yang bersifat meningkatkan pertumbuhan jasad renik antara lain ruang tertutup dan gelap, kelembaban udara, dan orang yang tinggal di tempat tersebut sedangkan hal yang bersifat mengurangi pertumbuhan jasad renik antara lain adanya sinar matahari, perputaran udara bebas dengan udara luar, pemberian sinar UV, tindakan aseptik setiap orang di dalamnya dan suhu udara.

Berdasarkan penjabaran-penjabaran di atas, secara umum terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas udara, khususnya kualitas mikrobiologis udara dalam ruangan seperti laju ventilasi, padatnya orang, dan sifat serta taraf kegiatan orang-orang yang menempati ruangan tersebut.

#### a. Ventilasi

Ventilasi yang dimaksud disini adalah proses pemasukan udara (bersih) dan pengeluaran udara yang berkualitas buruk atau kurang baik dari dalam ruangan. Ventilasi dapat berjalan secara alami (natural) ataupun mekanikal (buatan) dengan menggunakan bantuan alat (Moerdjoko, 2004).

Ventilasi tidak hanya menghilangkan udara yang terpolusi, tetapi juga mengatur kadar kelembaban udara dalam ruang. Ventilasi yang digunakan dapat berupa ventilasi alami atau buatan, kedua sistem ventilasi tersebut harus dapat memastikan sistem penghawaan berjalan dengan lancar. Udara bersih harus dapat mengalir masuk ke dalam ruang, khususnya ruang yang banyak digunakan dalam beraktivitas, sedangkan udara kotor harus dapat keluar dari ruangan yang terkontaminasi secepat mungkin.

Jumlah dan dimensi ventilasi juga dapat mempengaruhi kualitas mikrobiologis udara dalam ruang. EPA merekomendasikan desain sistem ventilasi harus berdasarkan standar ASHRAE nomor 62-1989 "*Ventilation for Acceptable Air Quality*" dimana sistem ventilasi harus bisa mengakomodir udara luar sebanyak  $0,425 \text{ m}^3/\text{menit/orang}$  atau  $0,566 \text{ m}^3/\text{menit/orang}$  bila berada di dalam ruang kantor.



b. Suhu atau Temperatur

Selain berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroorganisme, suhu udara juga sangat berperan dalam kenyamanan bekerja karena tubuh manusia menghasilkan panas yang digunakan untuk metabolisme. Namun, dari semua energi yang dihasilkan tubuh hanya 20% saja yang dipergunakan dan sisanya akan dibuang ke lingkungan. Standar Baku Mutu sesuai Kep. Men. Kesehatan No.1405 tahun 2002 bahwa suhu yang dianggap nyaman untuk suasana bekerja 18-28 °C.

c. Kelembaban

Jamur menghasilkan spora untuk bereproduksi. Spora jamur berhembus melalui udara baik dalam maupun luar ruangan secara terus menerus. Ketika spora jamur hinggap di dalam ruangan yang lembab, kemungkinan mereka akan mulai tumbuh dan mencerna apa pun di tempat mereka tumbuh untuk bertahan hidup. Ketika kelembaban tinggi terjadi di dalam ruangan, maka pertumbuhan jamur akan sering terjadi. Tidak ada cara praktis untuk menghilangkan jamur beserta sporanya di dalam ruangan. Cara untuk mengontrol pertumbuhan jamur dalam ruangan yaitu dengan cara mengendalikan kelembaban ruang tersebut.

Menurut Standar Baku Mutu sesuai Kep. Men. Kesehatan No.1405 tahun 2002 kelembaban yang ideal berkisar antara 40-60 %. Kelembaban udara yang relatif rendah yaitu kurang dari 20% dapat menyebabkan kekeringan selaput lendir membran sedangkan kelembaban yang tinggi berpotensi untuk meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme. Menurut EPA, dengan mengendalikan tingkat kelembaban relatif, pertumbuhan beberapa sumber pencemar biologis dapat diminimalkan. Kelembaban relatif yang direkomendasikan untuk rumah umumnya 30-50 %.

d. Material dan furnitur bangunan

Beberapa material bangunan dapat menjadi tempat pertumbuhan mikroorganisme. Terdapat beberapa jamur yang dapat tumbuh pada kayu, kertas, karpet, dan makanan. *Cellulose* atau *lignin based material*, ketika lembab merupakan tempat yang ideal untuk perkembangan bakteri dan terutama jamur saprophyt (Pudjiastuti, 1998).

e. Aktivitas dan kepadatan penghuni

Pencemar mikrobiologis dapat berasal dari penghuni gedung itu sendiri. Perilaku penghuni juga dapat mempengaruhi jumlah mikroorganisme. Sumber mikroorganisme dari manusia itu sendiri dapat berasal dari keringat, urine, air liur, serpihan kulit ari yang terkelupas dan lain sebagainya. Sehingga, kepadatan penghuni dapat menambah potensi pertumbuhan bakteri dan jamur.

f. Pergerakan udara (*air movement*)

Udara dari luar dapat masuk dan keluar rumah dengan berbagai cara yaitu infiltrasi, ventilasi alami, dan ventilasi mekanik. Dalam proses yang dikenal sebagai infiltrasi, udara luar masuk ke dalam rumah melalui lubang, sendi, dan retakan pada dinding, lantai, dan langit-langit, serta sekitar jendela dan pintu. Pada ventilasi alami, udara bergerak melalui jendela dan pintu yang terbuka. Pergerakan udara yang terkait dengan infiltrasi dan ventilasi alami disebabkan oleh perbedaan suhu udara antara dalam dan luar ruangan serta oleh angin. Tingkat di mana udara luar menggantikan udara dalam ruangan digambarkan sebagai nilai tukar udara (*the air exchange rate*). Ketika hanya terdapat sedikit infiltrasi ventilasi alami, atau ventilasi mekanis, maka nilai tukar udara berada pada tingkat yang rendah dan polutan dapat meningkat. Selain itu, adanya sirkulasi aliran udara yang baik berarti akan meningkatkan kadar evaporasi air serta menghindari kelembaban dan korosi sehingga dapat menekan pertumbuhan mikroorganisme.

g. Pengaruh dari udara luar

Produk-produk pembakaran dari kendaraan dan sumber lain yang berasal dari luar gedung dapat masuk ke dalam gedung melalui inlet sistem *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* (HVAC) suatu gedung. Hal ini didukung oleh laporan *The National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH) pada tahun 1984 yang menyatakan bahwa sebesar 50 % penyebab pencemaran udara adalah ventilasi yang tidak adekuat, 11 % sumber polusi udara dalam ruangan berasal dari kontaminan-kontaminan luar ruangan (Godish, 1989).

Pencemar biologis dalam ruangan juga dapat berasal dari luar ruangan. Jamur-jamur berspora dalam ruangan dapat masuk secara langsung (melalui

aliran udara luar) atau secara tidak langsung (masuk melalui udara luar dan berkembang biak di dalam ruang) dari udara luar. Kebanyakan jamur luar ruangan berasal dari organisme-organisme yang membusuk, tumbuh-tumbuhan yang sudah mati, dan bangkai binatang. Selama masa pertumbuhan, jamur-jamur berspora di luar ruangan lebih besar daripada yang di dalam ruangan, terutama untuk tipe spora seperti basidiospora, ascospora. Hanya pada kasus-kasus kontaminasi yang berat, tingkatan spora dalam ruangan melebihi tingkatan di luar ruangan.

#### 2.4.2 Jenis Pencemar Mikrobiologis

Pencemar mikrobiologis yang terdapat di udara dapat berupa jamur, bakteri, virus dll. Namun dalam hal ini, akan lebih dijelaskan mengenai mikroba yang meliputi bakteri dan jamur. Mikroba Jasad hidup yang ukurannya kecil sering disebut sebagai mikroba atau mikroorganisme atau jasad renik. Jasad renik disebut sebagai mikroba bukan hanya karena ukurannya yang kecil, sehingga sukar dilihat dengan mata biasa, tetapi juga pengaturan kehidupannya yang lebih sederhana dibandingkan dengan jasad tingkat tinggi. Mata biasa tidak dapat melihat jasad yang ukurannya kurang dari 0,1 mm. Ukuran mikroba biasanya dinyatakan dalam mikron ( $\mu$ ), 1 mikron adalah 0,001 mm. Sel mikroba umumnya hanya dapat dilihat dengan alat pembesar atau mikroskop, walaupun demikian ada mikroba yang berukuran besar sehingga dapat dilihat tanpa alat pembesar. (Sumarsih, 2003)

##### a. Bakteri

Bakteri merupakan mikrobia prokariotik uniselular, termasuk kelas Schizomycetes, berkembang biak secara aseksual dengan pembelahan sel. Bakteri tidak berklorofil kecuali beberapa yang bersifat fotosintetik.

Cara hidup bakteri ada yang dapat hidup bebas, parasitik, saprofitik, patogen pada manusia, hewan dan tumbuhan. Habitatnya tersebar luas di alam, dalam tanah, atmosfer (sampai + 10 km diatas bumi), di dalam lumpur, dan di laut.

Bakteri mempunyai bentuk dasar bulat, batang, dan lengkung. Bentuk bakteri juga dapat dipengaruhi oleh umur dan syarat pertumbuhan tertentu.

Bakteri dapat mengalami involusi, yaitu perubahan bentuk yang disebabkan faktor makanan, suhu, dan lingkungan yang kurang menguntungkan bagi bakteri. Selain itu dapat mengalami pleomorfi, yaitu bentuk yang bermacam-macam dan teratur walaupun ditumbuhkan pada syarat pertumbuhan yang sesuai.

Satuan ukuran bakteri ialah mikrometer ( $\mu\text{m}$ ), yang setara dengan 1/1000 mm atau 3-10  $\mu\text{m}$ . Sel-sel individu bakteri dapat berbentuk seperti elips, bola, batang (silindris) atau spiral (heliks). Masing-masing ciri ini penting dalam mencirikan morfologi suatu spesies. Sel bakteri yang berbentuk seperti bola atau elips dinamakan kokus sedangkan yang berbentuk silindris (batang) dinamakan basilus.

Selain menyediakan nutrient yang sesuai untuk kultivasi bakteri, kondisi fisik yang memungkinkan pertumbuhan optimum juga perlu disediakan. Bakteri tidak hanya amat bervariasi dalam persyaratan nutrisinya, tetapi juga menunjukkan respon yang berbeda-beda terhadap kondisi fisik di dalam lingkungannya.

- Suhu

Semua proses pertumbuhan bergantung pada reaksi kimiawi dan laju-laju reaksi tersebut dipengaruhi oleh suhu. Oleh karena itu, pola pertumbuhan bakteri sangat dipengaruhi oleh suhu. Selain itu, suhu juga mempengaruhi jumlah total pertumbuhan mikroorganisme dan keragaman suhu juga dapat mengubah proses-proses metabolik tertentu serta morfologi sel. Setiap spesies bakteri tumbuh pada suatu kisaran suhu tertentu. Suhu inkubasi yang memungkinkan pertumbuhan tercepat selama periode waktu yang singkat (12 sampai 24 jam) dikenal sebagai suhu pertumbuhan optimum.

- Atmosfer gas

Gas-gas utama yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri ialah oksigen dan karbon dioksida. Bakteri memperlihatkan keragaman yang luas dalam hal respon terhadap oksigen bebas dan atas dasar tersebut bakteri dapat dibagi menjadi empat kelompok yaitu :

1. Bakteri Aerobik (memerlukan oksigen)
2. Bakteri Anaerobik (tumbuh tanpa memerlukan oksigen)

3. Bakteri Anaerobik Fakultatif (tumbuh pada keadaan aerobik dan anaerobik)
4. Bakteri Mikroaerofilik (tumbuh terbaik jika ada sedikit oksigen atmosferik)

- Keasaman atau kebasaaan (pH)

pH optimum pertumbuhan bagi kebanyakan bakteri terletak antara 6,5-7,5. Namun beberapa spesies dapat tumbuh dalam keadaan sangat asam atau sangat basa. Bagi kebanyakan spesies, nilai pH minimum dan maksimum ialah antara 4 dan 9 (Chan *et.al*, 1986).

b. Jamur

Di dalam dunia mikrobial, jamur termasuk divisio Mycota (*fungi*). Mycota berasal dari kata *mykes* (bahasa Yunani), disebut juga *fungi* (bahasa Latin). Ada beberapa istilah yang dikenal untuk menyebut jamur, (a) *mushroom* yaitu jamur yang dapat menghasilkan badan buah besar, termasuk jamur yang dapat dimakan, (b) *mold* yaitu jamur yang berbentuk seperti benang-benang, dan (c) *khamir* yaitu jamur bersel satu.

Jamur merupakan jasad eukariot, yang berbentuk benang atau sel tunggal, multiseluler atau uniseluler. Sel-sel jamur tidak berklorofil, dinding sel tersusun dari khitin, dan belum ada diferensiasi jaringan. Jamur bersifat kemoorganoheterotrof karena memperoleh energi dari oksidasi senyawa organik. Jamur memerlukan oksigen untuk hidupnya (bersifat aerobik).

Habitat (tempat hidup) jamur terdapat pada air dan tanah. Cara hidupnya bebas atau bersimbiosis, tumbuh sebagai saprofit atau parasit pada tanaman, hewan dan manusia.

Tabel 2. 1 Jenis jamur dan bakteri yang ada di dalam ruangan

| Jamur  | Bakteri   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Cladosporium cladosporioides</i></li> <li>▪ Non-sporulating fungi</li> <li>▪ <i>Epicoccum nigrum</i></li> <li>▪ Yeast</li> <li>▪ <i>Arthrographis sp.</i></li> <li>▪ <i>Penicillium brevicompactum</i></li> <li>▪ <i>Tritichium sp.</i></li> <li>▪ <i>Aureobasidium pullulans</i></li> <li>▪ <i>Pithomyces chartarum</i></li> <li>▪ <i>Aspergillus</i></li> <li>▪ <i>Alternaria</i></li> <li>▪ <i>Aureobasidium</i></li> <li>▪ <i>Fusarium</i></li> <li>▪ <i>Zygomycetes</i></li> <li>▪ <i>Curvularia</i></li> <li>▪ <i>Coelomycetes</i></li> <li>▪ <i>Paecilomyces</i></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Legionella</i></li> <li>▪ <i>Actinomycetes</i></li> <li>▪ Gram+rods lainnya</li> <li>▪ Gram+cocci</li> <li>▪ Gram-rods</li> <li>▪ Gram-cocci</li> </ul> |

(AIHA, 2005)

### 2.4.3 Baku Mutu Mikroorganisme dalam Ruangan

Terdapat beberapa baku mutu yang mengatur tentang standar jumlah bakteri dan jamur dalam ruangan, baik dari Indonesia maupun dari luar negeri. Di Indonesia terdapat beberapa peraturan terkait baku mutu jumlah bakteri dan jamur di dalam ruang. Diantaranya yaitu Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1405/Menkes/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran Dan Industri dan Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta No. 54 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Kualitas Udara Dalam Ruangan (KUDR).

Menurut Kepmenkes RI No. 1405/Menkes/SK/XI/2002 terdapat beberapa persyaratan untuk udara dalam ruangan yang terkait dengan kualitas mikrobiologis udara tersebut. Suhu yang disyaratkan yaitu sebesar 18-28 °C dan kelembaban sebesar 40-60 %. Pertukaran udara yang dipersyaratkan sebesar 0,283 m<sup>3</sup>/menit/orang dengan laju ventilasi sebesar 0,15-0,25 m/detik dan untuk ruangan kerja yang tidak menggunakan pendingin ruangan harus memiliki lubang ventilasi minimal 15% dari luas lantai dengan menerapkan sistem ventilasi silang.

Sedangkan untuk persyaratan mikrobiologis lainnya yaitu angka kuman harus kurang dari 700 koloni/m<sup>3</sup> dan bebas kuman pathogen.

Sedangkan pada Pergub DKI Jakarta No. 54 Tahun 2008, baku mutu kualitas udara dalam ruangan yang terkait dengan kualitas mikrobiologis udara dibagi menjadi dua berdasarkan tempatnya yaitu baku mutu kualitas udara dalam ruangan untuk tempat kerja perkantoran dan baku mutu udara untuk ruangan yang menjadi kawasan umum. Persyaratan mikrobiologi untuk kedua tempat tersebut sama dengan yang ditetapkan pada Kepmenkes RI No. 1405/Menkes/SK/XI/2002 yaitu angka kuman kurang dari 700 koloni/m<sup>3</sup>. Baku mutu kualitas udara dalam ruangan terkait dengan kualitas mikrobiologis untuk kedua tempat tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. 2 Baku mutu kualitas udara dalam ruangan

| Jenis        | Parameter                    | Satuan                | Baku Mutu |     | Metode            | Keterangan                           |
|--------------|------------------------------|-----------------------|-----------|-----|-------------------|--------------------------------------|
|              |                              |                       | A*        | B** |                   |                                      |
| FISIK        | Kebisingan                   | dBA                   | 65        | -   | dBA               | Merupakan batas maksimum             |
|              | Pencahayaan                  | Lux                   | 100       | -   | Direct reading    | Merupakan batas minimum              |
|              | Suhu                         | °C                    | 23-28     | -   | Direct reading    | Merupakan batas minimum dan maksimum |
|              | Kelembaban                   | %                     | 40-60     | -   | Direct reading    | Merupakan batas minimum dan maksimum |
|              | Laju ventilasi               | m/detik               | 0,15-0,25 | -   | Direct reading    | Merupakan batas minimum dan maksimum |
|              | Partikel (PM <sub>10</sub> ) | µg/m <sup>3</sup>     | 90        | 90  | Gravimetri        | Merupakan batas maksimum             |
| MIKROBIOLOGI | Angka kuman                  | Koloni/m <sup>3</sup> | 700       | 700 | Total Plate Count | Merupakan batas maksimum             |

\* tempat kerja perkantoran

\*\* ruangan yang menjadi kawasan umum  
(Lampiran Pergub DKI Jakarta No. 54, 2008)

Sedangkan, menurut Guideline for Good Indoor Air Quality (1996), terdapat kadar tertinggi yang diperkenankan untuk bakteri dan jamur seperti tertera pada tabel berikut ini:

Tabel 2. 3 Kadar tertinggi yang diperkenankan untuk bakteri dan jamur

| Parameter            | Batasan untuk Kualitas Udara dalam Ruang yang dapat Diterima | Satuan             |
|----------------------|--|--------------------|
| Total jumlah bakteri | 500  | CFU/m <sup>3</sup> |
| Total jumlah jamur   | 500  | CFU/m <sup>3</sup> |

(Guideline for Good Indoor Air Quality, 1996)

Tabel 2. 4 Kadar tertinggi yang diperkenankan untuk suhu, kelembaban dan pergerakan udara

| Parameter           | Batasan untuk Kualitas Udara dalam Ruang yang dapat Diterima | Satuan |
|---------------------|--|--------|
| Suhu udara          | 22,5 – 25,5  | °C     |
| Kelembaban relative | ≤ 70   | %      |
| Gerakan udara*      | ≤ 0,25   | m/det  |

\* pada kantor dalam wilayah kerja  
(Guideline for Good Indoor Air Quality, 1996)

#### 2.4.4 Dampak dan Resiko yang Ditimbulkan Pencemaran Udara Mikrobiologis dalam Ruangan

Faktor utama yang mendorong pentingnya kualitas udara dalam ruangan adalah adanya keluhan tentang kualitas udara dan kenyamanan ruangan. Penemuan sejumlah zat pencemar dalam ruang yang diketahui dan diperkirakan (pada batas yang cukup) dapat meningkatkan ketidaknyamanan, ketidakberfungsian, timbulnya penyakit bahkan kematian. Bukti nyata adanya pencemar dalam ruang pada kesehatan yaitu terjadinya penyakit pernafasan, alergi, iritasi membran mucus, kanker paru. (Samet dan Spengler, 1991).



Pencemaran udara mikrobiologis dalam ruangan terjadi karena jumlah pencemar biologis yang meliputi jumlah jamur dan bakteri melebihi batas maksimum yang diizinkan. Hal tersebut berpotensi menimbulkan berbagai macam gangguan kesehatan dan penyakit.

Mikroorganisme di udara merupakan unsur pencemaran yang sangat berarti sebagai penyebab gejala berbagai penyakit antara lain iritasi mata, kulit, saluran pernapasan (ISPA) dan lain-lain.

Fungi atau jamur menyebabkan penyakit pada manusia melalui salah satu dari empat cara berikut:

1. Reaksi alergi karena terpapar oleh spora atau sel vegetatif fungi: demam, asma, penyakit pada paru-paru yang berlangsung lama dan parah.
2. Keracunan akibat racun yang diproduksi fungi: aflatoxin yang mengakibatkan kanker hati
3. *Mycoses*, yaitu infeksi jamur dalam tubuh: *histoplasmosis*, *candidiasis*, *superficial mycoses* (rambut, kulit, kuku), *intermediate mycoses* (saluran nafas, jaringan bawah kulit), *systemic mycoses* (jaringan organ dalam)
4. Fungi merusak persediaan makanan sehingga menyebabkan kelaparan (Pelezar dan Chan, 1986).

Sedangkan menurut EPA, terdapat beberapa reaksi-reaksi yang terjadi akibat pertumbuhan jamur yaitu meliputi:

- Reaksi alergi

Jamur atau spora jamur yang terhirup atau tersentuh dapat menyebabkan reaksi berupa alergi pada individu yang sensitif. Reaksi alergi yang terjadi dapat berupa gejala demam seperti bersin, pilek, mata merah dan ruam kulit (dermatitis). Pemaparan jamur dan spora jamur secara terus menerus juga dapat menyebabkan individu yang non-sensitif menjadi sensitif.

- Asma

Jamur dapat memicu serangan asma pada orang yang alergi (peka). Iritasi yang dihasilkan oleh jamur juga dapat memperburuk asma pada orang yang tidak peka (non-sensitif).

- *Hypersensitivity Pneumonitis*

*Hypersensitivity Pneumonitis* dapat terjadi akibat pemaparan jamur dalam waktu singkat (akut) atau jangka panjang (kronik). Penyakit ini menyerupai pneumonia (disebabkan oleh bakteri) dan jarang terjadi.

- Efek iritasi

Paparan jamur dapat menyebabkan iritasi pada mata, kulit, hidung, tenggorokan dan paru-paru serta dapat menyebabkan rasa terbakar pada bagian-bagian tersebut.

- Infeksi oportunistik

Orang dengan sistem kekebalan tubuh yang lemah lebih rentan terhadap infeksi oleh jamur. Contohnya yaitu *Aspergillus fumigatus* yang dapat menginfeksi paru-paru orang yang berkekebalan tubuh lemah.

Selain jamur, bakteri juga dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap kesehatan. Hal tersebut terlihat dari beberapa penyakit yang disebabkan oleh bakteri dan dapat menyebar lewat udara. Beberapa penyakit yang disebabkan oleh bakteri dan menyebar lewat udara tersebut yaitu:

- Pneumonia

Pneumonia atau yang dikenal dengan nama penyakit radang paru-paru ditandai dengan gejala yang mirip dengan penderita selesma atau radang tenggorokan biasa, antara lain batuk, panas, napas cepat, napas berbunyi hingga sesak napas, dan badan terasa lemas. Penyakit ini umumnya terjadi akibat bakteri *Streptococcus pneumoniae* dan *Haemophilus influenzae* yang berterbangan di udara terhirup masuk ke dalam tubuh. Bakteri tersebut sering ditemukan pada saluran pernapasan, baik pada anak-anak maupun orang dewasa. Selain dapat menimbulkan infeksi pada paru-paru, bakteri berbahaya itu juga dapat mengakibatkan radang selaput pada otak (meningitis) serta infeksi pembuluh darah yang amat fatal.

- TBC

TBC memiliki gejala awal seperti batuk yang tak kunjung sembuh, banyak berkeringat pada malam hari, demam, serta berat badan yang menurun drastis. Tuberculosis atau TBC adalah penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis* yang masuk ke dalam tubuh manusia melalui

udara pernapasan ke dalam paru-paru. Dari paru-paru bakteri tersebut menyebar ke bagian tubuh lainnya melalui sistem peredaran darah, sistem saluran limfe, saluran napas (*bronchus*) atau menyebar langsung ke bagian-bagian tubuh lainnya. Penyakit ini tidak hanya menyerang orang dewasa, tapi juga anak-anak.

- Radang Selaput Otak

Radang selaput otak atau meningitis dapat disebabkan baik oleh virus maupun bakteri. Berbagai jenis bakteri dapat menyebabkan meningitis namun sebagian besar kasus meningitis karena bakteri adalah *meningokokus* atau *pneumokokus*. Bakteri tidak dapat hidup di luar tubuh manusia. Dalam tubuh manusia bakteri ini tumbuh subur di bagian belakang hidung dan tenggorokan atau di saluran pernapasan bagian atas. Dengan demikian, penyakit ini dapat menular melalui udara serta melalui batuk, bersin atau berciuman.

Selain dampak-dampak kesehatan yang telah disebutkan di atas, kualitas udara yang buruk di dalam gedung atau bangunan dapat menyebabkan sindrom penyakit yang disebabkan oleh kondisi gedung atau dalam istilah asing disebut sebagai “*Sick Building Syndrome*” (SBS). Definisi SBS sangat luas akan tetapi umumnya mengacu kepada gejala yang terjadi berdasarkan pengalaman para pemakai gedung selama mereka berada di dalam gedung tersebut. Beberapa gejala yang mungkin timbul antara lain sakit kepala, kehilangan konsentrasi, tenggorokan kering dan iritasi pada mata serta kulit. (Pudjiastuti, 1998).

Menurut WHO (1984) beberapa bentuk penyakit yang terdapat di dalam ruang yang berhubungan dengan SBS misalnya:

- Iritasi mata, hidung dan tenggorokan
- Kulit dan lapisan lendir yang kering
- Erythema
- Kelelahan mental dan sakit kepala
- Infeksi saluran pernapasan dan batuk
- Bersin-bersin
- Reaksi sensitivitas yang tinggi

## 2.5 Upaya Pengendalian Kualitas Udara dalam Ruang

Pada kenyataannya lingkungan yang bebas pencemar tidak dapat tercapai. Meskipun demikian, pencapaian kualitas udara dalam ruang secara optimum harus diusahakan. Usaha ini dapat dilakukan dengan pendekatan yang terintegrasi untuk memisahkan dan mengendalikan pencemar, melalui pengendalian sumber pencemar, penyaringan, penutupan sumber pencemar dan ventilasi yang cukup. (Pudjiastuti *et.al*, 1998).

Pencemaran udara secara mikrobiologis yang terjadi di penjara dapat menyebabkan kualitas udara di dalam ruangan tersebut menurun. Kualitas udara yang menurun atau buruk tersebut akan meningkatkan terjadinya berbagai resiko penyakit mulai dari yang ringan seperti pusing, *SBS syndrome* sampai penyakit berat seperti TBC. Untuk itu, diperlukan langkah-langkah pencegahan dan penanggulangan untuk memperbaiki kualitas udara di dalam ruangan penjara tersebut dalam hal ini khususnya yang disebabkan faktor mikrobiologis. Kontrol terhadap kualitas udara dalam ruang melibatkan tiga strategi utama yang terintegrasi yaitu (Pudjiastuti *et.al*, 1998):

- Pertama, mengatasi sumber polutan baik dengan mengeluarkannya dari dalam gedung atau memisahkannya dari pekerja dengan penghalang fisik, mengatur tekanan udara, atau dengan mengontrol lamanya penggunaan
- Kedua, melarutkan polutan dan membuangnya dari dalam gedung melalui ventilasi
- Ketiga, menggunakan filter untuk membersihkan udara dari polutan

Sedangkan menurut EPA (2001) solusi yang perlu diperhatikan agar jamur tidak tumbuh antara lain:

- Pengontrolan akan kadar air dan kelembaban. Atap, dinding dan sistem perpipaan perlu diperiksa secara berkala untuk menghindari adanya kebocoran dan harus dalam keadaan kering.
- Material yang terkontaminasi harus segera dibersihkan atau dibuang.
- Pemeriksaan dan perawatan berkala untuk sistem ventilasi udara.
- Upayakan agar pondasi bangunan tidak basah, agar air tidak meresap naik ke dinding.
- Bersihkan dan keringkan lokasi yang basah dalam waktu 48 jam.

- Atur kelembaban nisbi ruangan.

Selain itu, jika jumlah koloni jamur dan bakteri telah melewati baku mutu yang ada, maka diperlukan penelitian lanjutan tentang jenis mikroorganisme patogen yang ada di ruangan agar gangguan kesehatan yang mungkin ditimbulkan dapat diantisipasi dan dicegah. Sedangkan dari sisi penghuni ruang tahanan tersebut yaitu tahanan itu sendiri, perlu diberikan pemahaman akan pentingnya kualitas udara yang baik, karena hal tersebut sangat berpengaruh terhadap kesehatan mereka.

### 2.5.1 Aspek Perancangan Sistem Ventilasi

Kualitas udara ruang-ruang dalam rumah, perkantoran, sekolah dan ruang-ruang lain yang dihuni oleh manusia harus selalu dijaga agar memenuhi persyaratan sebagai ruang yang sehat bagi manusia yang berada di dalam ruang tersebut. Kualitas udara dalam ruang yang sehat dapat dicapai dengan perancangan ruang yang benar, misalnya dengan membuat lubang ventilasi, pintu dan jendela yang cukup, disertai dengan peletakkannya yang benar, sehingga udara segar dapat masuk ke dalam ruang.

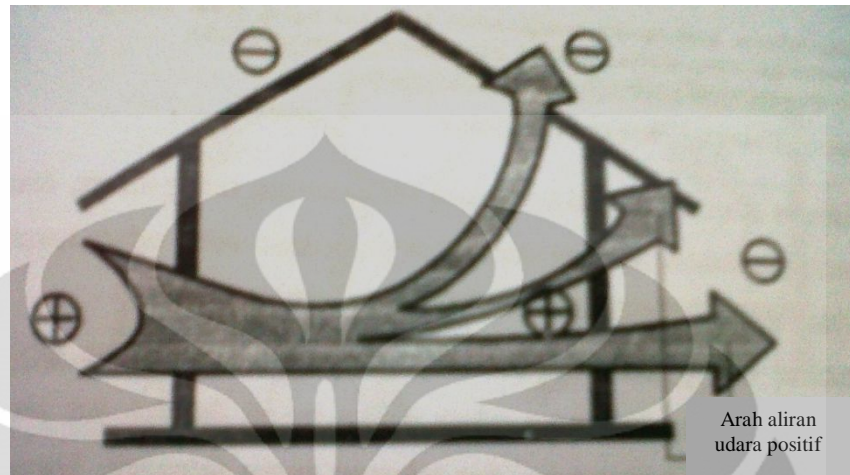
Ventilasi adalah proses dimana udara bersih dari luar ruang secara sengaja dialirkan ke dalam ruang dan udara yang buruk dari dalam ruang dikeluarkan (Liddament, 1996). Ventilasi ini dapat berlangsung secara alami maupun secara mekanik.

#### a. Sistem ventilasi alami

Dalam merancang ruang-ruang selalu dibutuhkan adanya pintu dan jendela. Pintu dan jendela ini dapat berfungsi untuk memasukkan udara segar dan cahaya dari luar ruang secara alamiah. Untuk menjaga kualitas udara dalam ruang, lubang-lubang ventilasi harus diletakkan berhadap-hadapan atau pada dua sisi yang berbeda, sehingga udara dari luar yang masuk ke dalam ruang dapat mengalir secara menerus. Namun, proses aliran udara ini masih tergantung pada kecepatan angin dan temperatur.

Angin yang menerpa pada bangunan akan mengakibatkan tekanan positif pada bidang penerima angin datang dan mengakibatkan tekanan negatif pada bidang yang berlawanan dan pada bidang-bidang samping. Hal ini

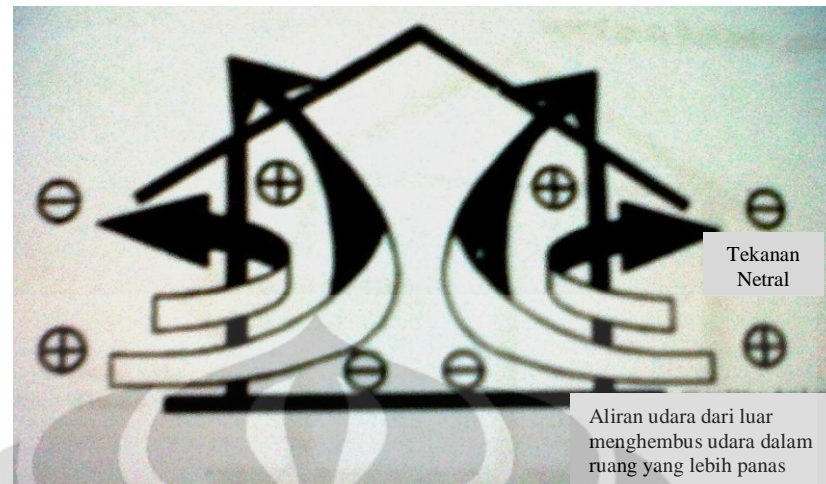
menyebabkan udara masuk ke dalam bangunan melalui lubang-lubang ventilasi dari bagian tekanan positif ke arah tekanan negatif.



Gambar 2. 1 Arah aliran udara dalam suatu bangunan, akibat perbedaan tekanan (Pudjiastuti, 1998)

Selain memanfaatkan perbedaan tekanan udara positif dan negatif, aliran udara dalam ruang juga dapat dipengaruhi oleh perbedaan suhu udara yang menyebabkan perbedaan tekanan secara vertikal. Bila suhu udara dalam ruang lebih tinggi daripada udara di luar, maka udara dari luar akan masuk melalui lubang-lubang ventilasi di bagian bawah dari bangunan, dan keluar melalui lubang-lubang ventilasi di atas bangunan. Namun, bila yang terjadi adalah sebaliknya, maka udara luar yang lebih panas akan masuk ke dalam bangunan melalui lubang-lubang ventilasi di atas bangunan.

Namun, menurut Spengler *et.al* (2000) kedua tekanan yang berpengaruh pada sistem ventilasi alami tersebut yaitu tekanan angin dan temperatur dapat dikombinasikan. Dimana sistem ventilasi yang ada didesain untuk memastikan kedua tekanan tersebut saling melengkapi dan tidak berlawanan. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara memahami dan memanfaatkan distribusi tekanan pada masing-masing mekanisme (angin dan temperatur) dan meletakkan bukaan ventilasi secara baik.



Gambar 2. 2 Arah aliran udara dalam suatu bangunan, akibat perbedaan suhu udara

(Pudjiastuti, 1998)

Kedua fenomena di atas dapat diatur dalam perancangan ruang-ruang, dan kedua sistem tersebut (perbedaan tekanan udara dan perbedaan suhu udara) harus saling mendukung dan tidak saling berlawanan.

#### b. Sistem ventilasi mekanik

Sistem ventilasi secara alami memiliki beberapa keterbatasan. Namun, keterbatasan tersebut dapat ditolong dengan ventilasi secara buatan atau mekanik agar kualitas udara di dalam ruang tetap terjaga. Perancangan ruang dengan pemakaian ventilasi secara mekanik dapat mengontrol pertukaran udara yang dibutuhkan dalam ruang dan dapat memenuhi kebutuhan manusia pengguna ruang serta mengurangi tekanan polusi udara.

Ada berbagai macam ventilasi buatan yang dapat digunakan dalam menjaga kualitas udara dalam ruang yang meliputi:

- Ventilasi untuk memasok udara ke dalam ruang
- Ventilasi untuk menghisap udara yang tidak diharapkan, misalnya udara panas atau udara yang tercemar dari dalam ruang
- Ventilasi yang berfungsi secara seimbang untuk kedua hal di atas

Ventilasi secara mekanik dapat membantu memasukkan udara segar ke dalam bangunan yang terlalu dalam, dimana ventilasi secara alamiah tidak dapat menjangkau ke dalam seluruh bagian dari ruang. Beberapa sistem



ventilasi buatan dapat memasukkan udara dari luar ruang dengan melewati filter atau saringan udara terlebih dahulu. Ada juga ventilasi buatan yang dapat mengurangi panas udara dalam ruang dengan cara menghisap udara panas yang ada dalam ruang.

Ventilasi secara mekanik dapat dikontrol dalam memasukkan udara ke dalam ruang. Dalam suatu bangunan yang besar, dapat dikombinasikan dengan pendingin dan sistem penyaringan. Terdapat beberapa sistem mekanik yang dioperasikan secara gabungan untuk menghilangkan polusi. Sistem ventilasi yang didesain dengan baik tidak akan terpengaruh oleh perubahan iklim. Namun demikian harus diperhitungkan keuntungan yang diperoleh dengan biaya operasional, biaya pemeliharaan dan biaya penggantian.

Secara umum terdapat beberapa jenis sistem ventilasi mekanik yaitu:

- Sistem ventilasi penghisap mekanik  
Ventilasi mekanik yang biasanya memakai fan yang digunakan untuk menghisap udara segar dari luar dan dimasukkan ke dalam ruang dengan memanfaatkan lubang-lubang ventilasi.
- Sistem ventilasi penghembus mekanik  
Udara segar dari luar dihembuskan ke dalam ruang dan bercampur dengan udara yang telah ada. Proses ini memasukkan tekanan udara ke dalam ruang sedangkan udara dalam ruang digantikan dengan udara baru yang dihembuskan dari luar.
- Sistem ventilasi mekanik gabungan yang seimbang  
Ventilasi mekanik gabungan secara seimbang menggabungkan sistem penghisap dan penghembus dengan saluran yang berbeda untuk masing-masing sistem. Udara dihembuskan ke dalam ruang dan bercampur dengan udara yang telah ada dalam ruang. Kemudian udara yang terpolusi dari dalam ruang, dihisap ke luar ruang tepat pada ruang-ruang yang terpolusi.



## **BAB 3**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Pendahuluan Penelitian**

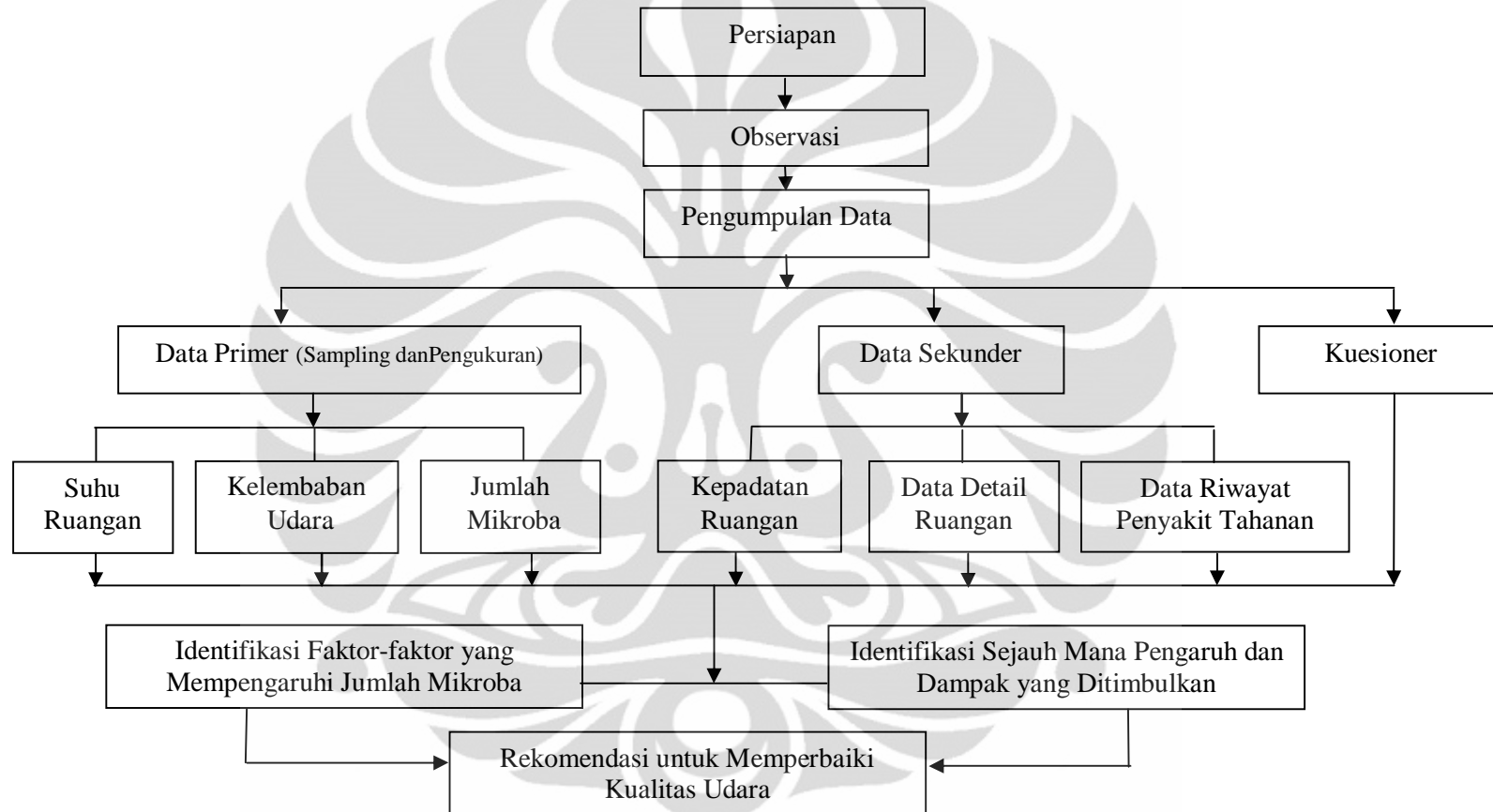
Penelitian adalah suatu penyelidikan atau suatu usaha pengujian yang dilakukan secara teliti, dan kritis dalam mencari fakta-fakta atau prinsip-prinsip dengan menggunakan langkah-langkah tertentu. Langkah-langkah tertentu yang digunakan dalam penelitian tersebut biasa disebut sebagai metode penelitian.

Pendekatan penelitian yang digunakan yaitu pendekatan penelitian kuantitatif. Dimana dengan pendekatan kuantitatif ini akan diketahui jumlah mikroorganisme di udara. Selanjutnya, setelah mengetahui jumlah mikroorganisme tersebut maka akan diketahui bagaimana kualitas udara di dalam ruang tahanan tersebut.

#### **3.2 Kerangka Kerja Penelitian**

Penelitian mengenai kualitas udara mikrobiologis udara ini dilakukan dengan tujuan yaitu mengetahui jumlah mikroba yang terdapat di dalam ruang tahanan, mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas udara di dalam ruang tahanan dan mengetahui hubungan antara kualitas udara mikrobiologis dalam ruang tahanan dengan resiko penyakit yang ditimbulkan.

Di dalam ruang tahanan penjara akan dilakukan pengukuran jumlah mikroorganisme yang meliputi bakteri dan jamur. Selain itu, dilakukan pula pengukuran suhu dan kelembaban serta observasi faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kualitas udara mikrobiologis di dalam ruang tahanan tersebut. Dari uraian diatas maka dapat dibuat suatu kerangka kerja penelitian sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Kerangka kerja penelitian  
(pengolahan penulis, 2010)

### 3.3 Variabel, Sampel dan Populasi Penelitian

Variabel adalah karakteristik subyek penelitian yang berubah dari satu subyek ke subyek lainnya (Sastroasmoro, 1995). Dalam penelitian ini, terdapat dua buah variabel yang digunakan yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah tipe variabel yang menjelaskan variabel lain dan menjadi sebab pada variabel terikat. Variabel bebas atau variabel independen yang diukur pada penelitian ini adalah kualitas fisik meliputi suhu, kelembaban udara, dan kepadatan orang dalam ruangan. Variabel-variabel bebas tersebut diambil karena variabel tersebut yang akan mempengaruhi jumlah mikroorganisme di udara di dalam ruang tahanan penjara. Sedangkan variabel terikat adalah tipe variabel yang dijelaskan atau dipengaruhi oleh variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini adalah jumlah mikroorganisme di udara dalam hal ini yaitu jumlah bakteri dan jamur.

Selain itu, pada penelitian ini juga terdapat populasi dan sampel. Populasi merupakan objek atau subjek yang berada pada suatu wilayah dan memenuhi syarat-syarat tertentu berkaitan dengan masalah penelitian (Riduwan, 2005). Populasi dari penelitian ini yaitu jumlah mikroorganisme di udara yang meliputi jamur (*fungi*) dan bakteri. Sedangkan sampel adalah bagian dari populasi yang mempunyai ciri-ciri atau keadaan tertentu yang akan diteliti. Sampel pada penelitian ini adalah jamur dan bakteri yang tumbuh pada media agar masing-masing. Untuk jamur media agar yang digunakan yaitu media PDA (*Potato Dextrose Agar*) sedangkan untuk bakteri digunakan media TSA (*Tryptic Soy Agar*).

### 3.4 Lokasi dan Jadwal Penelitian

Penelitian mengenai kualitas udara mikrobiologis di dalam ruang tahanan penjara ini akan dilakukan pada Rumah Tahanan (Rutan) Salemba yang berlokasi di Jl. Percetakan Negara No. 88 Jakarta Pusat. Pengukuran jumlah mikroba akan dikhususkan pada dua ruang tahanan yang terdapat pada Rutan Salemba tersebut. Untuk lebih jelasnya, berikut adalah peta satelit Rutan Salemba berdasarkan *Google Map* :



Gambar 3. 2 Lokasi penelitian

(Google map, 2010)

Untuk jadwal penelitian dapat dibagi menjadi dua yaitu jadwal kegiatan penelitian secara umum dan jadwal pengukuran untuk penelitian yang dilakukan. Secara umum, penelitian ini dilaksanakan dari Bulan Desember 2010 sampai dengan Juni 2011. Berikut adalah jadwal kegiatan penelitian yang akan disajikan pada tabel berikut ini :

Tabel 3. 1 Jadwal kegiatan penelitian

| No. | Kegiatan                        | 2010 | 2011  |     |     |     |     |     |
|-----|---------------------------------|------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
|     |                                 | Des  | Bulan |     |     |     |     |     |
|     |                                 |      | Jan   | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun |
| 1.  | Perizinan                       | ✓    |       |     |     |     |     |     |
| 2.  | Observasi Lapangan              | ✓    |       |     |     |     |     |     |
| 3.  | Penyusunan Rancangan Penelitian | ✓    | ✓     |     |     |     |     |     |
| 4.  | Seminar Rancangan Penelitian    |      | ✓     |     |     |     |     |     |
| 5.  | Penentuan Sampel                | ✓    |       |     |     |     |     |     |
| 6.  | Persiapan Sampling              |      | ✓     |     |     |     |     |     |
| 7.  | Pengumpulan Data (sampling)     |      | ✓     | ✓   | ✓   |     |     |     |
| 8.  | Analisis Data                   |      |       | ✓   | ✓   | ✓   | ✓   | ✓   |
| 9.  | Sidang Penelitian (skripsi)     |      |       |     |     |     |     | ✓   |

(pengolahan penulis, 2010)

Pengukuran dan sampling yang dilakukan merupakan bagian dari kegiatan pengumpulan data. Berdasarkan jadwal kegiatan secara umum di atas, maka kegiatan pengukuran dan sampling akan dilakukan pada Bulan Januari dan Februari tahun 2011. Jadwal pengukuran dan sampling yang akan dilakukan dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 3. 2 Jadwal pengukuran dan sampling

| Tanggal  |   | Januari |    |    |    |    |    | Februari |   |   |
|----------|---|---------|----|----|----|----|----|----------|---|---|
|          |   | 17      | 18 | 20 | 24 | 25 | 27 | 31       | 1 | 3 |
| Kegiatan | A | ✓       |    |    | ✓  |    |    | ✓        |   |   |
|          | B |         | ✓  |    |    | ✓  |    |          | ✓ |   |
|          | C |         | ✓  |    |    | ✓  |    |          | ✓ |   |
|          | D |         | ✓  |    |    | ✓  |    |          | ✓ |   |
|          | E |         |    | ✓  |    |    | ✓  |          |   | ✓ |

(pengolahan penulis, 2010)

Keterangan :

- A : Kegiatan persiapan pengukuran meliputi pembuatan media agar dan persiapan peralatan
- B : Kegiatan sampling bakteri dan jamur (di dalam dan luar ruangan)
- C : Kegiatan pengukuran suhu pada saat sampling (di dalam dan luar ruangan)
- D : Kegiatan pengukuran kelembaban pada saat sampling (di dalam dan luar ruangan)
- E : Kegiatan pembacaan koloni bakteri dan jamur setelah diinkubasi

### 3.5 Data dan Analisis Data

Metode penelitian yang dilakukan secara umum meliputi persiapan, observasi pengumpulan data, dan analisis data. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing tahap tersebut :

#### 1. Persiapan dan perijinan

Persiapan meliputi penyediaan formulir-formulir dan peralatan yang diperlukan, sedangkan perijinan dilakukan terhadap instansi-instansi terkait

meliputi Kantor Wilayah Kementerian Hukum dan HAM DKI Jakarta, Rutan Salemba, dan Universitas Indonesia.

## 2. Observasi

Pengumpulan data dengan observasi langsung atau dengan pengamatan langsung adalah cara pengambilan data dengan menggunakan mata tanpa ada pertolongan alat standar lain untuk keperluan tersebut (Nasir, 1988). Observasi yang dilakukan yaitu peninjauan awal lokasi dan tempat penelitian berlangsung. Observasi yang dilakukan juga meliputi pengamatan faktor fisik dan struktur ruangan penjara seperti ventilasi, dimensi ruangan, aliran udara dll.

## 3. Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, data yang dikumpulkan dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu :

### a. Data sekunder,

Data sekunder yang dipakai meliputi data yang didapat berdasarkan dokumen-dokumen atau peta yang telah tersedia di instansi pemerintah serta studi-studi terdahulu yang berkaitan dengan kualitas udara mikrobiologis dalam ruangan. Data sekunder ini meliputi data kepadatan, kapasitas bangunan, riwayat penyakit tahanan dll.

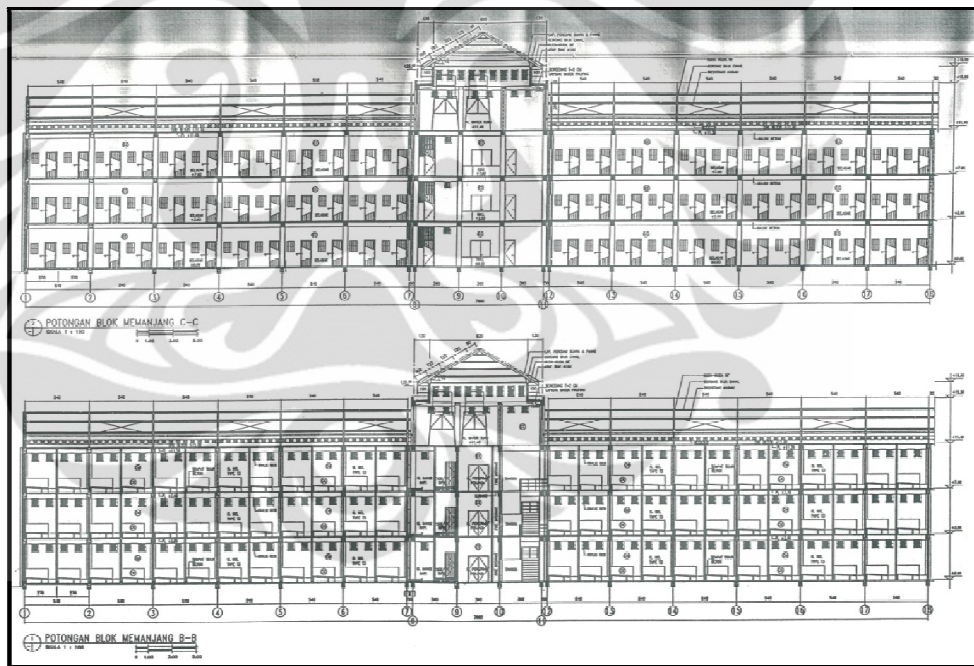
Beberapa data sekunder dikumpulkan terlebih dahulu seperti data kepadatan dan gambar teknik. Data-data sekunder tersebut dikumpulkan terlebih dahulu karena akan berpengaruh pada pengumpulan data primer terutama dalam hal penentuan lokasi sampling dan jumlah sampel.

### b. Data primer

Data primer meliputi pengukuran langsung di lapangan dan uji Laboratorium. Pengukuran langsung di lapangan meliputi pengukuran suhu, kelembaban dan sampling mikroba. Sampling mikroba dilakukan dengan menggunakan alat EMS E6 *Bioaerosol Sampler* dengan media yang sesuai untuk pertumbuhan masing-masing sampel. Untuk jamur menggunakan media *Potato Dextrose Agar* (PDA) sedangkan untuk bakteri menggunakan media *Tryptic Soy Agar* (TSA).

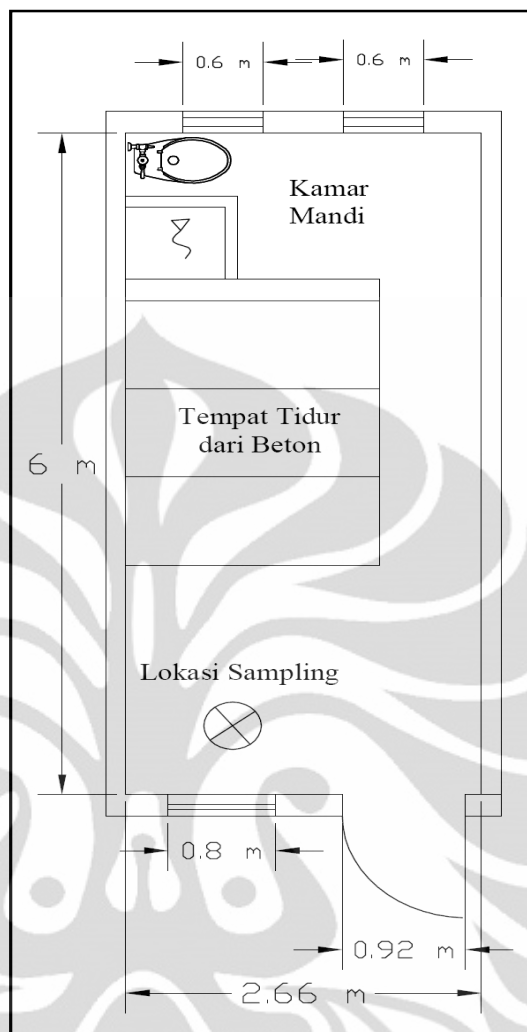


Penentuan lokasi sampling berdasarkan pada pengumpulan data sekunder dan observasi mengenai tipe ruangan dan kepadatan ruangan. Lokasi sampling dilakukan pada ruangan yang kondisinya paling kondusif. Hal tersebut dikarenakan terdapat beberapa hal atau faktor yang membatasi untuk dilakukannya penelitian atau sampling. Faktor tersebut antara lain terkait dengan keamanan, perilaku penghuni dan ketersediaan listrik. Oleh karena itu, penulis tidak dapat leluasa untuk menentukan lokasi sampling yang paling sesuai seperti berdasarkan kondisi terburuk (*worst case*) dimana salah satu indikatornya yaitu ruangan dengan kepadatan yang paling tinggi. Berdasarkan pertimbangan tersebut, sampling akan dilakukan pada dua ruang tahanan yang cukup kondusif yaitu ruang tahanan tipe 3 yang terletak pada lantai 1.



Gambar 3. 3 Tampak depan dan belakang blok tipe 3

(As built drawing Rutan Salemba)



Gambar 3. 4 Tipikal ruang tahanan tipe 3 dan lokasi sampling  
(Gambar 7, Lampiran 3, 2011)

Pengukuran bakteri dan jamur dilakukan secara duplo, serta dilakukan pada saat terdapat penghuni pada ruang tahanan dan pada saat kosong. Selain di dalam ruang tahanan, pengukuran mikroba juga dilakukan di luar ruangan (outdoor) yang berfungsi sebagai *background* dan dilakukan pada lapangan yang terdapat di Rutan Salemba. Sedangkan uji laboratorium yang dilakukan adalah inkubasi bakteri dan jamur serta penghitungan koloni yang tumbuh.

c. Kuesioner

Kuesioner adalah daftar pertanyaan yang berfungsi sebagai alat untuk mengumpulkan data (Nazir, 1988). Kuesioner yang akan digunakan dapat berfungsi sebagai alat untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dan



dampak kualitas udara pada ruang tahanan terhadap tahanan yang menempati ruangan tersebut.

#### 4. Analisis data

Setelah dilakukan pengambilan sampel, maka langkah selanjutnya yaitu analisis data. Data-data primer dan sekunder yang telah dikumpulkan tidak akan ada gunanya jika tidak dianalisis. Analisis data merupakan bagian yang amat penting, karena dengan analisis data-data tersebut dapat diberi arti dan makna yang berguna dalam memecahkan masalah penelitian (Nazir, 1988). Analisis data dapat dilakukan dengan cara mengolah data yang telah dikumpulkan. Beberapa pengolahan data yang akan dilakukan yaitu :

- Volume Udara

Volume udara dalam ruangan yang dijadikan sampel ( $m^3$ ) dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut :

Volume udara = (lama pengambilan sampel (menit)) x ( $0,0283 m^3$ /menit)

Lama pengambilan sampel dilakukan selama satu menit, maka volume udara yang dijadikan sampel ( $m^3$ ) adalah sebesar  $0,0283 m^3$ .

Ket :  $0,0283 m^3$ /menit = laju penghisapan udara oleh alat EMS E6  
*Bioaerosol Sampler*

- Jumlah Mikroorganisme

Setelah mengetahui volume udara, kemudian akan dihitung jumlah mikroorganisme yang meliputi jumlah bakteri dan jamur dalam satuan CFU/ $m^3$ . Jumlah bakteri dan jamur dapat diketahui dengan membagi jumlah koloni masing-masing yang terdapat pada media agar dengan volume udara.

Sampling terhadap jumlah jamur dan bakteri ini dilakukan secara duplo. Jumlah koloni duplo tersebut kemudian akan dirata-rata sehingga didapatkan 4 data jumlah koloni jamur untuk masing-masing kondisi kosong dan isi. Sehingga jumlah koloni jamur per volume udara tersebut dapat diketahui dengan membagi rata-rata jumlah koloni yang terdapat pada kedua media agar (karena dilakukan secara duplo) dengan volume udara sebagai berikut :

$$\text{Jumlah jamur} = \frac{\text{rata-rata jumlah koloni jamur pada media agar (CFU)}}{\text{Volume udara (m}^3\text{)}}$$

$$\text{Jumlah bakteri} = \frac{\text{rata-rata jumlah koloni bakteri pada media agar (CFU)}}{\text{Volume udara (m}^3\text{)}}$$

- Analisis statistik

Analisis secara statistik juga dilakukan untuk mengolah data hasil kuesioner dan menguji hipotesis. Uji hubungan dua sampel yang independen dengan jumlah sampel yang sedikit menggunakan Uji Fisher.



## **BAB 4**

### **GAMBARAN UMUM**

#### **4.1 Karakteristik Rutan Klas I Salemba**

Rumah Tahanan Negara (Rutan) klas 1 Jakarta Pusat atau lebih dikenal dengan sebutan Rutan Salemba terletak di Jalan Percetakan Negara No. 88, Kelurahan Rawasari, Kecamatan Cempaka Putih, Kotamadya Jakarta Pusat, Propinsi DKI Jakarta. Berikut adalah batas-batas wilayah dari Rutan Salemba :

- Utara : Jalan Percetakan Negara Raya
- Timur : Jalan Percetakan Negara IX
- Barat : Jalan Percetakan Negara VII
- Selatan : Jalan Percetakan Negara VII

Rutan Salemba ini sendiri melayani tiga wilayah penangkapan yaitu wilayah Jakarta Pusat, Jakarta Barat dan Jakarta Utara serta memiliki daya tampung hunian sekitar  $\pm$  853 orang. Rutan Salemba merupakan salah satu unit pelaksana teknis pada jajaran Direktorat Jenderal Pemasyarakatan Departemen Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia. Keberadaan lembaga ini tidak dapat dipisahkan dari instansi hukum lainnya dalam Sistem Peradilan Pidana Indonesia.

Untuk keadaan penghuni di Rutan Salemba, penghuninya sendiri terdiri dari tahanan dan narapidana dari berbagai daerah yang ada di Indonesia. Penghuni Rutan Salemba setiap harinya mengalami perubahan baik mengalami penambahan atau pengurangan yang disebabkan oleh :

- Pemandahan tahanan atau narapidana ke Lapas (Lembaga Pemasyarakatan) atau Rutan lain
- Penanggulangan penahanan
- Pengalihan jenis tahanan
- Menjalankan program pembinaan berupa Pembebasan Bersyarat (PB), Cuti Menjelang Bebas (CMB), Cuti mengunjungi Keluarga (CMK), Asimilasi Lembaga Pemasyarakatan Terbuka dll.
- Bebas demi hukum
- Bebas murni

#### 4.2 Sejarah Rutan Klas I Salemba

Rumah Tahanan Negara Klas 1 Salemba Jakarta Pusat dibangun pada sebidang tanah seluas 42.132m<sup>2</sup> pada tahun 1918 oleh pemerintah yang berkuasa pada jaman Hindia Belanda saat itu, dan dikenal oleh masyarakat Jakarta dengan sebutan Penjara Gang Tengah. Sebelum tahun 1945 penjara Gang Tengah dipergunakan oleh Pemerintah Kolonial Belanda untuk menahan orang-orang yang melakukan pelanggaran hukum Kolonial Belanda. Setelah tahun 1945, bertepatan dengan kemerdekaan Bangsa Indonesia, maka kepemilikannya diserahkan pada Pemerintah Republik Indonesia dimana pada waktu itu Lembaga Pemasyarakatan Salemba dipergunakan untuk menampung atau menahan tahanan politik, tahanan sipil, tahanan kejaksaan dan pelaku kejahatan ekonomi (penimbunan kekayaan yang ramai pada saat itu) pada saat terjadi pemberontakan G30S/PKI dan mengingat kondisi pada saat itu, maka sebagian tahanan atau narapidana dipindahkan ke Lembaga Pemasyarakatan Cipinang, Lembaga Pemasyarakatan Glodok (sekarang pusat elektronik Glodok) dan sebagian lagi ke kampus AKIP (Akademi Ilmu Pemasyarakatan) di Percetakan Negara, sekarang kampus Akademi Letigasi Republik Indonesia (ALTRI).

Pada tahun 1967 sampai dengan tahun 1980 Lembaga Pemasyarakatan Salemba dijadikan Rumah Tahanan Militer (RTM) yang khusus menahan tahanan militer dibawah pimpinan Inrehab Laksusda Jaya. Selanjutnya pada tanggal 4 Februari 1980 Lembaga Pemasyarakatan Salemba, perlengkapan inventaris serta rumah dinas yang dipergunakan oleh Inrehab Laksusda Jaya diserahkan kembali kepada Departemen Kehakiman melalui Kepala Wilayah Direktorat Jenderal Pemasyarakatan IV Jakarta Raya dan Kalimantan Barat, Soekirman SH. Serah terima ini berdasarkan surat perintah Panglima Komando Operasi Pemulihan Kesatuan dan Ketertiban tanggal 9 Januari 1980 nomor: Sprin12/Kepkam/1/1980 dan surat pelaksanaan nomor: Sprin/4 5/KAHDA/1/1980 tanggal 23 Januari 1980.

Sejak tanggal 22 April 1981 Lembaga Pemasyarakatan Salemba dimanfaatkan untuk pelaksanaan penahanan bagi tahanan wanita pindahan dari Lembaga Pemasyarakatan Bukit Duri yang pada waktu itu dialih fungsikan menjadi lokasi pertokoan. Setelah diadakan renovasi bangunan tahap 1 awal Oktober 1989, mulai ditempatkan tahanan pria dari Kejaksaan Tinggi DKI

Jakarta, Kejaksaan Negeri Jakarta Pusat, Kejaksaan Negeri Barat dan Kejaksaan Negeri Jakarta Utara. Dengan semakin padatnya penghuni Lembaga Pemasyarakatan Salemba, tahanan wanita yang sejak April 1981 menempati Blok A dan Blok B, dengan persetujuan Kepala Kantor Wilayah Departemen Kehakiman DKI, dipindahkan ke Rumah Tahanan Negara Klas IIIa Pondok Bambu Jakarta Timur.

Berdasarkan keputusan Menteri Kehakiman RI nomor M.04.UM.01.06 tahun 1983 tanggal 16 Desember 1983 tentang Penetapan Lembaga Pemasyarakatan tertentu sebagai Rumah Tahanan Negara, maka Lembaga Pemasyarakatan Salemba berubah statusnya menjadi Rumah Tahanan Negara bersama 274 Lembaga Pemasyarakatan lainnya yang berada di Indonesia.

### **4.3 Tugas Pokok dan Fungsi Rutan Klas I Salemba**

#### **4.3.1 Tugas Pokok**

Tugas pokok dari Rutan Klas I Salemba yaitu melaksanakan perawatan terhadap tersangka atau terdakwa sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku

#### **4.3.2 Fungsi**

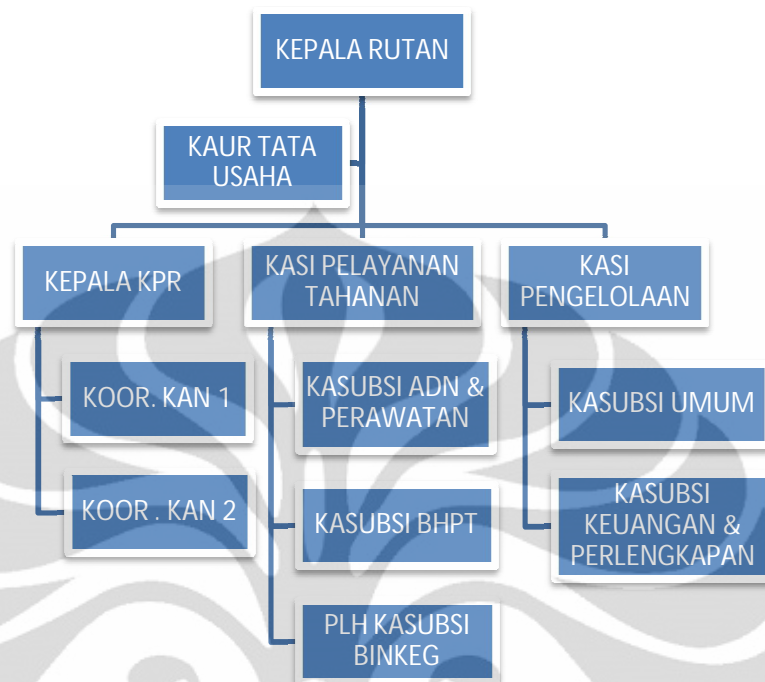
Rutan Klas I Salemba memiliki beberapa fungsi yaitu :

- Melakukan Pelayanan, Perawatan Dan Bimbingan Sosial/Kerohanian Kepada Tahanan
- Melakukan Pemeliharaan Keamanan Dan Tata Tertib Rutan
- Melakukan Pengelolaan Rutan

### **4.4 Struktur Organisasi**

Mengacu pada Surat Keputusan Menteri Kehakiman RI Nomor : M.04.PR07.03 tahun 1985 tanggal 20 September 1985 tentang Organisasi dan Tata Kerja Rutan dan Rumah Penyimpanan Benda Sitaan Negara, maka Rutan Klas I Jakarta Pusat dipimpin oleh seorang Kepala Rutan dengan eselon III/b. Dalam melaksanakan tugas pokok dan fungsinya, Kepala Rutan dibantu oleh

beberapa pejabat struktural sebagaimana tergambar dalam skema struktur organisasi Rutan berikut ini :



Gambar 4. 1 Struktur organisasi Rutan Salemba

(Telah diolah kembali dari [http://rutan-salemba.tripod.com/struktur\\_organisasi.html](http://rutan-salemba.tripod.com/struktur_organisasi.html), 2011)

## 4.5 Ruang Tahanan dan Fasilitas

### 4.5.1 Sarana dan Prasarana Rutan

Dalam menunjang fungsinya sebagai tempat perawatan dan pembinaan tahanan, Rutan Salemba memiliki beberapa fasilitas. Berikut adalah beberapa fasilitas yang terdapat di Rutan Salemba :

- Fasilitas peribadatan
- Fasilitas kesehatan
- Kantor Rutan
- Fasilitas olahraga
- Fasilitas kegiatan kerja

### 4.5.2 Ruang Tahanan

Pada saat ini Rutan Klas I Salemba memiliki empat blok hunian untuk para tahanan. Blok-blok hunian tersebut yaitu blok 1, 3, 5 dan 7. Pembagian blok-

blok tersebut berdasarkan jumlah penghuni pada setiap ruang tahanan di tiap blok. Selain itu, pembagian blok didasarkan pada pengaturan jumlah tahanan dalam satu kamar harus ganjil. Hal itu dilakukan untukantisipasi resistansi terjadinya disorientasi mental, seperti homoseksual dan pembagiannya juga dipilih dengan memperhatikan latar belakang jenis perbuatan dan kecocokan (Ardoko, 2010).

#### 4.5.3 Karakteristik Ruang Tahanan

Karakteristik mengenai ruang tahanan ini, akan difokuskan pada ruang tahanan yang dijadikan sampel penelitian yaitu dua ruang tahanan pada blok 3 dengan nomor ruangan 8 dan 14. Kedua ruangan tersebut memiliki luas  $\pm 15,96 \text{ m}^2$ . Karakteristik ruang tahanan yang akan ditinjau merupakan karakteristik yang berpengaruh terhadap kualitas udara mikrobiologis ruangan itu sendiri. Berikut adalah beberapa perincian dari karakteristik tersebut :

- Material bangunan

Secara umum, material bangunan yang digunakan pada kedua ruangan yang dijadikan sampel hampir sama. Kedua ruangan tersebut menggunakan dinding bata yang dicat dengan cat dengan pelarut air (*water-based paint*) dan lantai beton yang dilapisi dengan karpet plastik. Sedangkan untuk atap atau plafon ruangan tersebut terbuat dari triplek.

- Ventilasi

Lubang ventilasi yang terdapat pada kedua ruang tersebut berjumlah 3 buah dan 1 buah pintu. Satu lubang ventilasi berukuran 80 x 90 cm berada di depan yaitu tepatnya di samping pintu yang berukuran 92 x 210 cm. Sedangkan dua lubang ventilasi lainnya berada pada dinding belakang ruang dengan ukuran 60 x 60 cm. Lubang-lubang ventilasi yang berupa jeruji-jeruji besi yang dirangkai tersebut nampaknya tidak terlalu berfungsi dengan baik karena hampir seluruh permukaannya lubang-lubangnya tertutup dengan exhaust fan. Hal tersebut dapat menyebabkan lubang-lubang ventilasi tersebut kurang dapat berfungsi maksimal.

- Pencahayaan

Pencahayaan yang digunakan pada kedua ruang tersebut lebih mengandalkan pencahayaan buatan dengan menggunakan cahaya lampu dibandingkan

dengan cahaya matahari. Cahaya matahari yang masuk sangat sedikit walaupun pada siang hari. Hal tersebut terjadi karena bentuk bangunan yang serba tertutup dan lubang ventilasi untuk masuknya cahaya matahari yang kurang memadai. Pada ruang pertama terdapat dua buah lampu TL sedangkan pada ruang kedua terdapat satu buah lampu TL dan satu buah lampu.

- **Furnitur/barang perabotan**

Barang-barang atau furnitur yang terdapat di dalam ruangan juga dapat mempengaruhi kualitas udara mikrobiologis di dalam ruangan itu sendiri. Furnitur yang terbuat dari bahan-bahan yang mudah ditumbuhi mikroorganisme seperti kayu dapat menyebabkan potensi terjadinya pencemaran udara mikrobiologis di dalam ruangan. Pada kedua ruangan terdapat beberapa furnitur yang terbuat dari kayu seperti meja dan lemari. Selain itu, juga terdapat kasur busa yang digunakan untuk tidur dan beberapa pakaian yang digantung atau ditumpuk yang dapat menjadi sumber mikroorganisme.

- **Kamar mandi/sanitasi**

Kondisi kamar mandi pada kedua ruangan tergolong cukup bersih untuk sebuah ruang tahanan. Model jamban yang digunakan yaitu jamban duduk namun tidak memiliki tutup. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah tidak adanya pintu atau sekat sehingga udara dari kamar mandi tersebut dapat masuk dan bercampur dengan udara di tengah ruang yang digunakan untuk tidur dan beraktivitas.

- **Perawatan dan pemeliharaan bangunan**

Kegiatan perawatan dan pemeliharaan bangunan di kedua ruangan tersebut hampir serupa yaitu meliputi kegiatan menyapu, mengepel dan mengelap debu. Hal yang perlu diperhatikan yaitu seberapa sering kegiatan-kegiatan tersebut dilakukan. Menurut pengakuan penghuni kedua ruangan, mereka melakukan kegiatan menyapu dan mengepel setidaknya satu kali setiap hari.



## BAB 5

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Seperti yang telah disebutkan pada bab sebelumnya bahwa pengukuran atau pengambilan sampel mikroorganisme yang meliputi jamur dan bakteri dilakukan di dalam ruangan (*indoor*) dan di luar ruangan (*outdoor*). Untuk pengambilan sampel *indoor* dilakukan pada dua ruangan di blok tipe 3. Ruangan pertama yaitu ruang nomor 8 yang selanjutnya diberi simbol R<sub>1</sub> dan ruangan kedua yaitu ruang nomor 14 yang selanjutnya diberi simbol R<sub>2</sub>. Sampling dilakukan bergantian atau tidak bersamaan antar dua ruangan. Sedangkan pengambilan sampel *outdoor* dilakukan pada pinggir lapangan yang terdapat di dalam area Rutan Salemba. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak empat kali untuk *indoor* dan tiga kali untuk *outdoor*. Secara umum, berikut adalah hasil dari sampling kualitas udara tersebut :

Tabel 5. 1 Hasil pengukuran mikroorganisme di dalam ruangan (*indoor*)

| Lokasi Sampling | Tanggal Sampling | Jamur (CFU/m <sup>3</sup> ) |         | Bakteri (CFU/m <sup>3</sup> ) |         |
|-----------------|------------------|-----------------------------|---------|-------------------------------|---------|
|                 |                  | Kosong                      | Isi     | Kosong                        | Isi     |
| R <sub>1</sub>  | 25 Jan 2011      | 4134                        | 1696    | 1908                          | 1025    |
|                 | 23 Feb 2011      | 3763                        | 4064    | 3622                          | 1184    |
|                 | 16 Mar 2011      | 2827                        | 3145    | 4134                          | 5724    |
|                 | 6 Apr 2011       | 2756                        | 2968    | 2367                          | 1360    |
| R <sub>2</sub>  | 25 Jan 2011      | 4081                        | 1661    | 3710                          | 4276    |
|                 | 23 Feb 2011      | 3057                        | 3198    | 1749                          | -       |
|                 | 16 Mar 2011      | 4223                        | 5724    | 3463                          | 4947    |
|                 | 6 Apr 2011       | 2297                        | 2049    | 2792                          | 2244    |
| Rata-rata       |                  | 3392                        | 3063    | 2968                          | 2966    |
| Maksimum        |                  | 4223                        | 5724    | 4134                          | 5724    |
| Minimum         |                  | 2297                        | 1661    | 1749                          | 1025    |
| Standar Deviasi |                  | 745,31                      | 1361,69 | 893,20                        | 1970,22 |

(Tabel 1, lampiran 1, 2011)

Tabel 5. 2 Hasil pengukuran mikroorganismenya di luar ruangan (*outdoor*)

| Lokasi Sampling | Sampling ke- | Jamur (CFU/m <sup>3</sup> ) | Bakteri (CFU/m <sup>3</sup> ) |
|-----------------|--------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Outdoor         | 1            | 512                         | 194                           |
|                 | 2            | 954                         | 124                           |
|                 | 3            | 1095                        | 636                           |
| Rata-rata       |              | 854                         | 318                           |
| Maksimum        |              | 1095                        | 636                           |
| Minimum         |              | 512                         | 124                           |
| Standar Deviasi |              | 304,17                      | 277,61                        |

(Tabel 1, lampiran 1, 2011)

## 5.1 Hasil Pengukuran Total Koloni Jamur dan Bakteri di dalam Ruangan (*Indoor*)

Dari hasil pengukuran total koloni jamur dan bakteri di dalam ruangan, selanjutnya dapat dibahas dan dianalisa sehingga akan diketahui bagaimana kualitas udara mikrobiologis ruangan tersebut secara umum beserta dengan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Pembahasan akan dilakukan pada masing-masing kondisi ruangan yaitu pada saat keadaan kosong (tanpa penghuni) dan isi (ada penghuni) serta membandingkan antara kedua kondisi tersebut.

### 5.1.1 Ruangan dalam Keadaan Kosong

Pengambilan sampel pada saat keadaan ruangan kosong dilakukan dengan asumsi bahwa tidak ada penghuni di dalam yang dapat menjadi sumber mikroorganismenya terutama bakteri. Sehingga, diasumsikan bahwa jumlah total koloni baik jamur maupun bakteri pada saat keadaan ruangan kosong akan lebih kecil dibandingkan pada saat keadaan ruangan berisi penghuni.

#### a. Jamur

Total koloni jamur yang terukur pada saat keadaan kosong menunjukkan angka yang cukup besar. Untuk jumlah rata-rata total koloni jamur dari kedua ruangan tersebut saja, mencapai angka 3392 CFU/m<sup>3</sup>. Sedangkan jumlah

maksimum yang tercatat mencapai 4223 CFU/m<sup>3</sup> dan jumlah minimum sebesar 2297 CFU/m<sup>3</sup>. Namun, jika melihat data total koloni jamur yang dihasilkan dari empat kali dilakukannya sampling, jumlah total koloni jamur yang terukur sangat bervariasi. Hal tersebut dapat terjadi karena pada saat setiap kali melakukan sampling, kedua ruangan tentunya memiliki kondisi yang berbeda-beda pula (kelembaban, suhu udara dll.) walaupun sama-sama dalam keadaan kosong. Kondisi tersebut tentunya juga akan berpengaruh terhadap jumlah jamur yang terukur pada saat pengambilan sampel dilakukan. Variasi data total koloni jamur pada saat keadaan kosong dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 5. 1 Rata-rata total koloni jamur pada saat keadaan kosong  
(Tabel 5.1, 2011)

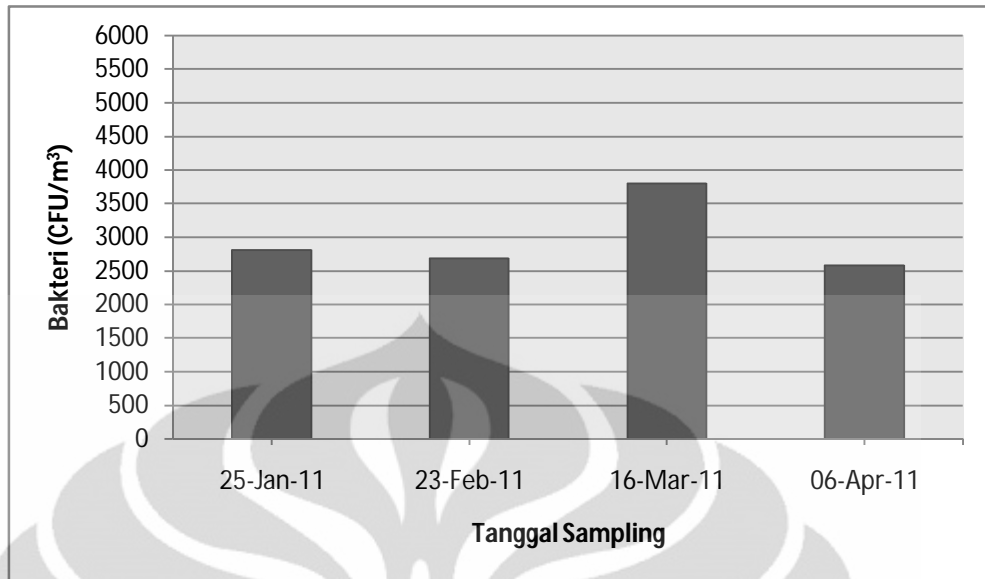
Selain melakukan pengambilan sampel jamur, pada kedua ruangan tersebut juga diukur kelembaban dan suhu udara ruangan. Seperti yang tertera pada buku *Bioaerosol Handbook* (1995) dikatakan bahwa kelembaban udara dan suhu ruangan merupakan dua faktor lingkungan yang sangat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme (bioaerosol) di dalam ruangan. Kelembaban dan suhu dicatat selama empat kali sampling dilakukan. Data kelembaban dan suhu udara pada saat pengambilan sampel jamur dalam keadaan kosong dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 5. 3 Suhu dan kelembaban udara pada saat pengambilan sampel jamur dalam keadaan kosong

| Sampling ke- | Suhu (°C) | Kelembaban (%) |
|--------------|-----------|----------------|
| I            | 29,5      | 73             |
|              | 29,5      | 74             |
|              | 29,7      | 73             |
|              | 29,7      | 73             |
| II           | 31,8      | 64             |
|              | 31,7      | 67             |
|              | 31,4      | 72             |
|              | 31,2      | 72             |
| III          | 31,3      | 63             |
|              | 30,9      | 66             |
|              | 30,6      | 73             |
|              | 30,1      | 75             |
| IV           | 34,2      | 53             |
|              | 32,2      | 59             |
|              | 31,5      | 68             |
|              | 31,7      | 67             |
| Rata-rata    | 31,1      | 68             |
| Maksimum     | 34,2      | 75             |
| Minimum      | 29,5      | 53             |

#### b. Bakteri

Sama halnya seperti jamur, pada saat keadaan kosong juga dilakukan pengambilan sampel total koloni bakteri. Untuk jumlah rata-rata total koloni bakteri dari kedua ruangan tersebut saja, mencapai angka 2968 CFU/m<sup>3</sup>. Sedangkan jumlah maksimum yang tercatat mencapai 4134 CFU/m<sup>3</sup> dan jumlah minimum sebesar 1749 CFU/m<sup>3</sup>. Data yang dihasilkan dari empat kali dilakukannya sampling sangat bervariasi. Sama seperti halnya dengan jamur, data bakteri yang bervariasi tersebut juga disebabkan oleh kondisi yang berbeda-beda pada setiap sampling yang dilakukan. Variasi data total koloni bakteri pada saat keadaan kosong dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 5. 2 Rata-rata total koloni bakteri pada saat keadaan kosong  
(Tabel 5.1, 2011)

Pengukuran suhu dan kelembaban udara yang dilakukan pada saat pengambilan sampel bakteri dalam keadaan kosong menghasilkan data yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 5. 4 Suhu dan kelembaban udara pada saat pengambilan sampel bakteri dalam keadaan kosong

| Sampling ke- | Suhu (°C) | Kelembaban (%) |
|--------------|-----------|----------------|
| I            | 29,2      | 72             |
|              | 29,4      | 73             |
|              | 29,8      | 72             |
|              | 29,8      | 73             |
| II           | 31,7      | 67             |
|              | 31,7      | 68             |
|              | 31,1      | 73             |
|              | 31        | 73             |
| III          | 31,8      | 63             |
|              | 30,9      | 66             |
|              | 30,8      | 71             |
|              | 30,2      | 74             |
| IV           | 35        | 51             |
|              | 33        | 56             |
|              | 32,3      | 63             |
|              | 31,6      | 70             |
| Rata-rata    | 31,2      | 68             |
| Maksimum     | 35        | 74             |
| Minimum      | 29,2      | 51             |

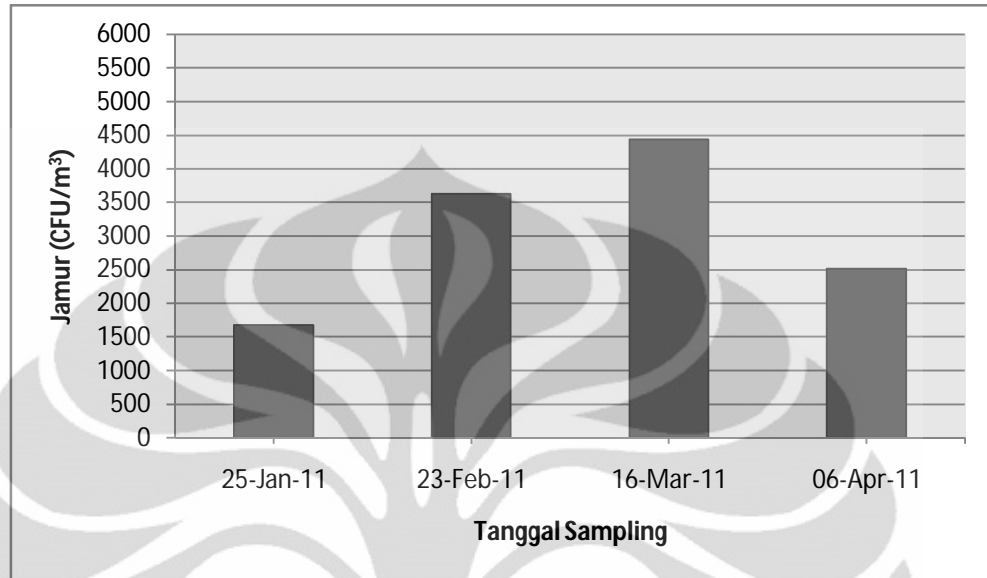
### 5.1.2 Ruangan dalam Keadaan Isi

Setelah dilakukan dalam keadaan kosong, pengambilan sampel bakteri dan jamur juga dilakukan dalam keadaan isi atau terdapat penghuni di dalam ruang tahanan tersebut. Penghuni pada masing-masing ruangan berjumlah 5 orang dan sampling dilakukan diantara pukul 11.00-13.00. Pengambilan sampel dalam keadaan isi dilakukan untuk mengetahui apakah keberadaan penghuni di dalam ruangan akan mempengaruhi jumlah total koloni bakteri dan jamur di dalam ruangan tersebut.

#### a. Jamur

Jumlah total koloni jamur pada saat keadaan isi yang tercatat pada kedua ruangan menunjukkan angka yang berbeda dengan keadaan kosong. Rata-rata jumlah koloni jamur yang terukur yaitu sebesar 3063 CFU/m<sup>3</sup>. Sedangkan nilai maksimumnya sebesar 5724 CFU/m<sup>3</sup> dan nilai minimumnya sebesar 1661

CFU/m<sup>3</sup>. Hasil pengukuran untuk total koloni jamur pada saat keadaan isi dapat dilihat pada grafik di bawah ini :



Gambar 5. 3 Rata-rata total koloni jamur pada saat keadaan isi

(Tabel 5.1, 2011)

Sama halnya seperti pada saat keadaan kosong, pada saat keadaan isi pun juga dilakukan pengukuran kelembaban dan suhu udara pada kedua ruangan tersebut. Kelembaban dan suhu rata-rata, maksimum, dan minimum dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

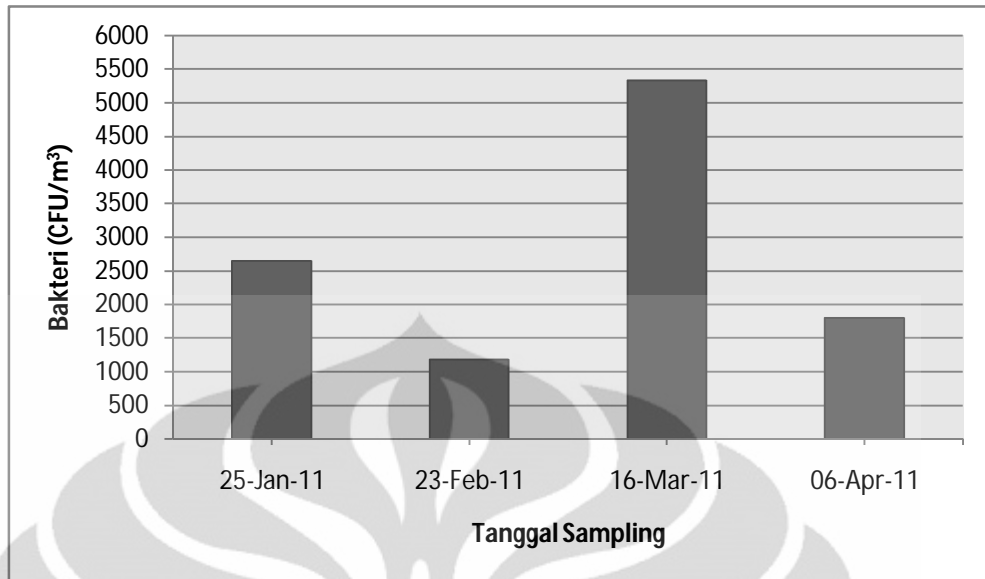
Tabel 5. 5 Suhu dan kelembaban udara pada saat pengambilan sampel jamur dalam keadaan isi

| Sampling ke- | Suhu (°C) | Kelembaban (%) |
|--------------|-----------|----------------|
| I            | 29,6      | 71             |
|              | 29,6      | 70             |
|              | 29,8      | 73             |
|              | 29,9      | 75             |
| II           | 31,8      | 69             |
|              | 31,9      | 70             |
|              | 31        | 74             |
|              | 31        | 74             |
| III          | 31        | 66             |
|              | 31,1      | 66             |
|              | 30,2      | 75             |
|              | 30,4      | 75             |
| IV           | 32,2      | 61             |
|              | 32,5      | 61             |
|              | 31,8      | 65             |
|              | 32,1      | 62             |
| Rata-rata    | 31        | 69             |
| Maksimum     | 32,5      | 75             |
| Minimum      | 29,6      | 61             |

#### b. Bakteri

Jumlah total koloni bakteri pada keadaan isi seharusnya lebih besar dibandingkan dengan keadaan kosong. Namun, rata-rata total koloni yang terukur tidak jauh berbeda jumlahnya dengan keadaan kosong. Rata-rata total koloni bakteri yang terukur yaitu sebesar 2966 CFU/m<sup>3</sup>. Sedangkan total koloni bakteri maksimum yang terukur yaitu sebesar 5724 CFU/m<sup>3</sup> dan minimumnya sebesar 1025 CFU/m<sup>3</sup>. Secara umum, variasi data total koloni bakteri pada saat keadaan isi dapat dilihat pada gambar di bawah ini :





Gambar 5. 4 Rata-rata total koloni bakteri pada saat keadaan isi  
(Tabel 5.1, 2011)

Jumlah total koloni bakteri pada sampling ke-2 pada grafik di atas didapat hanya dari  $R_1$  karena pada saat sampling dilakukan di  $R_2$  terjadi pemadaman aliran listrik yang cukup lama, sehingga kegiatan sampling tidak dapat dilakukan.

Untuk pengukuran suhu dan kelembaban udara, tercatat nilai rata-rata, maksimum, dan minimum yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 5. 6 Suhu dan kelembaban udara pada saat pengambilan sampel bakteri dalam keadaan isi

| Sampling ke- | Suhu (°C) | Kelembaban (%) |
|--------------|-----------|----------------|
| I            | 29,5      | 70             |
|              | 29,6      | 70             |
|              | 29,7      | 72             |
|              | 29,7      | 73             |
| II           | 32        | 69             |
|              | 32        | 69             |
|              | -         | -              |
|              | -         | -              |
| III          | 31        | 66             |
|              | 31,1      | 66             |
|              | 30,1      | 74             |
|              | 30,3      | 75             |
| IV           | 32,1      | 64             |
|              | 32,5      | 61             |
|              | 31,7      | 69             |
|              | 32        | 64             |
| Rata-rata    | 31        | 69             |
| Maksimum     | 32,5      | 75             |
| Minimum      | 29,5      | 61             |

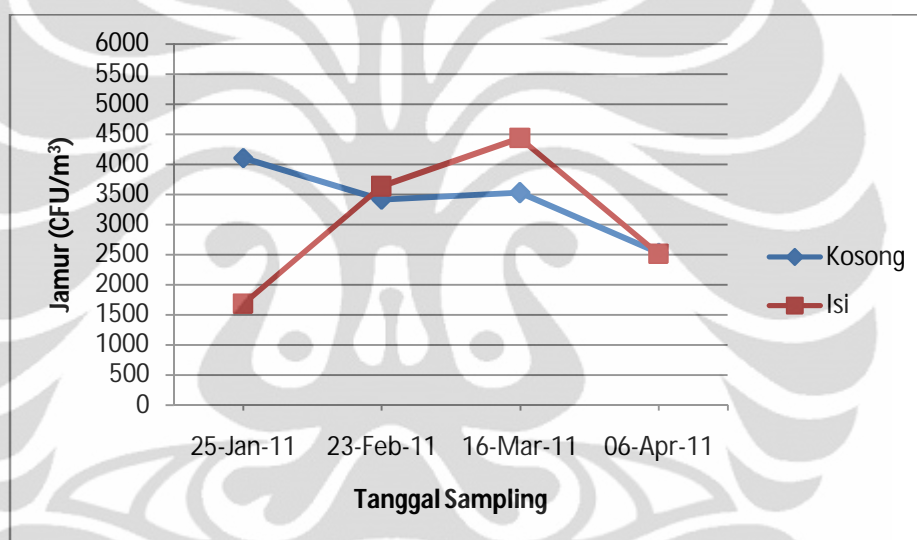
### 5.1.3 Perbandingan Konsentrasi Total Koloni Jamur dan Bakteri

Hasil-hasil pengukuran yang telah dijelaskan sebelumnya, baik pada saat keadaan kosong maupun isi, dapat dianalisa dan dibahas untuk mengetahui bagaimana kualitas udara di dalam kedua ruang tahanan tersebut. Pembahasan akan dirunut dari kedua ruangan yang dijadikan sampel lalu dari pembahasan tersebut dapat dikembangkan lagi sehingga dapat membandingkan dengan ruang-ruangan lain.

Selain itu, hasil pengukuran atau konsentrasi jamur dan bakteri pada saat kosong dan isi juga dapat diperbandingkan. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui apakah pengambilan sampel yang dilakukan pada dua keadaan yang berbeda tersebut akan menghasilkan perbedaan yang signifikan dan mempengaruhi konsentrasi total koloni mikroorganisme di udara. Kemudian dari hasil-hasil pembahasan dan perbandingan tersebut dapat digeneralisasikan

menjadi gambaran kualitas udara mikrobiologis dalam ruangan tahanan Rutan Salemba secara umum.

Pengukuran jamur yang dilakukan pada saat keadaan ruangan kosong dan isi menghasilkan data konsentrasi mikroorganisme yang berbeda. Perbandingan jumlah total koloni jamur yang terukur pada saat keadaan kosong dan isi dapat terlihat jelas pada gambar 5.5. Dimana pada gambar tersebut terlihat bahwa tidak selamanya total koloni jamur pada saat keadaan isi lebih besar jumlahnya dibandingkan dengan keadaan kosong. Walaupun mayoritas jumlah jamur lebih banyak saat keadaan isi.



Gambar 5. 5 Perbandingan jumlah jamur pada saat kosong dan isi

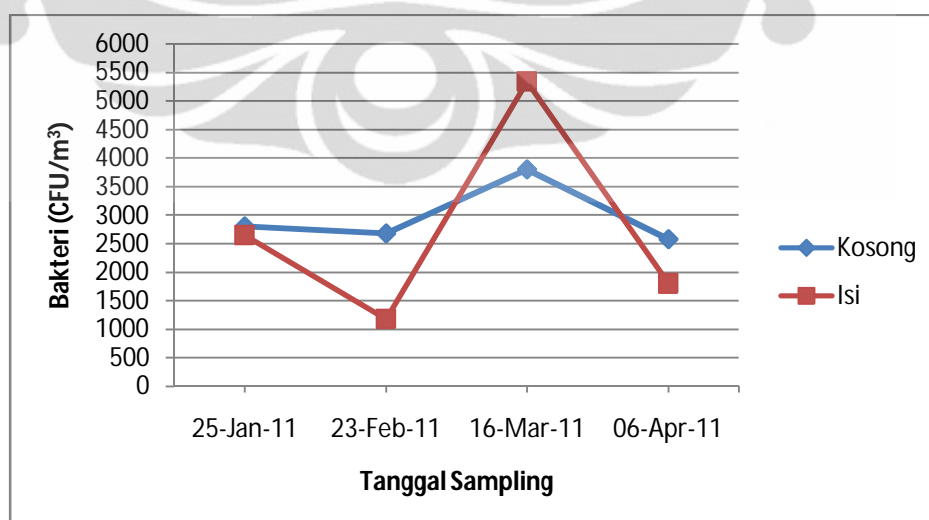
(Tabel 5.1, 2011)

Pada grafik terlihat bahwa nilai maksimum jamur pada keadaan isi lebih tinggi dibandingkan pada saat keadaan kosong. Untuk trend masing-masing grafik terlihat bahwa trend grafik jumlah jamur pada saat keadaan isi cenderung naik lalu menurun sedangkan trend grafik jumlah jamur pada saat keadaan kosong cenderung semakin menurun.

Secara umum, kedua keadaan (kosong dan isi) tersebut sebenarnya tidak terlalu berpengaruh pada jumlah jamur yang terukur. Kondisi kosong dan isi lebih berorientasi pada kehadiran manusia sebagai sumber pencemar. Sedangkan sumber jamur itu sendiri lebih banyak berasal dari ruangan dan material di dalamnya dibandingkan dari manusia. Sehingga, kehadiran manusia tidak terlalu

mempengaruhi jumlah jamur yang ada di dalam ruangan tersebut selama kondisi ruangan tersebut tidak berubah. Terdapat beberapa faktor yang lebih berpengaruh dan menyebabkan perbedaan total koloni jamur tersebut, terutama faktor kondisi lingkungan dari ruang tahanan itu sendiri seperti kelembaban dan suhu udara yang akan dijelaskan lebih lanjut pada sub bab berikutnya. Selain itu, pada penelitian yang dilakukan Nevalainen *et.al* (1993) dikatakan bahwa analisis pencemaran mikrobiologis khususnya jamur menjadi sangat sulit karena fluktuasi kemunculan jamur itu sendiri yang sangat tergantung pada waktu dan tempat. Hal ini sebagian dapat dikatakan benar karena sumber dari bioaerosol secara umum tidak menghasilkan partikel bioaerosol secara terus menerus. Contohnya yaitu produksi spora dan pelepasan spora dari mycelium jamur terjadi pada kelembaban dan kecepatan udara tertentu. Oleh karena itu, hasil pengukuran total koloni jamur yang terdapat pada gambar 5.5 lebih disebabkan oleh faktor-faktor yang telah dijelaskan di atas seperti fluktuasi kemunculan jamur itu sendiri yang sangat tergantung pada waktu dan tempat, dibandingkan dengan kehadiran manusia.

Untuk perbandingan jumlah bakteri, terlihat pada gambar 5.6 bahwa mayoritas jumlah bakteri pada saat keadaan ruangan kosong melebihi jumlah bakteri pada saat keadaan isi. Walaupun, terlihat pada gambar terdapat satu titik dimana jumlah bakteri pada saat keadaan isi meningkat tajam.



Gambar 5. 6 Perbandingan jumlah bakteri pada saat kosong dan isi

(Tabel 5.1, 2011)

Pada gambar di atas terlihat trend yang hampir serupa pada masing-masing grafik yaitu cenderung fluktuatif. Pada kedua grafik terlihat trend konsentrasi bakteri yang pada awalnya turun lalu naik lalu turun kembali walaupun dengan penambahan atau pengurangan jumlah bakteri yang berbeda-beda. Pada grafik jumlah bakteri pada saat keadaan isi, terdapat satu titik hasil sampling yang terlihat memiliki angka yang jauh lebih rendah dibandingkan hasil sampling lainnya yaitu pada saat sampling tanggal 23 Februari 2011. Hal tersebut disebabkan karena adanya pemadaman listrik pada saat sampling bakteri dilakukan dalam keadaan isi di  $R_2$ . Sehingga, menyebabkan angka total koloni bakteri pada keadaan isi hanya didapatkan dari sampling yang dilakukan pada  $R_1$  saja. Oleh karena itu, hasil pengukuran total koloni bakteri pada saat keadaan isi untuk tanggal sampling 23 Februari 2011 mungkin tidak dapat mewakili secara keseluruhan jumlah bakteri yang terdapat pada kedua ruangan tersebut.

Sumber bakteri dapat berasal dari ruangan itu sendiri, namun kehadiran manusia juga dapat mempengaruhi jumlah bakteri di dalam ruangan. Seperti yang telah diketahui, manusia merupakan salah satu sumber utama bakteri, dimana terdapat banyak bakteri di saluran pernafasan manusia. Bakteri tersebut dapat terlepas ke udara pada saat bercakap-cakap, batuk, bersin dll. Pada saat bakteri terlepas, maka bakteri tersebut dapat hinggap dan melekat ke debu atau yang lebih dikenal dengan istilah bioaerosol.

Dari penjelasan di atas, seharusnya jumlah total koloni bakteri pada keadaan berisi penghuni menunjukkan angka yang lebih besar dibandingkan pada keadaan kosong. Namun, seperti yang terlihat pada grafik, mayoritas hasil pengukuran pada saat kondisi isi justru menunjukkan jumlah total koloni yang lebih kecil dibandingkan pada saat kondisi kosong. Hal tersebut berkebalikan dengan hipotesis atau asumsi awal. Terdapat beberapa hal dan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil tersebut. Jika melihat kondisi pada saat sampling dilakukan, sangat sulit untuk mengkondisikan ruang tahanan yang benar-benar kosong. Walaupun diusahakan tidak ada penghuni, namun tetap saja ada beberapa orang tahanan yang hilir mudik di dalam ruangan dan pintu ruang tahanan tetap terbuka. Selain itu, kamar mandi atau WC yang berada di dalam ruang tahanan tersebut tidak memiliki pintu sehingga udara dari WC tersebut dapat langsung

bercampur dengan udara di dalam ruangan (tempat dilakukannya sampling). Oleh karena itu, udara dari WC yang merupakan salah satu sumber bakteri dapat mempengaruhi jumlah bakteri yang terukur di dalam ruangan walaupun ruangan tersebut dikondisikan dalam keadaan kosong.

Terlepas dari perbandingan hasil antara kedua kondisi tersebut, terdapat satu hal yang menarik yaitu hasil dari pengukuran total koloni jamur dan bakteri yang cukup besar. Terlihat bahwa walaupun tidak mendapatkan suatu hubungan yang jelas pada penerapan kondisi kosong dan isi, tetapi dapat disimpulkan bahwa telah terjadi pencemaran udara mikrobiologis di kedua ruangan tersebut. Pada saat keadaan kosong, rata-rata jumlah jamur sebesar 3392 CFU/m<sup>3</sup> dan rata-rata jumlah bakteri sebesar 2968 CFU/m<sup>3</sup>. Sedangkan pada saat keadaan isi rata-rata jumlah jamur sebesar 3063 CFU/m<sup>3</sup> dan rata-rata jumlah bakteri sebesar 2966 CFU/m<sup>3</sup>. Jumlah rata-rata jamur dan bakteri tersebut telah melebihi baku mutu atau standar yang ada dan perbandingannya dapat dilihat pada tabel 5.7. Jika mengacu pada peraturan di Indonesia, belum ada peraturan yang menyebutkan secara detail jumlah minimum untuk total koloni jamur dan bakteri terlebih lagi untuk ruang tahanan atau penjara. Hanya terdapat ketentuan angka kuman di dalam ruangan yaitu harus kurang dari < 700 koloni/m<sup>3</sup> dan bebas kuman pathogen (Kepmenkes No. 1405 tahun 2002 dan Pergub DKI Jakarta No. 54 tahun 2008). Untuk lebih jelasnya, perbandingan hasil pengukuran total koloni bakteri dan jamur pada kedua ruangan tersebut dengan beberapa baku mutu yang ada dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. 7 Perbandingan jumlah total koloni jamur dan bakteri dengan standar

| Parameter                   | Satuan                | Hasil Pengukuran             | Batasan               | Referensi  | Keterangan |
|-----------------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|--|------------|
| Total koloni bakteri        | CFU/m <sup>3</sup>    | 3392 (kosong) dan 3063 (isi) | 500                   | Guideline for Good Indoor Air Quality, 1996                            | Melebihi   |
|                             |                       |                              | 500 (excellent class) | ACGIH, 1986  | Melebihi   |
|                             |                       |                              | 1000 (good class)     | ACGIH, 1986  | Melebihi   |
| Total koloni jamur          | CFU/m <sup>3</sup>    | 2968 (kosong) dan 2966 (isi) | 500                   | Guideline for Good Indoor Air Quality, 1996                            | Melebihi   |
| Angka kuman (jamur+bakteri) | Koloni/m <sup>3</sup> | 6360 (kosong) dan 6029 (isi) | <700                  | Kepmenkes No. 1405 tahun 2002 dan Pergub DKI Jakarta No. 54 tahun 2008 | Melebihi   |

Sedangkan jika melihat hubungan karakteristik tahanan dengan hasil pengukuran mikroorganismenya, mayoritas tahanan yang menghuni kedua ruangan tersebut merupakan tahanan yang terlibat kasus narkoba. Karakteristik tahanan tersebut juga dapat mempengaruhi jenis bakteri dan jamur hasil pengukuran yang kemungkinan besar merupakan bakteri dan jamur penyebab beberapa penyakit yang sering terjadi dan diidap oleh pengguna narkoba. Seperti beberapa jenis bakteri yang merupakan agen penyakit yang kehadirannya dipicu oleh penggunaan narkoba.

#### 5.1.4 Perbandingan dengan Penelitian Kualitas Udara Dalam Ruangan Lainnya

Selain membandingkan dengan standar yang ada, hasil penelitian ini juga dapat dibandingkan dengan penelitian-penelitian kualitas udara mikrobiologis lain yang serupa namun dengan objek penelitian yang berbeda. Hal ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan jumlah total bakteri dan jamur ruang tahanan

Rutan Salemba dengan berbagai tempat lainnya seperti sekolah, rumah sakit dan perkantoran.

Tabel 5. 8 Perbandingan jumlah total koloni jamur dan bakteri dengan penelitian lain

| Jenis kegiatan/tempat    | Lokasi                       | Jumlahjamur (CFU/m <sup>3</sup> )     | Jumlah bakteri (CFU/m <sup>3</sup> ) | Referensi               |
|--------------------------|------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|
| Ruang tahanan            | Rutan Salemba, Jakarta Pusat | 3392 (kosong)<br>3063 (isi)           | 2968 (kosong)<br>2966 (isi)          |                         |
| Correctional facility    | New jersey, USA              | 4320<br>1140<br>1223<br>(tiga lokasi) | -                                    | Ofungwu, 2004           |
| Office Buildings         | Hong Kong                    | 3852                                  | 2912                                 | Law <i>et.al</i> , 2000 |
| Hospital                 | Korea                        | 382                                   | 404                                  | Kim& C.N.Kim, 2007      |
| Kindergarten             | Korea                        | 536                                   | 931                                  | Kim& C.N.Kim, 2007      |
| Elderly welfare facility | Korea                        | 334                                   | 294                                  | Kim& C.N.Kim, 2007      |
| Postpartum nurse center  | Korea                        | 371                                   | 586                                  | Kim& C.N.Kim, 2007      |
| Bar                      | Korea                        | 237 (winter),<br>5012 (summer)        | 389 (winter),<br>4266 (summer)       | Jo <i>et.al</i> , 2005  |
| Internet café            | Korea                        | 209 (winter)                          | 371 (winter)                         | Jo <i>et.al</i> , 2005  |
| School                   | Korea                        | 371 (winter)                          | 1002 (winter)                        | Jo <i>et.al</i> , 2005  |
| Home                     | Korea                        | 3802 (summer)                         | 2512 (summer)                        | Jo <i>et.al</i> , 2005  |
| Food court               | Singapura                    | 240-551                               | 226-621                              | Rajasekar, 2011         |

Pada tabel di atas, terlihat bahwa hasil pengukuran baik jamur maupun bakteri pada ruang tahanan menunjukkan angka yang cukup besar dibandingkan ruang-ruang atau tempat pada penelitian lain. Hal ini mengindikasikan bahwa karakteristik ruang tahanan dari segi kepadatan penghuni, faktor fisik serta perilaku penghuni yang memang sangat berbeda dengan ruang-ruang lainnya,



membuat ruang tahanan lebih rentan mengalami pencemaran udara mikrobiologis. Selain itu, pengukuran kualitas udara mikrobiologis juga sangat tergantung pada musim dan cuaca lokasi tempat dilakukannya sampling karena hal tersebut akan mempengaruhi suhu dan kelembaban udara.

### **5.1.5 Kualitas Udara Mikrobiologis di dalam Ruangan**

Setelah membahas perbandingan hasil pengukuran antara kondisi kosong dan isi, selanjutnya pada sub bab ini akan dibahas mengenai faktor-faktor yang dapat lebih mempengaruhi kualitas udara mikrobiologis pada ruang tahanan tersebut. Sehingga, akan didapatkan gambaran mengenai kualitas udara mikrobiologis yang lebih luas dan lebih umum.

Sudah menjadi rahasia publik bahwa kondisi penjara di Indonesia sangat tidak manusiawi. Jumlah narapidana yang melebihi kapasitas adalah pemandangan umum di Indonesia. Hal inilah yang menyebabkan mengapa banyak narapidana yang tidak mendapatkan sejumlah hak secara proporsional. Seperti tempat tidur yang layak, air bersih, makanan yang layak, sanitasi, hak untuk informasi dan hiburan, ibadah, kesehatan, pendidikan dan pelatihan dan lain-lain.

Masalah yang terkait sanitasi, sirkulasi udara dan kualitas udara dalam ruangan sebenarnya bukan hanya disebabkan oleh bangunan dari rutan itu sendiri. Permasalahan-permasalahan tersebut lebih disebabkan oleh *overcapacity* dan perilaku tahanan. Perlu diingat pula bahwa kualitas udara dalam ruang merupakan interaksi yang selalu berubah secara konstan dari beberapa faktor yang mempengaruhi jenis, tingkat, dan pentingnya polutan dalam lingkungan dalam ruang (Fitria *et.al*, 2008). Oleh karena itu, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas udara mikrobiologis di dalam ruang tahanan tersebut. Berikut akan dibahas mengenai masing-masing faktor tersebut dan bagaimana pengaruhnya terhadap kualitas udara mikrobiologis pada ruang tahanan.

#### **5.1.5.1 Ventilasi**

Adanya ventilasi di dalam ruangan akan memudahkan pergerakan udara, dari luar ruang akan masuk ke dalam ruangan, sehingga ada pergantian udara (Moerdjoko, 2004). Ventilasi yang dimaksud disini adalah proses pemasukan

udara (bersih) dan pengeluaran udara yang berkualitas buruk atau kurang baik dari dalam ruangan. Ventilasi dapat berjalan secara alami (natural) ataupun mekanikal (buatan) dengan menggunakan bantuan alat. Ventilasi yang terdapat pada kedua ruangan yang dijadikan sampel penelitian, lebih cenderung berjalan dengan menggunakan ventilasi buatan (mekanik) dibandingkan dengan ventilasi alami. Sirkulasi udara di dalam ruangan tersebut menggunakan *exhaust fan* untuk membantu proses pemasukan dan pengeluaran udara. Namun, *exhaust fan* tersebut diletakkan pada lubang ventilasi sehingga keberadaannya justru menghalangi bukaan ventilasi yang ada sehingga lubang ventilasi tersebut tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

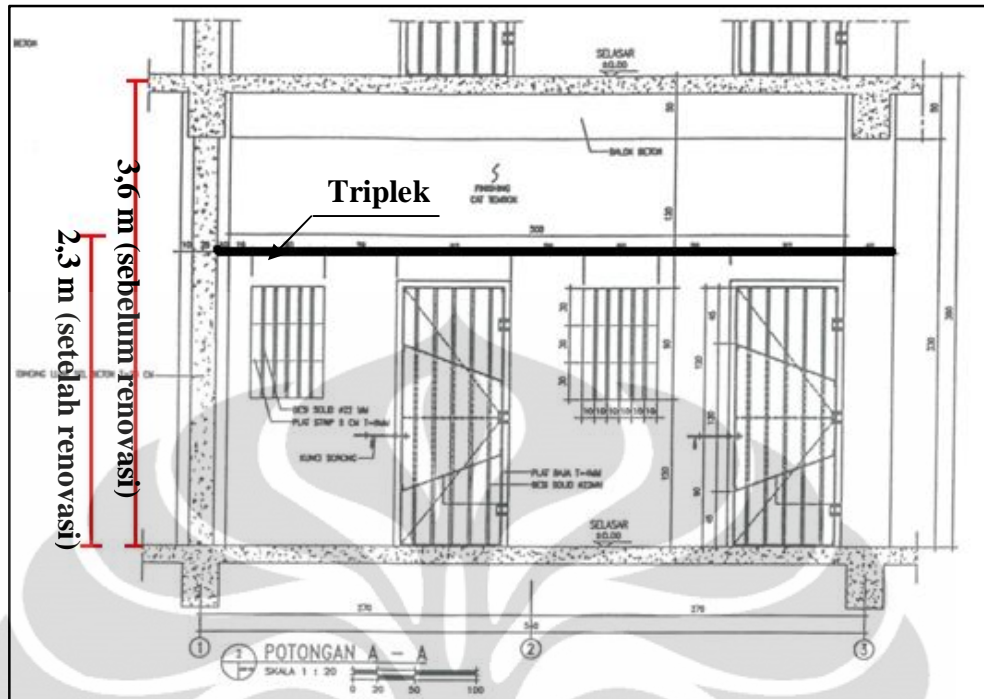
Selain itu, penyelidikan kualitas udara dalam ruang oleh NIOSH menyebutkan bahwa masalah kualitas udara dalam ruang disebabkan oleh ventilasi yang tidak adekuat (52%), kontaminasi dari dalam gedung (16%), kontaminasi yang berasal dari luar gedung (10%), kontaminasi mikrobiologi (5%), dan kontaminasi material bangunan (4%). Dari hasil penyelidikan tersebut terlihat bahwa ventilasi yang tidak adekuat menjadi masalah utama terkait dengan kualitas udara dalam ruang. Namun perlu diingat pula bahwa ventilasi yang tidak adekuat tersebut juga dapat menjadi penyebab terjadinya kontaminasi mikrobiologis pada udara di dalam ruangan. Masalah ventilasi terkait dengan kontaminasi mikrobiologis yang dapat terjadi khususnya pada ruang tahanan yaitu tidak cukupnya suplai udara segar dari luar ke dalam ruang akibat dari kurangnya atau tidak memadainya lubang ventilasi yang ada. Hal tersebut dapat menyebabkan udara kotor yang mengandung bakteri dan jamur terus berada di dalam ruangan tersebut tanpa adanya sirkulasi udara yang baik. Masalah lainnya yang dapat terjadi yaitu masalah filtrasi udara yang disebabkan oleh pemeliharaan yang kurang terhadap sistem ventilasi udara (Lunau, 1990). Jika tidak terawat dengan baik, sistem ventilasi udara yang ada malah dapat menjadi sumber mikroorganisme yang dapat mencemari ruangan tersebut.

Penjelasan-penjelasan di atas diperkuat oleh hasil penelitian yang dilakukan Moerdjoko pada tahun 2004 tentang Kaitan Sistem Ventilasi Bangunan dengan Keberadaan Mikroorganisme Udara. Berdasarkan hasil penelitian disebutkan bahwa sirkulasi udara memiliki pengaruh yang besar terhadap

keberadaan mikroorganisme udara. Artinya dengan sirkulasi yang baik dimana udara dapat bergerak atau bertukar maka mikroorganisme akan berkurang jumlahnya. Sebaliknya jika sirkulasi buruk dimana udara relatif tidak bergerak atau ada pergerakan tetapi sedikit dan tidak mampu mengganti udara berkualitas buruk dengan udara bersih atau segar maka kemungkinan akan mengandung mikroorganisme lebih besar, dengan probabilitas mencapai 9613 kali.

Secara umum Heating, Ventilation and Air Conditioning (HVAC) system yang ada pada Rutan Salemba khususnya pada kedua ruangan tersebut masih tergolong sederhana dan belum memadai. Terlebih lagi sekarang dilakukan renovasi pada kedua ruangan tersebut. Renovasi terpaksa dilakukan mengingat semakin bertambahnya jumlah tahanan yang ada pada Rutan Salemba. Sehingga, perlu dibangun lantai tambahan untuk menampung tahanan-tahanan yang ada.

Renovasi yang dilakukan yaitu dengan membuat lantai atas dengan menggunakan triplek pada kedua ruangan. Hal tersebut dapat menyebabkan sistem sirkulasi udara menjadi semakin buruk karena atap ruangan menjadi semakin pendek. Jika mengacu pada *Standard Minimum Rules for the Treatment of Prisoners* yang merupakan bagian dari resolusi PBB tahun 1977, disebutkan bahwa tinggi atap minimal 4 meter agar memungkinkan penghuni untuk memperoleh sirkulasi udara cukup. Sedangkan ruang tahanan sebelum di renovasi saja hanya memiliki tinggi atap sebesar 3,6 meter dan setelah di renovasi tinggi atapnya hanya sekitar 2,3 meter dari permukaan lantai.



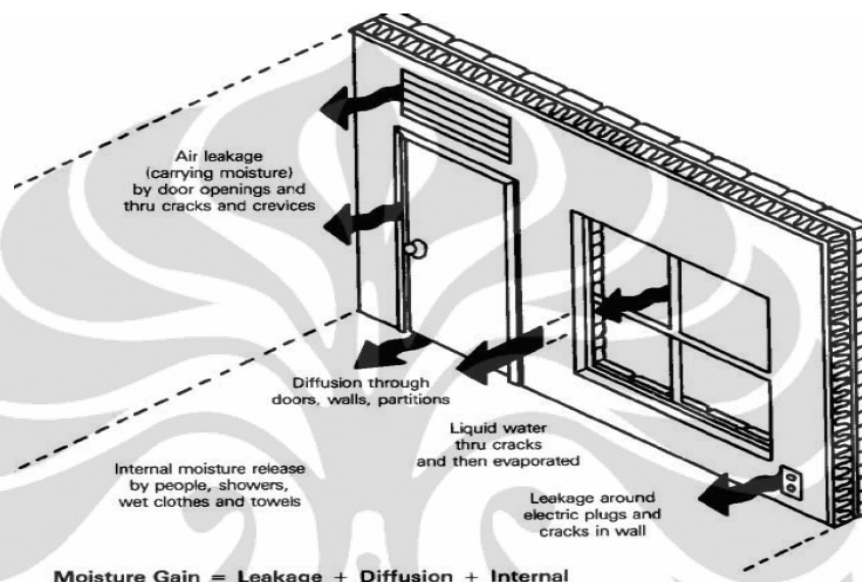
Gambar 5. 7 Ilustrasi renovasi ruang tahanan

(Gambar 8, lampiran 3, 2011)

Selain itu, renovasi tersebut tidak dibarengi dengan pembuatan lubang ventilasi lagi, sehingga hanya mengandalkan tiga lubang ventilasi dan satu buah pintu yang sudah ada. Pada *Standard Minimum Rules for the Treatment of Prisoners* juga disebutkan bahwa bukaan atau ventilasi yang dianjurkan sebesar 20 % dari luas permukaan. Ruang tahanan memiliki luas permukaan sebesar  $\pm 15,96 \text{ m}^2$  dan 20% dari luas permukaan tersebut sebesar  $3,192 \text{ m}^2$ . Sedangkan total keseluruhan dari bukaan ventilasi yang terdiri dari satu lubang ventilasi depan, dua lubang ventilasi belakang dan satu buah pintu memiliki luas  $3,372 \text{ m}^2$ . Dari perhitungan tersebut sebenarnya bukaan ventilasi yang ada sudah memenuhi standar. Namun, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, pemanfaatan dari lubang-lubang ventilasi tersebut belum sepenuhnya benar karena lubang-lubang ventilasi yang ada malah ditutup atau terhalang dengan *exhaust fan*. Terlebih lagi dengan adanya renovasi tersebut, otomatis penghuni akan lebih bertambah dan kebutuhan akan sirkulasi udara juga akan bertambah dan bukan tidak mungkin lubang-lubang ventilasi yang sudah ada tidak dapat lagi menyalurkan udara yang cukup dan menjaga sirkulasi udara di dalam ruang tahanan.

### 5.1.5.2 Kelembaban Udara

Seperti yang telah dijelaskan pada bab 2 bahwa kelembaban udara merupakan salah satu parameter yang berpengaruh secara signifikan terhadap pertumbuhan mikroorganisme. Setiap mikroorganisme yang meliputi jamur dan bakteri memiliki kelembaban udara minimum dan optimum masing-masing.



Gambar 5. 8 Ilustrasi sumber kelembaban di dalam ruangan  
(EPA, 1991)

Kelembaban ruangan yang dianggap nyaman adalah 40-60%. Bila kelembaban ruangan di atas 60% akan menyebabkan berkembang biaknya organisme patogen maupun organisme yang bersifat alergen. Namun bila kelembaban ruangan di bawah 40% (misalnya 20-30%) dapat menimbulkan ketidaknyamanan, iritasi mata, dan kekeringan pada membran mukosa (misal tenggorokan). Selain itu, pertumbuhan dari jamur juga bergantung pada water activity ( $a_w$ ), yaitu kandungan air dari suatu bahan.  $a_w$  memiliki hubungan dengan kelembaban udara, dimana  $a_w$  merupakan kelembaban udara dibagi 100%. Sebuah studi mengemukakan bahwa  $a_w$  minimum yang dibutuhkan untuk pertumbuhan jamur ialah sebesar 0,64, walaupun ada beberapa spesies yang dapat tumbuh pada  $a_w$  sebesar 0,61. Berdasarkan  $a_w$  minimum yang diperlukan untuk tumbuh, jamur di dalam ruangan dapat dibagi menjadi tiga jenis kategori yaitu xerofilik, mesofilik dan hidروفilik.

Sebagian besar kelembaban dan suhu udara ruangan yang tercatat selama sampling dilakukan melebihi dari standar yang ada. Dari hasil pengukuran kelembaban yang dilakukan (baik pada saat keadaan isi maupun kosong), pada R<sub>1</sub> kelembaban udara yang tercatat berkisar antara 51-74 % ( $a_w$  0,51-0,74) sedangkan pada R<sub>2</sub> berkisar antara 62-75 % ( $a_w$  0,62-0,75). Pada saat pengambilan sampel jamur dan bakteri dalam keadaan kosong dan isi, rata-rata kelembaban udara yang terukur untuk masing-masing kondisi dan variabel tersebut menunjukkan angka yang sama yaitu sebesar 68% untuk kondisi kosong dan 69% untuk kondisi isi.

Tabel 5. 9 Standar kelembaban udara

| Parameter            | Hasil Pengukuran   | Batasan                          | Referensi  | Keterangan               |
|----------------------|--|----------------------------------|--|--------------------------|
| Kelembaban udara (%) | Jamur :<br>• 68 (kosong)<br>• 69 (isi)<br><br>Bakteri :<br>• 68 (kosong)<br>• 69 (isi) | $\leq 70$                        | Guideline for Good Indoor Air Quality, 1996                            | Memenuhi standar         |
|                      |  | 40 sampai < 70 (excellent class) | Indoor air quality guideline value for Japan and South Korea           | Memenuhi standar         |
|                      |  | < 70 (good class)                | Indoor air quality guideline value for Japan and South Korea           | Bisa memenuhi bisa tidak |
|                      |  | 40-60                            | Kepmenkes No. 1405 tahun 2002 dan Pergub DKI Jakarta No. 54 tahun 2008 | Melebihi standar         |

Dari hasil pengukuran jamur dan kelembaban udara, jamur-jamur yang ada di dalam kedua ruangan tersebut kemungkinan merupakan jamur yang xerofilik. Dimana jamur tersebut dapat tumbuh dengan persyaratan  $a_w < 0,8$  atau kelembaban udara lebih kecil dari 80%. Secara umum, jamur-jamur xerofilik di dalam ruangan meliputi *Asp. Candidus*, *Asp. Penicillioides*, *Asp. Restrictus*, *Asp. Sydowii*, *Asp. Versicolor*, *Eurotium amstelodami*, *Eur. Herbariorum* dan *Wallemia sebi*. Tetapi, karena beberapa spesies xerofilik menunjukkan kisaran *water activity* yang luas, maka beberapa penulis menganggap mereka sebagai spesies mesofilik. Oleh karena itu, terdapat kemungkinan bahwa jamur yang ada di dalam ruangan juga berjenis mesofilik. Jamur yang berjenis mesofilik memiliki

kisaran  $a_w$  sebesar  $0,8 \leq a_w \leq 0,9$ . Jamur-jamur mesofilik diantaranya meliputi *Alternaria alternate*, *Asp. fumigatus*, *Asp. niger*, *Asp. ochraceus*, *Cladosporium spp.*, *Epicoccum nigrum*, *Fusarium oxysporum*, *F. solani*, *Paecilomyces variotii*, *Pen. aurantiogriseum*, *Pen. brevicompactum*, *Pen. chrysogenum*, *Pen. commune*, *Pen. viridicatum*, *Scopulariopsis brevicularis*, *Scopulariopsis candida* dan *Ulocladium chartarum*.

Sama seperti halnya dengan jamur, bakteri secara umum ditemukan pada area dengan kandungan air atau kelembaban yang tinggi. Dari sebuah artikel yang dibuat oleh Stetzenbach (1998) disebutkan bahwa *Micrococcus* dan *Staphylococcus spp.* merupakan bakteri yang sering ditemukan terisolasi di udara. Hal tersebut terkait juga dengan kehadirannya pada membran mukosa hidung dan mulut, kulit, pakaian dan rambut penghuni ruang.

Selain itu, dari hasil pengukuran jumlah total koloni bakteri dan jamur serta rata-rata kelembaban udara dapat dicari sebuah hubungan atau korelasi antar keduanya. Menurut FKM UI (2009) Korelasi adalah salah satu teknik statistik yang digunakan untuk mencari hubungan antara dua variabel atau lebih yang sifatnya kuantitatif dan kualitatif. Untuk mencari seberapa besar hubungan atau korelasi antar dua variabel tersebut dapat digunakan uji statistik yaitu Uji Korelasi Spearman. Sebelum melakukan pengujian, terlebih dahulu menentukan hipotesis yaitu :

Ho:  $p = 0$  (tidak ada korelasi)

Hi:  $p \neq 0$  (ada korelasi)

Taraf signifikansi yang dipakai  $\alpha = 0,05$

Setelah itu, koefisien korelasi Spearman dapat dicari dengan cara :

$$\Gamma_s = 1 - \frac{6 \sum di^2}{n^3 - n}$$

Setelah didapatkan  $\Gamma_s$  hitung maka selanjutnya  $\Gamma_s$  hitung tersebut dibandingkan dengan  $\Gamma_s$  tabel. Bila n (banyaknya data) 4 sampai 30, maka titik kritis ( $\Gamma_s$  tabel) dilihat pada tabel P yang terdapat pada lampiran 6. Pada pengujian ini terdapat 8 data dengan  $\alpha=0,05$  maka didapatkan  $\Gamma_s$  tabel sebesar 0,643. Setelah itu, barulah dilakukan kriteria pengujian yaitu :

Ho ditolak bila  $\Gamma_s$  hitung  $>$   $\Gamma_s$  tabel pada  $\alpha = 0,05$

Dari hasil pengujian korelasi antara total koloni baik jamur maupun bakteri dengan rata-rata kelembaban udara, maka didapatkan nilai  $\Gamma_s$  hitung sebagai berikut :

Tabel 5. 10 Hasil Uji Korelasi Spearman antara total koloni jamur/bakteri dengan kelembaban udara

| No. | Korelasi                                    | $\Gamma_s$ | Ket                           |
|-----|---|------------|-------------------------------|
| 1   | Kelembaban dan jamur dalam keadaan kosong   | 0,977      | Terdapat korelasi yang tinggi |
| 2   | Kelembaban dan jamur dalam keadaan isi      | 0,917      | Terdapat korelasi yang tinggi |
| 3   | Kelembaban dan bakteri dalam keadaan kosong | 0,865      | Terdapat korelasi yang tinggi |
| 4   | Kelembaban dan bakteri dalam keadaan isi    | 0,947      | Terdapat korelasi yang tinggi |

(Lampiran 4)

Terlihat pada tabel 5.10 nilai  $\Gamma_s$  hitung yang dihasilkan semuanya lebih besar dari  $\Gamma_s$  tabel. Hal tersebut berarti terdapat korelasi antara dua variabel yang diuji. Angka koefisien korelasi yang dihasilkan berkisar antara 0,865-0,977. Dimana menurut Young (1982) ukuran korelasi antara 0,7-1 (baik plus atau minus) menunjukkan adanya derajat asosiasi yang tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi yang tinggi antara total koloni jamur atau bakteri dengan kelembaban udara rata-rata baik pada saat keadaan ruangan kosong maupun isi.

### 5.1.5.3 Suhu Udara

Seperti halnya kelembaban udara, suhu udara juga merupakan salah satu parameter yang berpengaruh terhadap perkembang biakan mikroorganisme dan setiap mikroorganisme tersebut memiliki suhu udara minimum dan optimum masing-masing. Berdasarkan hasil pengukuran suhu udara pada saat sampling dilakukan (baik pada saat keadaan isi maupun kosong), pada  $R_1$  suhu udara yang tercatat berkisar antara 29,2-35 °C sedangkan pada  $R_2$  berkisar antara 29,7-32,3 °C. Pada saat pengambilan sampel jamur dalam keadaan kosong dan isi, rata-rata suhu udara yang terukur masing-masing yaitu 31,1 dan 31 °C. Sedangkan pada



saat pengambilan sampel bakteri dalam keadaan kosong dan isi, rata-rata suhu udara yang terukur masing-masing yaitu 31,2 dan 31 °C. Menurut penelitian yang dilakukan Yoshizawa (1996), secara umum konsentrasi bioaerosol lebih tinggi pada tempat atau lokasi yang memiliki suhu berkisar 30 sampai 40 °C dibandingkan dengan yang memiliki suhu lebih rendah yaitu 20-30 °C.

Berdasarkan temperatur yang dibutuhkannya, jamur dapat dibagi menjadi tiga kategori yaitu mesofil, psychrofil, dan thermofil. Namun, mayoritas jamur di dalam ruangan berjenis jamur mesofil. Jamur mesofil dapat tumbuh optimal pada suhu yang berkisar 10-40 °C dimana hasil pengukuran suhu yang dilakukan juga berada pada rentang tersebut.

Jika dibandingkan dengan beberapa standar yang ada, suhu udara ruang tahanan yang terukur pada saat sampling dilakukan telah melewati standar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 5.11.

Tabel 5. 11 Standar suhu udara

| Parameter       | Hasil Pengukuran  | Batasan                   | Referensi                                   | Keterangan |
|-----------------|---|---------------------------|---|------------|
| Suhu udara (°C) | Jamur :<br>• 31,1(kosong)<br>• 31 (isi)<br><br>Bakteri :<br>• 31,2 (kosong)<br>• 31 (isi) | 22,5-25,5                 | Guideline for Good Indoor Air Quality, 1996 | Melebihi   |
|                 |   | 20-25,5 (excellent class) | EMSD, 1998                                  | Melebihi   |
|                 |   | < 25,5 (good class)       | EMSD, 1998                                  | Melebihi   |
|                 |   | 18-28                     | Kepmenkes No. 1405 Tahun 2002               | Melebihi   |
|                 |   | 23-28                     | Pergub DKI Jakarta No. 54 Tahun 2008        | Melebihi   |

Sama seperti halnya dengan kelembaban udara, dari hasil pengukuran jumlah total koloni bakteri dan jamur serta rata-rata suhu udara dapat dicari sebuah hubungan atau korelasi antar keduanya. Cara uji yang digunakan juga sama persis dengan uji korelasi kelembaban udara dengan total koloni jamur/bakteri sebelumnya yaitu menggunakan Uji Korelasi Spearman. Begitu

pula dengan tingkat signifikansi dan  $\Gamma_s$  tabel yang digunakan yaitu  $\alpha=0,05$  maka  $\Gamma_s$  tabel sebesar 0,643.

Dari hasil pengujian korelasi antara total koloni baik jamur maupun bakteri dengan suhu udara rata-rata, maka didapatkan nilai  $\Gamma_s$  hitung sebagai berikut :

Tabel 5. 12 Hasil Uji Korelasi Spearman antara total koloni jamur/bakteri dengan suhu udara

| No. | Korelasi                              | $\Gamma_s$ | Ket                           |
|-----|---------------------------------------|------------|-------------------------------|
| 1   | Suhu dan jamur dalam keadaan kosong   | 0,789      | Terdapat korelasi yang tinggi |
| 2   | Suhu dan jamur dalam keadaan isi      | 0,906      | Terdapat korelasi yang tinggi |
| 3   | Suhu dan bakteri dalam keadaan kosong | 0,88       | Terdapat korelasi yang tinggi |
| 4   | Suhu dan bakteri dalam keadaan isi    | 0,912      | Terdapat korelasi yang tinggi |

(Lampiran 4)

Terlihat pada tabel 5.12 semua nilai  $\Gamma_s$  hitung antara total koloni jamur/bakteri dengan suhu udara lebih besar dibandingkan dengan  $\Gamma_s$  tabel. Sehingga, sama seperti kelembaban udara, suhu udara pun memiliki tingkat korelasi yang tinggi dengan total koloni jamur atau bakteri baik pada ruangan dalam keadaan isi ataupun kosong.

#### 5.1.5.4 Kepadatan Penghuni (Densitas)

Kepadatan dan perilaku penghuni juga dapat mempengaruhi jumlah mikroorganisme yang terdapat di dalam ruangan tersebut. Pada penelitian yang dilakukan Patuszka *et.al* (1999) dikatakan bahwa penghuni ruangan merupakan sumber yang sangat mempengaruhi bakteri khususnya “*airborne bacteria*” di dalam ruangan. Seperti yang telah diketahui, Rutan Salemba memiliki kepadatan penghuni yang melebihi kapasitasnya bahkan sampai 4 kali lipat melebihi kapasitas yang seharusnya. Maka sudah barang tentu hal tersebut berpengaruh terhadap kualitas udara mikrobiologis ruang tahanan di dalam rutan tersebut. Data kepadatan penghuni Rutan Salemba dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 5. 13 Jumlah tahanan di Rumah Tahanan Negara Salemba menurut status tahanan tahun 2008

| Bulan     | Kapasitas (jiwa) | Jenis Tahanan (Jiwa) |      |       |      |      | Jumlah |
|-----------|------------------|----------------------|------|-------|------|------|--------|
|           |                  | A.I                  | A.II | A.III | A.IV | A.V  |        |
| Januari   | 850              | 4                    | 1441 | 1026  | 92   | 35   | 2598   |
| Februari  | 850              | 4                    | 1501 | 990   | 93   | 1099 | 3687   |
| Maret     | 850              | 5                    | 1554 | 931   | 81   | 901  | 3472   |
| April     | 850              | 1                    | 1711 | 662   | 65   | 54   | 2493   |
| Mei       | 850              | -                    | 1519 | 537   | 49   | 54   | 2159   |
| Juni      | 850              | -                    | 462  | 658   | 60   | 48   | 1228   |
| Juli      | 850              | -                    | 660  | 387   | 59   | 32   | 1138   |
| Agustus   | 850              | -                    | 983  | 271   | 60   | 29   | 1343   |
| September | 850              | -                    | 1356 | 185   | 44   | 32   | 1617   |
| Oktober   | 850              | 1                    | 1201 | 555   | 43   | 37   | 1837   |
| November  | 850              | 1                    | 1206 | 833   | 37   | 38   | 2115   |
| Desember  | 850              | -                    | 1405 | 688   | 46   | 35   | 2174   |
| 2007      | 850              | 14                   | 1977 | 512   | 83   | 31   | 2623   |
| 2006      | 850              | 5                    | 1059 | 1364  | 84   | 27   | 2539   |
| 2005      | 850              | 3                    | 2071 | 1282  | 59   | 25   | 3440   |

(Kanwil Dep. Hukum dan HAM Provinsi DKI Jakarta, 2010)

Catatan :

- A.I = Tahanan Penyidik (Kepolisian)
- A.II = Tahanan Penuntut Umum (Kejaksaan)
- A.III = Tahanan Hakim (Pengadilan Negeri)
- A.IV = Tahanan Hakim (Pengadilan Tinggi)
- A.V = Tahanan Hakim (Mahkamah Agung)

Kepadatan penghuni yang tinggi tersebut dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya penyebaran mikroorganisme terutama bakteri antar penghuni. Seperti yang disebutkan dalam penelitian Gold D.R. (1992), berbagai macam bakteri termasuk *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Mycoplasma* spp., *Neissen'a meningitidis*, dan *Haemophilus* spp. merupakan bakteri yang dapat menetap di saluran pernapasan atas manusia dan bakteri ini dapat berpindah atau ditransmisikan dalam bentuk bioaerosol dan dapat menyebabkan penyakit. Selain itu, pada buku *Introduction to Aerobiology* karangan L.D. Stetzenbach (1997) disebutkan bahwa fragmen kulit penghuni ruangan dapat mengandung bakteri aerobik sebesar  $10^2$  sampai  $10^3$  CFU/m<sup>3</sup>.

Ruang yang dijadikan sampel merupakan dua ruangan yang terdapat pada blok 3 dimana seharusnya ruangan-ruangan tersebut dihuni oleh 3 orang tahanan.

Namun, keadaan di lapangan tidak demikian. Hampir semua ruangan ditempati oleh penghuni yang melebihi kapasitasnya. Masing-masing ruangan tempat sampling dilaksanakan ditempati oleh 5 orang tahanan. Menurut *Standard Minimum Rules for the Treatment of Prisoners* disebutkan bahwa ketentuan ruang gerak per orang tahanan yaitu minimal 5,4 m<sup>2</sup>. Pada kenyataannya ruang gerak tahanan pada kedua ruang tersebut masih dibawah standar. Masing-masing ruangan memiliki luas sebesar 15,96 m<sup>2</sup>, jika dihuni oleh 5 orang tahanan maka ruang gerak per orang tahanan hanya 3,192 m<sup>2</sup>. Ruang gerak tersebut meliputi kegiatan mulai dari tidur, bangun dan beraktivitas di dalam ruang tahanan. Ruang gerak yang diperuntukkan untuk seorang tahanan memang terbatas karena ada sebagian haknya yang dirampas dan tidak sebebas seperti sebelum dia masuk penjara. Namun yang perlu diperhatikan ialah dengan ruang gerak yang sempit dan kepadatan yang tinggi sangat mendukung untuk terjadinya pencemaran mikrobiologis di ruang tersebut.

Jika dibandingkan dengan ruangan-ruangan lain, jumlah penghuni pada kedua ruangan yang dijadikan sampel tersebut tergolong sedikit walaupun tetap melebihi kapasitas dari ruangan tersebut. Namun, dari hasil pengukuran, dua ruangan tersebut yang kondisinya lebih layak dari ruangan-ruangan lain saja menunjukkan angka total koloni jamur dan bakteri yang melebihi baku mutu. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa ruang-ruang tahanan lainnya yang memiliki kepadatan penghuni lebih tinggi serta dengan kondisi yang lebih tidak layak juga dapat mengalami pencemaran mikrobiologis. Bahkan pencemaran mikrobiologis tersebut dapat lebih buruk dibandingkan dua ruangan yang dijadikan sampel.

#### **5.1.5.5 Material dan Furnitur Bangunan**

Pada buku *Introduction to Aerobiology* karangan L.D. Stetzenbach (1997) disebutkan bahwa di dalam ruangan terdapat berbagai sumber mikroorganisme yang berasal dari material gedung seperti *wallboard*, *wallpaper* dan material atap yang semuanya itu mungkin untuk ditumbuhi mikroorganisme. *Cellulose* atau *lignin based material*, ketika lembab merupakan tempat yang ideal untuk perkembangan bakteri dan terutama jamur saprophyt (Pudjiastuti, 1998). Pada kedua ruangan yang dijadikan sampel, terdapat beberapa furnitur dan

material yang terbuat dari kayu. Hal tersebut memungkinkan pertumbuhan mikroorganisme di dalam ruangan tersebut bertambah. Terlebih lagi pada ruangan tersebut tersedia kelembaban dan suhu udara yang menunjang untuk pertumbuhan mikroorganisme.

Untuk lebih jelasnya, data konsentrasi mikroorganisme pada material dan furniture bangunan dapat dilihat pada tabel berikut :



Tabel 5. 14 Sumber, lokasi dan konsentrasi mikroorganisme di berbagai lingkungan

| Fasilitas/Aktivitas   | Mikroorganisme/Agen  | Konsentrasi  |
|---|--|--|
| <b>Sistem Penanganan Udara</b>                                  |  |  |
| Sistem pendingin atau pemanas (HVAC)                            | <i>Bacillus</i> spp.<br>Heterotrophs<br>Pseudomonads<br><i>Staphylococcus</i> spp.   | $10^1$ CFU/m <sup>3</sup><br>$10^2$ to $10^3$ CFU/m <sup>3</sup><br>$10^2$ CFU/m <sup>3</sup><br>$10^1$ to $10^2$ CFU/m <sup>3</sup> |
|   | <i>Thermoactinomyces vulgaris</i>  | $10^3$ CFU/m <sup>3</sup><br>$10^2$ CFU/m <sup>3</sup>   |
| Menara pendingin, Sistem penyemprot air                         | <i>Legionella</i> spp.   | Tidak dilaporkan   |
|   | <i>Aerobasidium pullulans</i><br><i>Microplasma faeni</i>  | Tidak dilaporkan<br>Tidak dilaporkan   |
| Alat pelembab udara (Humidifiers)                               | <i>L. pneumophila</i><br><i>Pseudomonas</i> spp.   | $10^2$ to $10^4$ CFU/mL<br>$10^2$ to $10^4$ CFU/hr   |
|   | <i>T. vulgaris</i>   | Tidak dilaporkan   |
| <b>Material Gedung</b>  |  |  |
| Plafon/langit-langit, insulasi, permukaan yang dicat, wallpaper | <i>Aspergillus</i> spp.<br><i>Cladosporium</i> spp.<br><i>Penicillium</i> spp.<br><i>Stachybotrys atra</i>   | $10^2$ CFU/m <sup>3</sup><br>$10^2$ CFU/m <sup>3</sup><br>$10^2$ CFU/m <sup>3</sup><br>Tidak dilaporkan                              |
|   | Bakteri yang tidak spesifik  | $10^4$ CFU/m <sup>3</sup>  |
|   | Unspecified fungi<br><i>Alternaria</i> spp.<br><i>Stachybotrys atra</i>  | $10^2$ CFU/m <sup>3</sup><br>$10^2$ CFU/m <sup>3</sup><br>Tidak dilaporkan   |
|   | Tanah taman  | Legionellae<br>$10^3$ to $10^4$ CFU/g  |
| Pemanas air (heater), sistem pemanas air                        | <i>Legionella</i> sp.<br><i>L. pneumophila</i>   | $10^0$ to $10^1$ CFU/m <sup>3</sup><br>Tidak dilaporkan  |
|   | Jamur yang tidak spesifik<br><i>Alternaria</i> spp.<br><i>Cladosporium</i> spp.<br><i>Penicillium</i> spp.<br><i>Rhodotorula</i> spp.<br>Unspecified yeast | $10^3$ to $10^6$ CFU/g<br>$10^3$ to $10^4$ CFU/g<br>$10^3$ to $10^4$ CFU/g<br>$10^3$ to $10^4$ CFU/g<br>$10^3$ CFU/g<br>$10^5$ CFU/g |
| <b>Industri</b>   |  |  |
| Selulosa, pabrik kepingan kayu, penggergajian                   | Jamur yang tidak spesifik<br><i>Aspergillus fumigatus</i><br><i>Penicillium</i> spp.   | $10^4$ to $10^8$ CFU/m <sup>3</sup><br>$10^2$ to $10^5$ CFU/m <sup>3</sup><br>$10^1$ to $10^5$ CFU/m <sup>3</sup>                    |

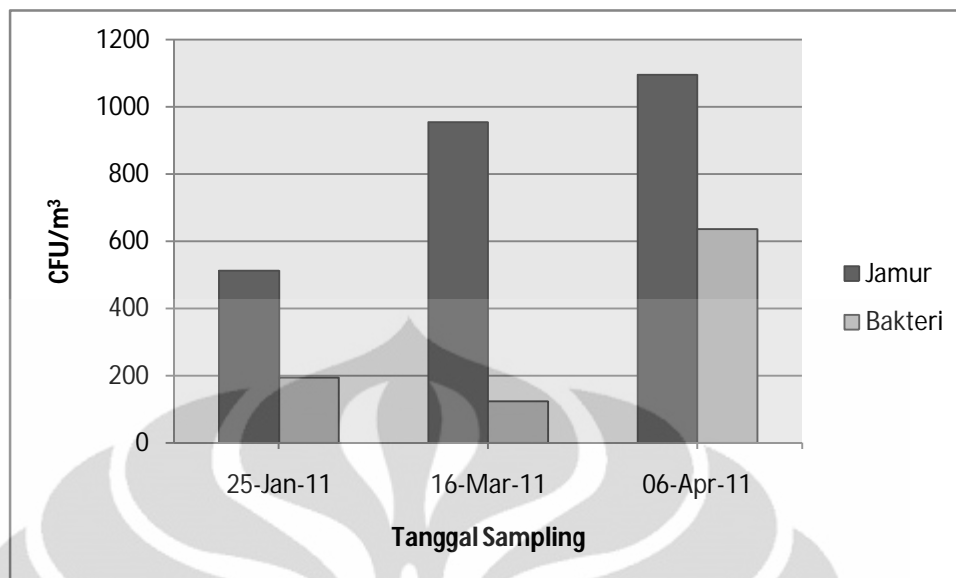
(Telah diolah kembali dari Stetzenbach, 1997)

#### **5.1.5.6 Perawatan dan Kebersihan Ruangan**

Jumlah koloni mikroorganisme di udara tergantung pada aktifitas dalam ruangan serta banyaknya debu dan kotoran lain. Ruangan yang kotor akan berisi udara yang banyak mengandung mikroorganisme dari pada ruangan yang bersih. Hal ini juga didukung oleh penelitian yang dilakukan Owen *et.al* (1992) dan Nevalainen *et.al* (1996) yang mengatakan bahwa partikulat-partikulat (debu) yang terdapat di dalam ruangan dapat dimuati oleh bakteri dan bioaerosol lainnya dan dapat terdistribusi atau menyebar melalui perantara debu tersebut. Berdasarkan hasil wawancara dengan penghuni ruang tahanan, setiap hari pada ruangan tersebut setidaknya dilakukan satu kali kegiatan pembersihan seperti menyapu dan mengepel.

#### **5.2 Hasil Pengukuran Total Koloni Jamur dan Bakteri Di Luar Ruangan (*Outdoor*)**

Kualitas udara mikrobiologis di luar ruangan diukur untuk dijadikan kontrol terhadap udara di dalam ruang. Selain itu, juga dapat dijadikan bahan analisa apakah udara di luar ruangan tersebut mempengaruhi udara di dalam ruangan. Untuk parameter yang diukur sama halnya dengan di dalam ruangan yaitu meliputi jumlah bakteri dan jamur serta pengukuran suhu dan kelembaban udara. Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, pengukuran di luar ruangan ini hanya sebagai kontrol kualitas udara mikrobiologis, sehingga tidak perlu dilakukan pada setiap kegiatan pengukuran di dalam ruangan dilakukan dan hanya dilakukan sebanyak tiga kali sampling saja.



Gambar 5. 9 Hasil pengukuran bakteri dan jamur *outdoor*  
(Tabel 5.2, 2011)

Pada pengukuran suhu dan kelembaban udara, tercatat suhu dan kelembaban udara rata-rata, maksimum dan minimum pada saat kegiatan sampling di luar ruangan dilakukan. Data hasil pengukuran suhu dan kelembaban udara tersebut tersaji pada tabel di bawah ini :

Tabel 5. 15 Hasil pengukuran suhu dan kelembaban udara outdoor

| Parameter      | Rata-rata | Maksimum | Minimum |
|----------------|-----------|----------|---------|
| Suhu (°C)      | 37        | 43,4     | 31,9    |
| Kelembaban (%) | 50,3      | 68       | 34      |

### 5.3 Perbandingan Total Koloni Jamur dan Bakteri Antara *Indoor* dan *Outdoor*

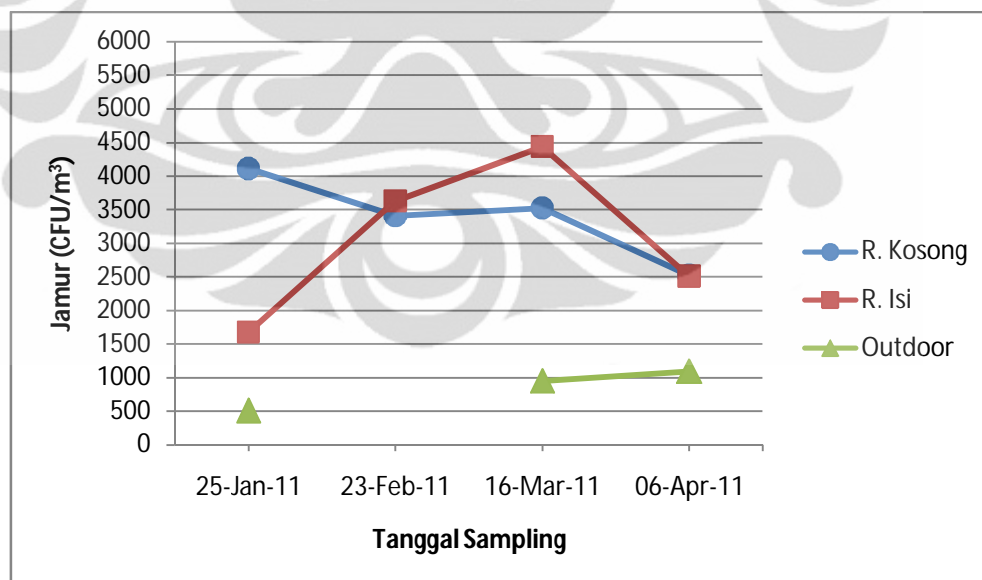
Udara di luar ruangan dapat mempengaruhi jumlah bakteri dan jamur yang ada di dalam ruangan. Hal tersebut dapat terjadi karena baik bakteri maupun jamur dapat berpindah dari outdoor ke indoor. Bentuk jamur yang dapat berpindah tersebut dapat berupa spora, *mycelia fragments*, sel dll. Sedangkan untuk bakteri dapat berupa sel. Dalam buku *Indoor Air Quality Handbook* disebutkan bahwa sebagian besar jamur di luar ruangan bersifat pathogen bagi tumbuhan dan juga menyebabkan penyakit bagi manusia. Sedangkan sebagian lagi berperan untuk mengurai materi organik yang telah mati atau membusuk seperti kayu, dan dan



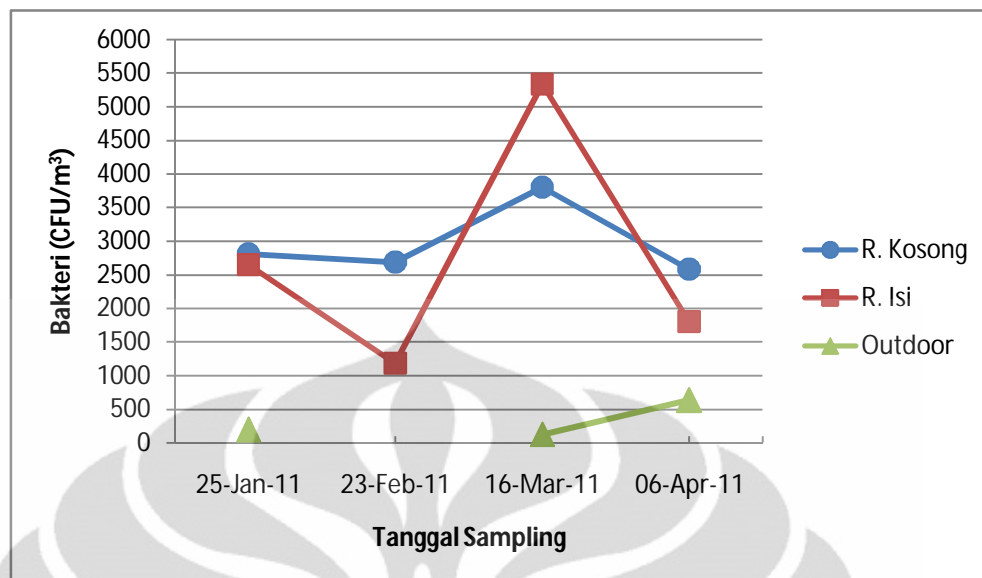
material sintetis yang terbuat dari senyawa organik (kertas, plastik, kayu dll). Keberadaan jamur di luar ruangan sangat banyak dan spora merupakan bentuk jamur yang paling banyak dan selalu terdapat di luar ruangan. Meskipun demikian, keberadaan jamur di luar ruangan sangat dipengaruhi oleh musim dan cuaca. Contohnya hujan yang dapat melarutkan spora kering yang ada pada udara dan menyebabkan konsentrasi jamur menurun pada saat hujan.

Jamur dan bakteri dapat masuk ke dalam ruang melalui lubang-lubang ventilasi, pintu, jendela dll. Selain itu, jamur juga dapat masuk ke dalam ruang melalui permukaan sepatu dan pakaian atau tumbuhan dan makanan. Pada saat mikroorganisme tersebut masuk ke dalam ruangan (khususnya jamur), udara yang ada di dalam ruangan tersebut akan mendispersikan bentuk-bentuk dari jamur tersebut sampai menetap dan terakumulasi sebagai unsur organik dalam debu (bioaerosol).

Dari hasil pengukuran jamur dan bakteri baik indoor maupun outdoor, maka dapat dibuat grafik perbandingan antara keduanya. Berikut adalah grafik perbandingannya :



Gambar 5. 10 Perbandingan jumlah total koloni jamur *indoor* dan *outdoor* (Tabel 5.1 dan 5.2, 2011)



Gambar 5. 11 Perbandingan jumlah total koloni bakteri *indoor* dan *outdoor*

(Tabel 5.1 dan 5.2, 2011)

Jika membandingkan hasil pengukuran total koloni jamur dan bakteri di dalam ruangan dan di luar ruangan tentunya akan menghasilkan angka yang berbeda. Dari kedua grafik di atas terlihat bahwa total koloni jamur dan bakteri yang terukur di luar ruangan menunjukkan angka yang lebih rendah dibandingkan dengan di dalam ruangan. Hal tersebut dikarenakan pada udara terbuka jamur dan bakteri lebih terdispersi dan tidak terkonsentrasi seperti di dalam ruangan. Serta menurut Spengler (2000), penetrasi bioaerosol dari luar ke dalam ruangan bergantung pada ada tidaknya jalur (*pathways*) yang memungkinkan. Hal tersebut sangat terkait dengan kondisi ruang tahanan yang serba tertutup sehingga membuat kecil kemungkinan adanya jalur untuk jamur dan bakteri dari luar ruangan masuk ke dalam ruangan dan mempengaruhi jumlah jamur dan bakteri di dalam ruangan tersebut.

Selain jalur masuk bioaerosol, faktor lain yang berhubungan dan perlu dipertimbangkan yaitu *indoor/outdoor ratio*. Rasio ini sangat bergantung pada konsentrasi yang diukur. Rasio yang sangat kecil cenderung terjadi ketika konsentrasi bioaerosol di luar ruangan menunjukkan angka yang cukup tinggi. Sebaliknya, rasio yang tinggi ( $>1$ ) terjadi jika konsentrasi bioaerosol di luar ruangan rendah dan mengindikasikan terjadinya pertumbuhan dan pencemaran mikrobiologis yang disebabkan oleh kondisi dalam ruangan itu sendiri.

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan maka dapat dicari *indoor/outdoor ratio*. Pada penelitian ini terdapat *indoor/outdoor ratio* pada saat keadaan kosong untuk jamur sebesar 3,97 dan untuk bakteri sebesar 9,33. Sedangkan pada keadaan isi *indoor/outdoor ratio* untuk jamur sebesar 3,59 dan bakteri sebesar 9,33. Hasil perhitungan *indoor/outdoor ratio* ini sesuai dengan penjelasan sebelumnya. Hal ini mengindikasikan bahwa pencemaran udara mikrobiologis yang terjadi pada kedua ruangan tersebut disebabkan oleh pertumbuhan mikroorganisme di dalam ruangan itu sendiri. Hal ini juga diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Isenberg *et.al* (1991) yang menyatakan bahwa tingginya *indoor/outdoor ratio* bakteri merupakan sebuah indikasi dari meningkatnya laju kepadatan penghuni, ventilasi yang buruk atau pemeliharaan gedung yang tidak baik. Kemungkinan pengaruh atau kontaminasi dari udara luar sangat kecil mengingat sedikitnya jalur masuk mikroorganisme dari luar ruangan ke dalam ruang tahanan tersebut.

#### **5.4 Pengaruh Pencemaran Udara Mikrobiologis Terhadap Kesehatan**

Kuesioner dibutuhkan untuk mengumpulkan data-data yang dapat menunjukkan apakah ada hubungan antara kehadiran mikroorganisme yang telah melewati baku mutu dengan gejala-gejala (symptom) penyakit yang dapat ditimbulkannya. Hubungan tersebut perlu untuk dikaji karena menurut ACGIH (1989), Dales *et.al* (1991) dan Husman *et.al* (1993) bakteri dan jamur penyebab penyakit yang terdapat di udara dapat menyebabkan berbagai penyakit infeksi, alergi dan efek racun. Investigasi epidemiologi yang dilakukan menunjukkan bahwa Sick Building Syndrome (SBS) dan penyakit hipersensitivitas (contohnya *humidifier fever* dan asma) merupakan efek-efek yang sering terjadi terkait dengan paparan konsentrasi mikroorganisme udara yang cukup besar.

Responden dari kuesioner yang diberikan yaitu penghuni kedua ruangan yang berjumlah 10 responden. Kuesioner berisi pertanyaan-pertanyaan yang terbagi atas data umum responden, data khusus responden dan data awal gejala penyakit. Pada bagian data umum, responden menuliskan beberapa data umum seperti nama, umur dll. Sedangkan pada pertanyaan data khusus dan data awal penyakit berupa daftar pertanyaan tertutup dengan jawaban ya atau tidak. Data

khusus meliputi data-data kebiasaan merokok penghuni ruang tahanan, jenis penyakit yang diderita dan hubungan dengan sesama penghuni. Data gejala awal penyakit meliputi pertanyaan-pertanyaan apakah penghuni ruang tahanan mengalami gejala-gejala awal yang mungkin timbul akibat pencemaran mikrobiologis seperti gangguan pada mata, pernafasan, kulit, dll. Untuk lebih jelasnya, kuesioner dapat dilihat pada lampiran 3.

#### 5.4.1 Uji Statistik Hubungan Pencemaran Mikrobiologis dengan Gejala Awal Penyakit

Data hasil kuesioner diolah dengan menggunakan analisis bivariat dengan menggunakan Uji Fisher untuk mengetahui apakah ada hubungan antara pencemaran mikrobiologis dengan gejala awal penyakit. Uji Fisher digunakan karena merupakan metode uji yang paling tepat untuk sampel yang kecil ( $<20$ ) dan memang merupakan uji asosiasi untuk menentukan hubungan antar variabel.

Tabel 5. 16 Uji Fisher hubungan antara pencemaran mikrobiologis dengan gejala awal penyakit

| Gejala<br>Pencemaran | Iya       | Tidak | Jumlah |
|----------------------|-----------|-------|--------|
| R <sub>1</sub>       | 2         | 3     | 5      |
| R <sub>2</sub>       | 1         | 4     | 5      |
| Jumlah               | 3         | 7     | 10     |
| Hasil Uji Fisher     | p = 0,417 |       |        |

Pada tabel di atas, dapat dilihat nilai hasil analisis bivariat antara terjadinya pencemaran mikrobiologis dan gejala awal penyakit dengan menggunakan Uji Fisher ( $\alpha = 0,05$ ) adalah  $p = 0,417$ . Nilai  $p$  dari hasil uji menunjukkan angka yang lebih besar dari  $\alpha$ , maka  $H_0$  diterima dan dapat disimpulkan bahwa tidak ada hubungan antara terjadinya pencemaran udara mikrobiologis di kedua ruang tahanan dengan timbulnya gejala awal penyakit.

Dari hasil pengujian tersebut, dapat dikatakan bahwa walaupun telah terjadi pencemaran mikrobiologis pada kedua ruang tahanan yang ditandai dengan

jumlah total koloni jamur dan bakteri yang telah jauh berada di atas baku mutu, tetapi hal tersebut tidak mempengaruhi terjadinya gejala awal penyakit. Hal tersebut dikarenakan pada penelitian ini tidak melakukan identifikasi bakteri dan jamur lebih lanjut untuk mengetahui apakah mikroorganisme-mikroorganisme tersebut pathogen atau tidak. Selain itu, hubungan dosis-paparan untuk bioaerosol di dalam ruangan sebagian besar tidak diketahui. Sehingga diperlukan studi lanjutan yang lebih terintegrasi untuk dapat mendiagnosa gejala-gejala penyakit, mengetahui batasan paparan untuk penghuni gedung khususnya penghuni ruang tahanan dan menentukan kualitas udara yang baik.

Menurut Pudjiastuti *et.al* (1998) dalam buku Kualitas Udara dalam Ruang, dampak kesehatan dari bioerosol pada dasarnya berbeda-beda tergantung dari mikroorganisme yang ada di dalam bioaerosol tersebut. Selain itu, kebanyakan bioaerosol adalah non pathogen dan hanya dirasakan oleh orang-orang yang sensitif. Sehingga dampak dari bioaerosol sangat dipengaruhi oleh kondisi seseorang (seperti riwayat penyakit, usia dan sensitifitas) dan tidak semua orang dapat langsung merasakan dampak dari kehadiran bioaerosol.

## **BAB 6**

### **PENUTUP**

#### **6.1 Kesimpulan**

Dari penelitian “Kualitas Udara Mikrobiologis Di Fasilitas Penjara Dan Resiko yang Ditimbulkan (Studi Kasus : Rutan Salemba)” yang telah dilakukan ini dapat disimpulkan beberapa hal yaitu :

- a. Kualitas udara mikrobiologis ruang tahanan Rutan Salemba
  - Jumlah rata-rata total koloni jamur pada ruang tahanan saat keadaan kosong sebesar 3392 CFU/m<sup>3</sup> dan saat keadaan isi sebesar 3063 CFU/m<sup>3</sup>.
  - Jumlah rata-rata total koloni bakteri pada ruang tahanan saat keadaan kosong sebesar 2968 CFU/m<sup>3</sup> dan saat keadaan isi sebesar 2966 CFU/m<sup>3</sup>.
  - Jumlah total koloni jamur dan bakteri baik pada saat kosong maupun isi telah melebihi baku mutu atau standar yang ada. Sehingga dapat disimpulkan telah terjadi pencemaran udara mikrobiologis di dalam ruang tahanan Rutan Salemba, Jakarta Pusat.
- b. Terdapat beberapa faktor yang berpengaruh terhadap terjadinya pencemaran mikrobiologis di ruang tahanan Rutan Salemba, diantaranya meliputi :
  - Kelembaban udara yang tercatat pada R<sub>1</sub> berkisar antara 51-74 % dan R<sub>2</sub> berkisar antara 62-75 %.
  - Suhu udara yang tercatat pada R<sub>1</sub> berkisar antara 29,2-35 °C sedangkan R<sub>2</sub> berkisar antara 29,7-32,3 °C.
  - Kurangnya bukaan ventilasi dan tinggi atap minimum serta suplai udara bersih pada ruang tahanan mempengaruhi terjadinya pencemaran udara mikrobiologis dan kualitas udara yang buruk.
  - Kepadatan yang tinggi, perilaku penghuni dan ruang gerak yang tidak memadai pada ruang tahanan mempengaruhi terjadinya pencemaran udara mikrobiologis dan kualitas udara yang buruk.

- c. Hubungan pencemaran udara mikrobiologis dengan kesehatan
- Melalui uji statistik (Uji Fisher) yang telah dilakukan menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara gejala awal penyakit (kesehatan) dengan pencemaran mikrobiologis yang terjadi di kedua ruang tersebut.
- d. Hubungan antara kualitas udara mikrobiologis di dalam ruang tahanan (*indoor*) dan di luar tahanan (*outdoor*)
- *Indoor/outdoor ratio* pada saat keadaan kosong untuk jamur sebesar 3,97 dan untuk bakteri sebesar 9,33. Sedangkan pada keadaan isi *indoor/outdoor ratio* untuk jamur sebesar 3,59 dan bakteri sebesar 9,33. *Indoor/outdoor ratio* yang tinggi tersebut ( $>1$ ) mengindikasikan terjadinya pertumbuhan dan pencemaran mikrobiologis yang disebabkan oleh kondisi dalam ruangan itu sendiri.

## 6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan yaitu berupa rekomendasi agar kualitas udara mikrobiologis di fasilitas penjara atau ruang tahanan ini dapat lebih baik.

Pencemaran udara secara mikrobiologis yang terjadi di penjara dapat menyebabkan kualitas udara di dalam ruangan tersebut menurun. Walaupun pada pengujian sebelumnya tidak terbukti adanya hubungan antara pencemaran udara secara mikrobiologis dengan terjadinya gejala awal penyakit, tetapi jika kualitas udara yang buruk di ruang tahanan tersebut terus dibiarkan terakumulasi dan tidak ditangani secara serius maka bukan tidak mungkin dapat meningkatkan terjadinya berbagai resiko penyakit mulai dari yang ringan seperti pusing, SBS sampai penyakit berat seperti TBC.

Pada kenyataannya, lingkungan yang benar-benar bebas pencemar khususnya pencemar mikrobiologis memang sulit untuk dicapai. Meskipun demikian, pencapaian kualitas udara dalam ruang secara optimum harus diusahakan. Usaha ini dapat dilakukan melalui pendekatan yang terintegrasi untuk memisahkan dan mengendalikan pencemar. Untuk itu, diperlukan langkah-langkah pencegahan dan penanggulangan yang dapat diterapkan untuk memperbaiki kualitas udara di dalam ruangan tahanan tersebut dalam hal ini khususnya yang disebabkan faktor mikrobiologis. Kontrol terhadap kualitas udara

dalam ruang melibatkan tiga strategi utama yang terintegrasi yaitu (Pudjiastuti *et.al*, 1998) :

- Pertama, mengatasi sumber polutan baik dengan mengeluarkannya dari dalam gedung atau memisahkannya dari pekerja dengan penghalang fisik, mengatur tekanan udara, atau dengan mengontrol lamanya penggunaan
- Kedua, melarutkan polutan dan membuangnya dari dalam gedung melalui ventilasi
- Ketiga, menggunakan filter untuk membersihkan udara dari polutan

Strategi pengendalian yang dilakukan untuk menurunkan konsentrasi pencemar udara dalam ruang bergantung pada sumber pencemar. Pemasangan sistem ventilasi hanya efektif apabila sumber pencemar berasal dari dalam ruang. Hal ini sesuai dengan pencemaran mikrobiologis yang terjadi di dalam ruang tahanan Rutan Salemba, dimana sebagian besar sumber pencemarnya berasal dari ruangan itu sendiri. Pemasangan ventilasi dapat menolong menurunkan konsentrasi pencemar dalam ruang karena adanya sirkulasi dari pengenceran oleh udara luar.

Berdasarkan buku Kualitas Udara dalam Ruang karangan Pudjiastuti *et.al* (1998), terdapat beberapa strategi pengendalian konsentrasi pencemar mikrobiologis melalui sistem ventilasi yaitu :

a. Penyaringan (filtrasi)

Penyaringan terutama dipakai untuk memisahkan partikel dari udara. Umumnya bila pemasukkan udara dalam ruang menggunakan sistem ventilasi mekanik, harus dilengkapi dengan media penyaring untuk mencegah masuknya debu (yang mungkin terkontaminasi mikroorganisme) ke dalam ruangan.

b. Pengaturan letak pemasukan udara

Letak pemasukan udara sedapat mungkin dijauhkan dari sumber pencemar.

c. Pengaturan waktu pemasukkan udara segar

Pada waktu-waktu tertentu, misalnya pada pagi hari, pemasukkan udara diupayakan sebanyak-banyaknya agar terjadi pertukaran udara antara udara yang berada di dalam dengan luar.



Dari ketiga strategi pengendalian konsentrasi pencemar mikrobiologis melalui sistem ventilasi di atas, pengaturan waktu pemasukan udara segar dan penyaringan (filtrasi) dapat diterapkan pada ruang tahanan. Namun, yang paling efektif yaitu jika melakukan pengaturan waktu pemasukan udara segar, karena udara segar yang masuk ke dalam ruang tahanan sangat terbatas dan pencemaran udara mikrobiologis yang terjadi disebabkan oleh kondisi dari ruang tahanan itu sendiri. Sehingga, pemasukkan udara segar ke dalam ruang tahanan sangat diperlukan agar terjadi sirkulasi udara di dalam ruangan dapat berjalan dengan baik dan melarutkan atau menghilangkan pencemar mikrobiologis yang ada.

Sedangkan menurut EPA (2001) solusi yang perlu diperhatikan agar jamur tidak tumbuh antara lain :

- Pengontrolan akan kadar air dan kelembaban. Atap, dinding dan sistem perpipaan perlu diperiksa secara berkala untuk menghindari adanya kebocoran dan harus dalam keadaan kering.
- Material yang terkontaminasi harus segera dibersihkan atau dibuang.
- Pemeriksaan dan perawatan berkala untuk sistem ventilasi udara.
- Upayakan agar pondasi bangunan tidak basah, agar air tidak meresap naik ke dinding.
- Bersihkan dan keringkan lokasi yang basah dalam waktu 48 jam.
- Atur kelembaban nisbi ruangan.

Terkait dengan beberapa solusi di atas, terdapat beberapa hal yang mungkin dapat direkomendasikan kepada pihak Rutan Salemba untuk menangani masalah pencemaran udara mikrobiologis. Hal tersebut salah satunya yaitu dengan memperhatikan penggunaan beberapa material ruangan yang dapat memicu terjadi pertumbuhan jamur. Serta, terkait dengan renovasi ruang tahanan yang telah dibahas pada bab 5, maka akan mengurangi volume udara di dalam ruangan yang dapat menaikkan konsentrasi pencemar mikrobiologis di dalam ruang tahanan tersebut. Untuk itu, seiring dengan dilakukannya renovasi, direkomendasikan pula untuk membuat lubang ventilasi atau penyediaan ventilasi mekanik agar sirkulasi udara di dalam ruang tahanan dapat berjalan dengan baik dan mengurangi pencemar mikrobiologis yang ada.

Selain itu, jika jumlah koloni jamur dan bakteri telah melewati baku mutu yang ada, maka diperlukan penelitian lanjutan tentang jenis mikroorganisme patogen yang ada di ruangan agar gangguan kesehatan yang mungkin ditimbulkan dapat diantisipasi dan dicegah. Sedangkan dari sisi penghuni ruang tahanan tersebut yaitu tahanan itu sendiri, perlu diberikan pemahaman akan pentingnya kualitas udara yang baik, karena hal tersebut sangat berpengaruh terhadap kesehatan mereka.



## DAFTAR PUSTAKA

American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). (2002). *Indoor Air Quality—A guide to Understanding ASHRAE Standards 62-2001*. Diakses pada 31 Desember 2011 pukul 16:26.

<http://www.trane.com/commercial/Uploads/PDF/520/ISS-APG001-EN.pdf>

Deguchi, N. & Yoshizawa, S. (1996). *Study on the pollution by common fungi in houses*. In: Proceedings of the 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate. Institute of Public Health, Nagoya, Japan. Hal. 149-154.

EPA (Desember, 1991). *Building Air Quality : A Guide for Building Owners and Facility Managers*. Diakses 6 Desember 2010 pukul 16:32.

[http://www.epa.gov/iaq/largebltdgs/i-beam/text/fundamentals\\_of\\_iaq.html](http://www.epa.gov/iaq/largebltdgs/i-beam/text/fundamentals_of_iaq.html)

EPA (n.d.). *An Introduction to Indoor Air Quality (IAQ) : Biological Pollutants*. Diakses 1 Desember 2010 pukul 14:00.

<http://www.epa.gov/iaq/biologic.html>

EPA (n.d.). *Appendix B - Introduction to Molds*. Diakses 1 Desember 2010 pukul 14:05.

[http://www.epa.gov/mold/append\\_b.html](http://www.epa.gov/mold/append_b.html)

EPA (n.d.). *An Introduction to Indoor Air Quality (IAQ)*. Diakses 1 Desember 2010 pukul 14:15.

<http://www.epa.gov/iaq/ia-intro.html>

Fajar, I *et.al.* (2009). *Statistika Untuk Praktisi Kesehatan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Fitria, Laila., & Arminsih Wulandari, Ririn. (2008). Kualitas Udara Dalam Ruang Perpustakaan Universitas "X" Ditinjau Dari Kualitas Biologi, Fisik, Dan Kimiawi. *Makara Kesehatan* Vol. 12, No. 2 : 77-83.

Godish, Thad. (1991). *Indoor Air Pollution Control*. Michigan : Lewis Ptlblishers, Inc.

Gold, D.R. (1992). Indoor air pollution. *Clinics in Chest Medicine* Vol.13 Hal.215-229.

Indoor Air Quality Testing Specialists - Environmental Diagnostics Laboratory (n.d.). *Bacteria in Indoor Environment*. Diakses 6 Desember 2010 pukul 18:32.

<http://www.iaqsg.com/bacteria-in-indoor-air-environment.html>

Industrial Hygiene Association (AIHA). (2005). *Field Guide for the Determination of Biological Contaminants in Environmental Samples* (3<sup>rd</sup> ed.). Virginia: Author.

Institute of Environmental Epidemiology Ministry of the Environment (1996, Oktober). *Guidelines for Good Indoor Air Quality in Office Premises*. Diakses 22 Desember 2010 pukul 15:33.

<http://www.nea.gov.sg/cms/qed/guidelines.pdf>

Isenberg, H. *et.al.* (1991). Recommendations for the isolation of bacteria from clinical specimens. *Manual of Clinical Microbiology* Hal. 216-221.

Jo, W.K. & Seo, Y.J. (2005). Indoor and outdoor bioaerosol levels at recreation facilities, elementary schools, and homes. *Chemosphere* Vol. 61 Hal. 1570-1579.

J.P., Michael & Chan, E.C.S. (1986). *Dasar-Dasar Mikrobiologi* (Ratna Siri Hadioetomo *et.al.*, Penerjemah.). Jakarta: UI-press.

Keputusan Menteri Kesehatan No. 1405 Tahun 2002. *Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri*.

Kim, K.Y. & Kim, C.N. (2007). Airborne microbiological characteristics in public buildings of Korea. *Building and Environment* Vol. 42 Hal. 2188–2196.

Law, A.K.Y, Chau, C.K., & Chan, G.Y.S. (2001). Characteristics of bioaerosol profile in office buildings in Hong Kong. *Building and Environment* Vol. 36 Hal. 527-541.

Lunau, F. & G.L., Reynolds. (1990). *Indoor Air Quality and Ventilation*. London : Selper Ltd.

Moerdjoko. (2004). Kajian Sistem Ventilasi Bangunan Dengan Keberadaan Mikroorganisme Udara. *Dimensi Teknik Arsitektur* Vol. 32, No. 1 : 89-94.

Nasir, Mohammad. (1988). *Metode Penelitian*. Jakarta : Ghalia Indonesia.

Hyvarinen, A., Reponen, T., Husman, T., Ruuskanen, J., & Nevalainen, A. (1993). Characterizing mold problem buildings-concentrations and flora of viable fungi. *Indoor Air* Vol 3 Hal. 337-343.

New York City Department of Health and Mental Hygiene (November, 2008). *Guidelines on Assessment and Remediation of Fungi in Indoor Environments*. Diakses 24 Desember 2010 pukul 20:04.

<http://www.nyc.gov/html/doh/downloads/pdf/epi/epi-mold-guidelines.pdf>

Office of Air and Radiation (OAR) Indoor Environments Division. (1997, Oktober). *An Office Building Occupant's Guide to Indoor Air Quality*. Diakses 6 Desember 2010 pukul 15:59.

[http://www.epa.gov/iaq/pdfs/occupants\\_guide.pdf](http://www.epa.gov/iaq/pdfs/occupants_guide.pdf)

Ofungwu, J. (2005). Indoor air quality investigation and health risk assessment at correctional institutions. *Integrated Environmental Assessment and Management* .Volume 1 Number 2 Hal. 135–141.

Owen, M.K., Ensor, D.S., & Sparks, L.E. (1992). Airborne particle sizes and sources found in indoor air. *Atmospheric Environment* Vol.26A Hal. 2149-2162.

Pastuszka , J.S., Paw, U.K.T., Lis D.O., Wlazlo, A., & Ulfig, K. (2000). Bacterial and fungal aerosol in indoor environment in Upper Silesia, Poland. *Atmospheric Environment*. Vol. 34 Hal. 3833-3842.

Peraturan Gubernur Daerah Khusus Ibukota Jakarta No. 54 Tahun 2008. *Baku Mutu Kualitas Udara Dalam Ruangan (KUDR)*.

Pudjiastuti, L., Rendra, S., & Ratna Santosa, H. (1998). *Kualitas Udara Dalam Ruang*. Jakarta : Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Rajasekar, A., Balasubramanian, R. (2011). Assessment of Airborne Bacteria and Fungi in Food Courts. *Building and Environment* xxx hal :1-7.

Spengler, J.D. *et.al.* (2000). *Indoor Air Quality Handbook*. New York: Mc Graw-Hill companies, Inc.

Stetzenbach, L.D. (1997). Introduction to aerobiology. In C.J. Hurst, G. KnudsenM, . McInemey.M .V. Walter, and L.D. Stetzenbach, (ed.) *Manual of environmental microbiology*. Washington, D.C.: ASM Press.

Stetzenbach, L.D. (1998, 1 Oktober). Microorganism and indoor quality. *Clinical Microbiology Newsletter* Vol. 20 No. 19.

Sumarsih, S. (2003). *Diktat Kuliah Mikrobiologi Dasar*. Diakses pada 27 Desember 2010 pukul 0:55. Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian UPN “Veteran”.

<http://sumarsih07.files.wordpress.com/2007/12/buku-ajar-mikrobiologi.pdf>

The Government of the Hong Kong, Special Administrative Region Indoor Air Quality Management Group. (2003, September). *A Guide on Indoor Air Quality Certification Scheme for Offices and Public Places*. Diakses 22 Desember 2010 pukul 19:40.

<http://www.iaq.gov.hk/cert/doc/CertGuide-eng.pdf>

*Tripod's WWW sejarah*. (n.d.). Sejarah Rumah Tahanan Negara Kelas 1 Jakarta Pusat (Rutan Salemba). Diakses 27 Februari 2011 pukul 22:27.

<http://rutan-salemba.tripod.com/sejarah.html>

*Tripod's WWW struktur organisasi*. (n.d.). Struktur Organisasi Rumah Tahanan Negara Kelas 1 Jakarta Pusat. Diakses 27 Februari 2011 pukul 22:30.

[http://rutan-salemba.tripod.com/struktur\\_organisasi.html](http://rutan-salemba.tripod.com/struktur_organisasi.html)

United Nations Office on Drugs and Crime (UNODC). (2006). *Treatment of prisoners-Standard Minimum Rules for the Treatment of Prisoners*. Diakses pada 31 maret 2011 pukul 15:42.

[http://www.unodc.org/pdf/compendium/compendium\\_2006\\_part\\_01\\_01.pdf](http://www.unodc.org/pdf/compendium/compendium_2006_part_01_01.pdf)

Widi, N. (2010). *Purwo Ardoko, Alumnus ITS, Arsitek Penjara Modern di Indonesia*. Diakses pada 2 November 2010 pukul 23:36. Jawa Pos National Network.

<http://www.jpnn.com/index.php?mib=berita.detail&id=63016>



## Lampiran 1

## Hasil Sampling Kualitas Udara Mikrobiologis

Tabel 1. Hasil sampling kualitas udara mikrobiologis Rutan Salemba

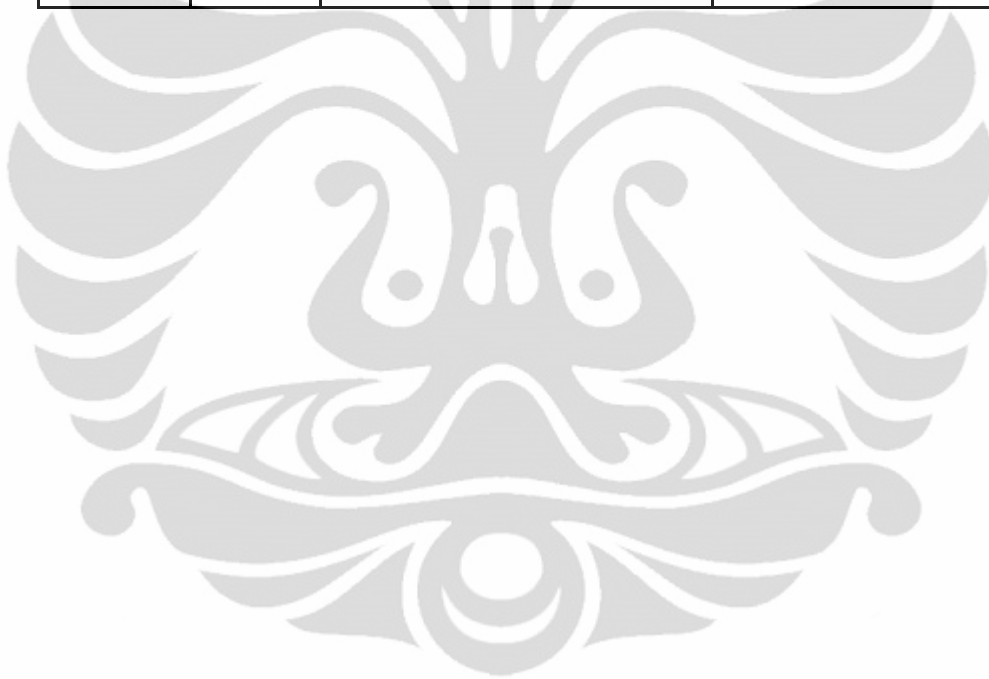
| <b>HASIL SAMPLING Selasa, 25 Januari 2011</b> |   |                             |      |                               |              |
|---|---|-----------------------------|------|-------------------------------|--------------|
| Lokasi Sampling                               |   | Jamur (CFU/m <sup>3</sup> ) |      | Bakteri (CFU/m <sup>3</sup> ) |              |
|   |   | Kosong                      | Isi  | Kosong                        | Isi          |
| R <sub>1</sub>                                | 1 | 4311                        | 2014 | 1908                          | 1166         |
|   | 2 | 3958                        | 1378 | 5230                          | 883          |
| R <sub>2</sub>                                | 1 | 4629                        | 1661 | 3993                          | 3604         |
|   | 2 | 3534                        | 6396 | 3428                          | 4947         |
| Outdoor                                       | 1 | 495                         |      | 283                           |              |
|   | 2 | 530                         |      | 106                           |              |
| <b>HASIL SAMPLING Rabu, 23 Februari 2011</b>  |   |                             |      |                               |              |
| Lokasi Sampling                               |   | Jamur (CFU/m <sup>3</sup> ) |      | Bakteri (CFU/m <sup>3</sup> ) |              |
|   |   | Kosong                      | Isi  | Kosong                        | Isi          |
| R <sub>1</sub>                                | 1 | 3145                        | 4806 | 4240                          | 1555         |
|   | 2 | 4382                        | 3322 | 3004                          | 813          |
| R <sub>2</sub>                                | 1 | 3074                        | 2827 | 1873                          | Mati listrik |
|   | 2 | 3039                        | 3569 | 1625                          | Mati listrik |
| Outdoor                                       | 1 | Mati listrik                |      | Mati listrik                  |              |
|   | 2 | Mati listrik                |      | Mati listrik                  |              |
| <b>HASIL SAMPLING Rabu, 16 Maret 2011</b>     |   |                             |      |                               |              |
| Lokasi Sampling                               |   | Jamur (CFU/m <sup>3</sup> ) |      | Bakteri (CFU/m <sup>3</sup> ) |              |
|   |   | Kosong                      | Isi  | Kosong                        | Isi          |
| R <sub>1</sub>                                | 1 | 2827                        | 1943 | 3852                          | 5724         |
|   | 2 | 5512                        | 3145 | 4417                          | Kontaminasi  |
| R <sub>2</sub>                                | 1 | 4099                        | 5724 | 3958                          | 4947         |
|   | 2 | 4346                        | 848  | 2968                          | 848          |
| Outdoor                                       | 1 | 954                         |      | 71                            |              |
|   | 2 | 954                         |      | 177                           |              |



(Lanjutan)

(Lanjutan) Tabel 1. Hasil sampling kualitas udara mikrobiologis Rutan Salemba

| <b>HASIL SAMPLING Rabu, 6 April 2011</b> |   |                             |      |                               |      |
|--|---|-----------------------------|------|-------------------------------|------|
| Lokasi Sampling                          |   | Jamur (CFU/m <sup>3</sup> ) |      | Bakteri (CFU/m <sup>3</sup> ) |      |
|  |   | Kosong                      | Isi  | Kosong                        | Isi  |
| R <sub>1</sub>                           | 1 | 2615                        | 3251 | 2862                          | 1237 |
|  | 2 | 2898                        | 2686 | 1873                          | 1484 |
| R <sub>2</sub>                           | 1 | 2473                        | 2580 | 3074                          | 2862 |
|  | 2 | 2120                        | 1519 | 2509                          | 1625 |
| Outdoor                                  | 1 | 1095                        |      | 671                           |      |
|  | 2 | 0                           |      | 601                           |      |



## Lampiran 2

## Foto-foto Contoh Hasil Inkubasi Mikroorganism

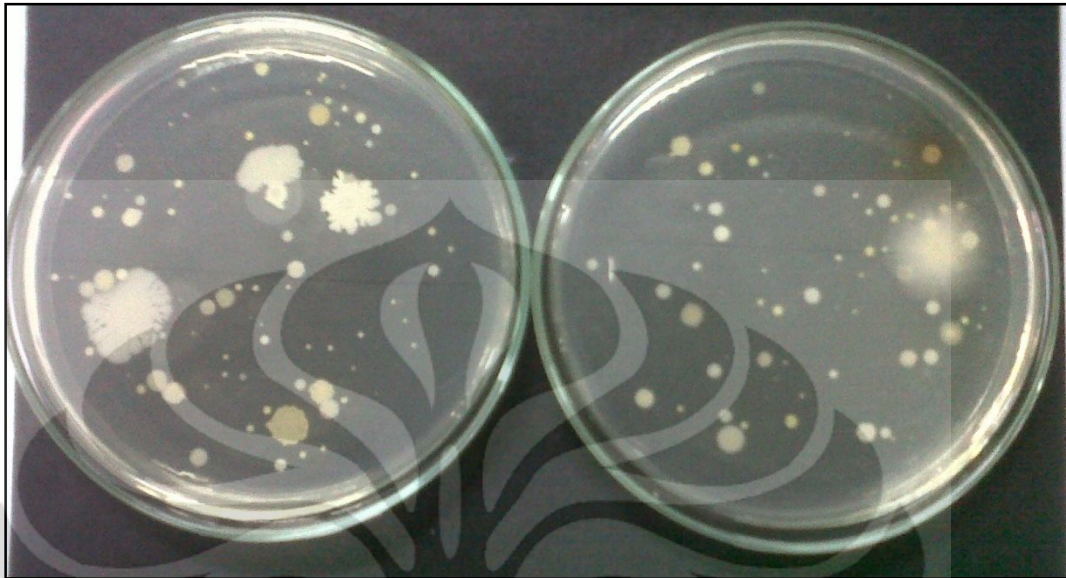


Gambar 1. Hasil inkubasi jamur pada saat keadaan ruangan kosong



Gambar 2. Hasil inkubasi jamur pada saat keadaan ruangan isi

(Lanjutan)



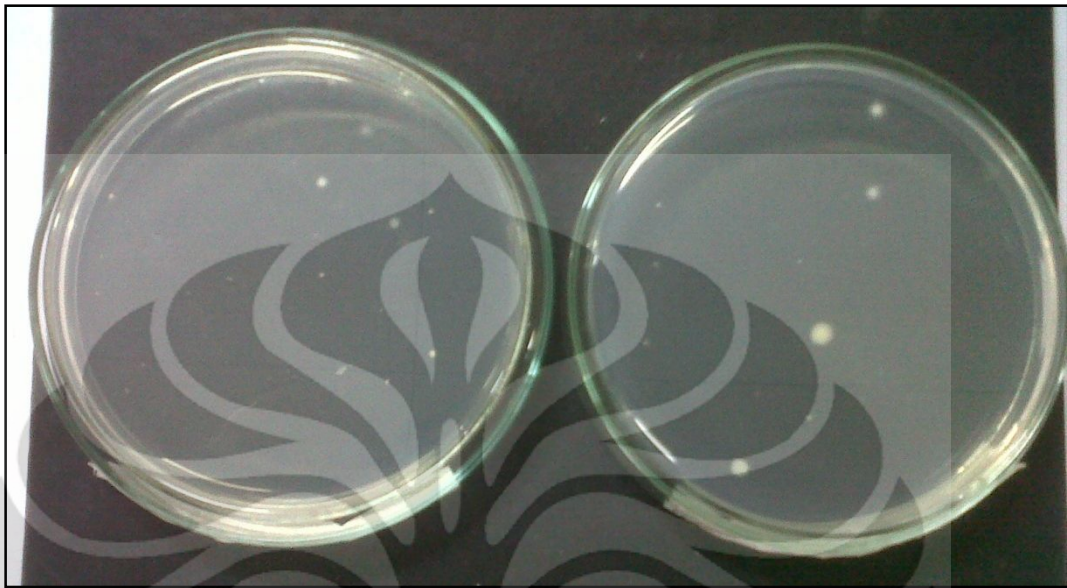
Gambar 3. Hasil inkubasi bakteri pada saat keadaan ruangan kosong



Gambar 4. Hasil inkubasi bakteri pada saat keadaan ruangan isi



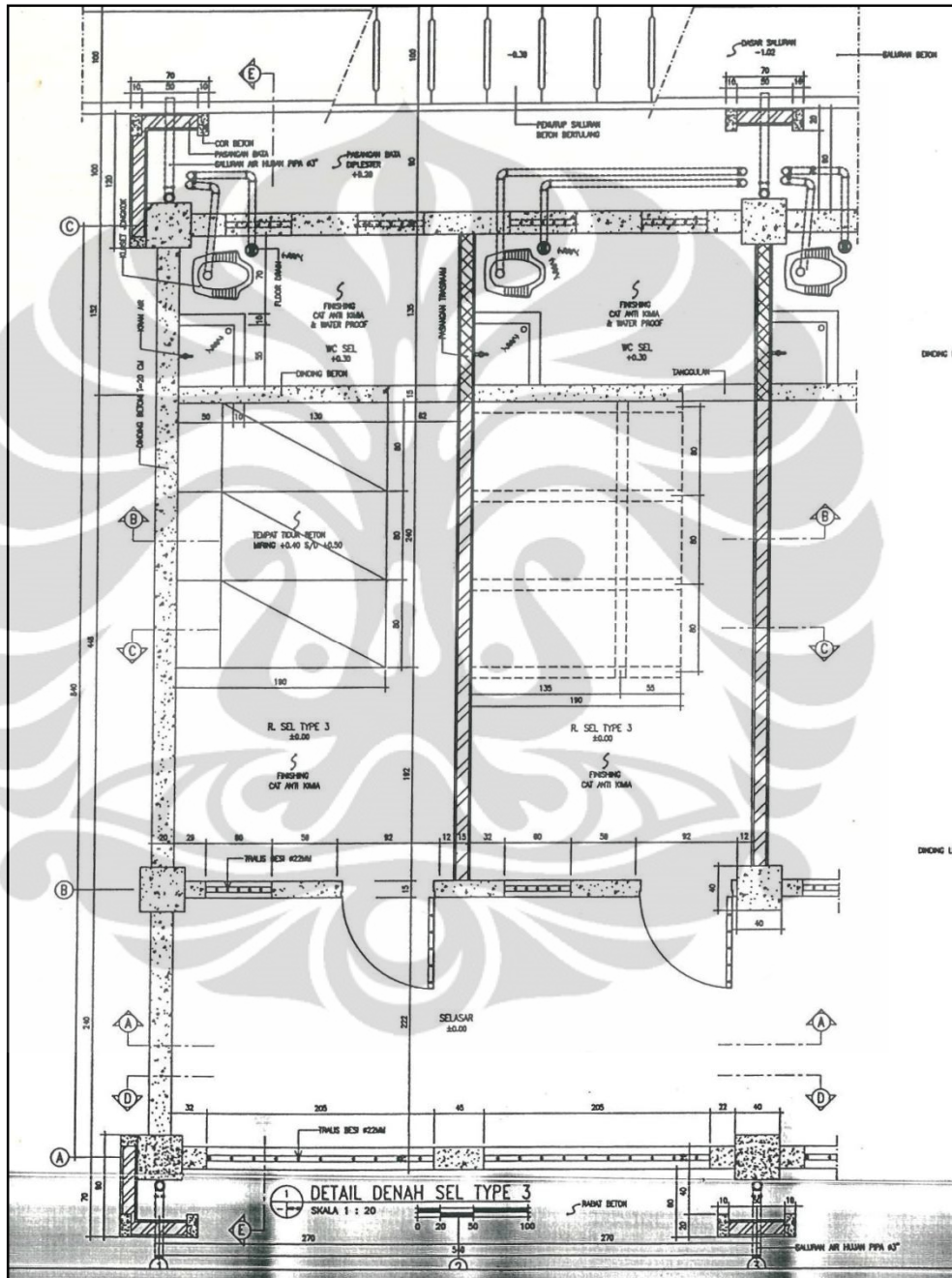
(Lanjutan)



Gambar 5. Hasil inkubasi jamur luar ruangan (*outdoor*)



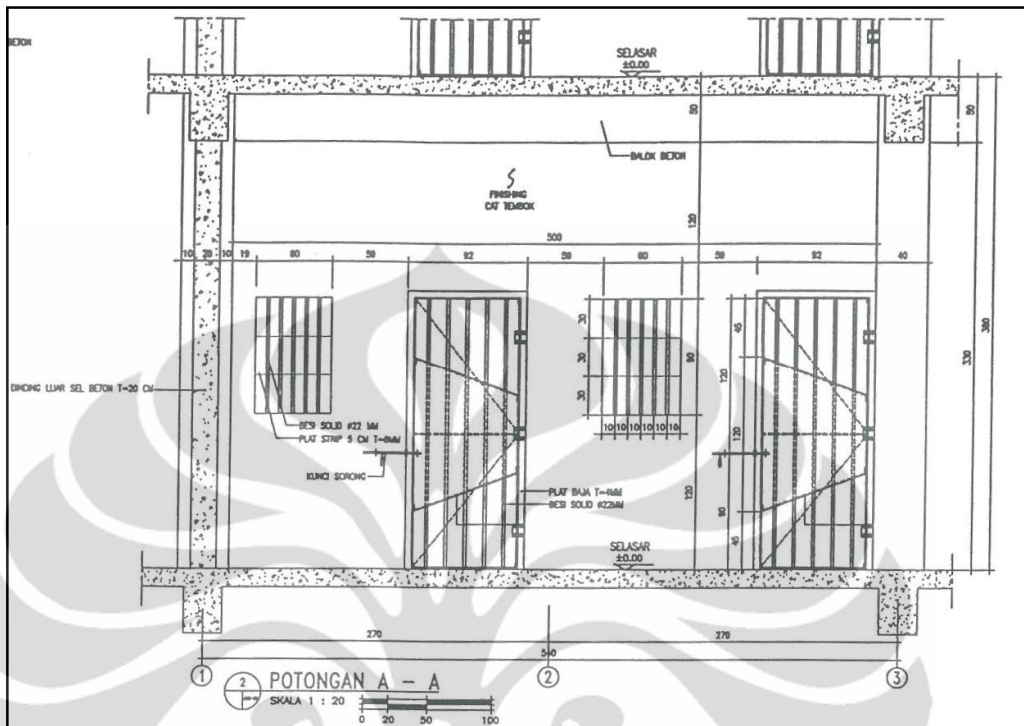
Gambar 6. Hasil inkubasi bakteri luar ruangan (*outdoor*)



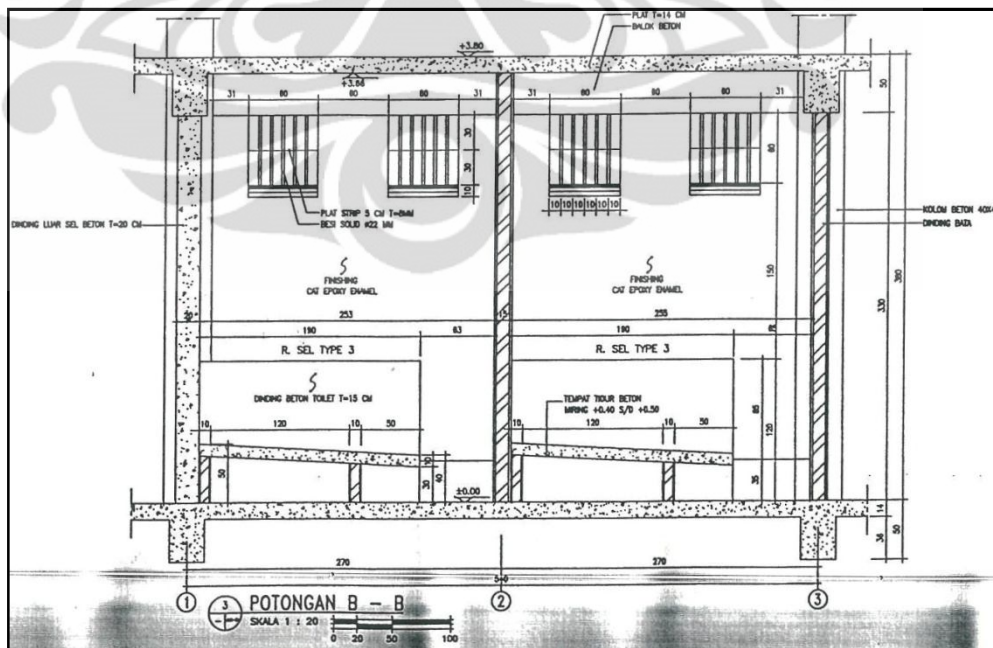
Gambar 7. Denah tipikal ruang tahanan blok tipe 3

(As built drawing Rutan Salemba)

(Lanjutan)



Gambar 8. Tipikal tampak depan ruang tahanan blok tipe 3  
(As built drawing Rutan Salemba)



Gambar 9. Tipikal tampak belakang ruang tahanan blok tipe 3  
(As built drawing Rutan Salemba)



Lampiran 4  
Daftar Pertanyaan (Kuesioner)

Petunjuk :

1. Mohon dapat diisi secara jujur dan benar
2. Identitas responden kami rahasiakan
3. Mohon lingkari salah satu jawaban anda

Tabel 2. Data umum responden

| No. | Pertanyaan           | Jawaban |
|-----|----------------------|---------|
| 1   | Nama Responden       |         |
| 2   | Umur (tahun)         |         |
| 3   | Lama Berada di Rutan |         |
| 4   | Pendidikan           |         |

Tabel 3. Data khusus responden

| No. | Pertanyaan   | Jawaban   |
|-----|--|---|
| 1   | Apakah anda terbiasa merokok di dalam ruang tahanan ?  | 1. Ya<br>2. Tidak                                 |
| 2   | Jika Ya, berapa batang rokok yang anda habiskan dalam satu hari ?                                      | 1. < 5 batang<br>2. 5-10 batang<br>3. > 10 batang |
| 3   | Apakah menurut dokter anda memiliki jenis penyakit tertentu ? (bila ya, tolong sebutkan)               | 1. Ya .....<br>.....<br>2. Tidak                  |
| 4   | Sebelum berada di dalam Rutan, apakah anda sudah mengidap penyakit alergi ? (bila ya, tolong sebutkan) | 1. Ya .....<br>.....<br>2. Tidak                  |
| 5   | Apakah anda pernah mengalami sakit keras selama berada di dalam Rutan ? (bila ya, tolong sebutkan)     | 1. Ya .....<br>.....<br>2. Tidak                  |
| 6   | Apakah hubungan anda dengan teman seruangan tahanan baik-baik saja dalam 2 minggu terakhir ini ?       | 1. Ya<br>2. Tidak                                 |
| 7   | Apakah menurut anda, teman seruangan bersikap baik kepada saudara ?                                    | 1. Ya<br>2. Tidak                                 |

(Lanjutan)

Tabel 4. Data gejala awal penyakit yang ditimbulkan oleh pencemaran udara mikrobiologis

| Pertanyaan   | Jawaban           |
|--|-------------------|
| Apakah anda mengalami gangguan kesehatan atau gejala-gejala seperti di bawah ini sebanyak 2 (dua) atau lebih dalam satu minggu ini ? |                   |
| a. Pada mata (pedih, gatal dan sakit mata) ?   | 1. Ya<br>2. Tidak |
| b. Pernafasan (pilek, flu, sesak nafas, batuk, bersin-bersin) ?  | 1. Ya<br>2. Tidak |
| c. Pada tenggorokan (gatal, kering, suara parau dan sakit) ?   | 1. Ya<br>2. Tidak |
| d. Pada kulit (gatal, kering, merah dan iritasi) ?   | 1. Ya<br>2. Tidak |
| e. Pusing, kepala terasa berat dan sulit konsentrasi ?   | 1. Ya<br>2. Tidak |
| f. Merasa badan panas dingin atau demam ?  | 1. Ya<br>2. Tidak |
| g. Kelelahan, lemas, lesu dan gemetar ?  | 1. Ya<br>2. Tidak |
| h. Sering mual dan nafsu makan terganggu ?   | 1. Ya<br>2. Tidak |
| i. Sakit perut, mulas dan diare ?  | 1. Ya<br>2. Tidak |
| j. Lain-lain sebutkan.....   | 1. Ya<br>2. Tidak |



## Lampiran 5

## Tabel Perhitungan Korelasi Spearman

Tabel 5. Perhitungan korelasi Spearman kelembaban rata-rata dengan total koloni jamur pada saat keadaan kosong

| Kelembaban rata-rata (%) | Jamur (CFU/m <sup>3</sup> ) | Ranking kelembaban | Ranking Jamur | di | di <sup>2</sup> |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------|---------------|----|-----------------|
| 73,5                     | 4134                        | 7                  | 7             | 0  | 0               |
| 73                       | 4081                        | 6                  | 6             | 0  | 0               |
| 65,5                     | 3763                        | 3                  | 5             | -2 | 4               |
| 72                       | 3057                        | 5                  | 4             | 1  | 1               |
| 64,5                     | 2827                        | 2                  | 3             | -1 | 1               |
| 74                       | 4223                        | 8                  | 8             | 0  | 0               |
| 56                       | 2756                        | 1                  | 2             | -1 | 1               |
| 67,5                     | 2297                        | 4                  | 1             | 3  | 9               |
| Total                    |                             |                    |               |    | 16              |
| Γs                       |                             |                    |               |    | 0,977           |

Tabel 6. Perhitungan korelasi Spearman suhu rata-rata dengan total koloni jamur pada saat keadaan kosong

| Suhu rata-rata (°C) | Jamur (CFU/m <sup>3</sup> ) | Ranking kelembaban | Ranking Jamur | di | di <sup>2</sup> |
|---------------------|-----------------------------|--------------------|---------------|----|-----------------|
| 29,5                | 4134                        | 1                  | 7             | -6 | 36              |
| 29,7                | 4081                        | 2                  | 6             | -4 | 16              |
| 31,75               | 3763                        | 7                  | 5             | 2  | 4               |
| 31,3                | 3057                        | 5                  | 4             | 1  | 1               |
| 31,1                | 2827                        | 4                  | 3             | 1  | 1               |
| 30,35               | 4223                        | 3                  | 8             | -5 | 25              |
| 33,2                | 2756                        | 8                  | 2             | 6  | 36              |
| 31,6                | 2297                        | 6                  | 1             | 5  | 25              |
| Total               |                             |                    |               |    | 144             |
| Γs                  |                             |                    |               |    | 0,789           |

(Lanjutan)

Tabel 7. Perhitungan korelasi Spearman kelembaban rata-rata dengan total koloni jamur pada saat keadaan isi

| Kelembaban rata-rata (%) | Jamur (CFU/m <sup>3</sup> ) | Ranking kelembaban | Ranking Jamur | di   | di <sup>2</sup> |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------|---------------|------|-----------------|
| 70,5                     | 1696                        | 5                  | 2             | 3    | 9               |
| 74                       | 1661                        | 5,5                | 1             | 4,5  | 20,25           |
| 69,5                     | 4064                        | 4                  | 7             | -3   | 9               |
| 74                       | 3198                        | 5,5                | 6             | -0,5 | 0,25            |
| 66                       | 3145                        | 3                  | 5             | -2   | 4               |
| 75                       | 5724                        | 6                  | 8             | -2   | 4               |
| 61                       | 2968                        | 1                  | 4             | -3   | 9               |
| 63,5                     | 2049                        | 2                  | 3             | -1   | 1               |
| Total                    |                             |                    |               |      | 56,5            |
| Γs                       |                             |                    |               |      | 0,917           |

Tabel 8. Perhitungan korelasi Spearman suhu rata-rata dengan total koloni jamur pada saat keadaan isi

| Suhu rata-rata (°C) | Jamur (CFU/m <sup>3</sup> ) | Ranking kelembaban | Ranking Jamur | di | di <sup>2</sup> |
|---------------------|-----------------------------|--------------------|---------------|----|-----------------|
| 29,6                | 1696                        | 1                  | 2             | -1 | 1               |
| 29,85               | 1661                        | 2                  | 1             | 1  | 1               |
| 31,85               | 4064                        | 6                  | 7             | -1 | 1               |
| 31                  | 3198                        | 4                  | 6             | -2 | 4               |
| 31,05               | 3145                        | 5                  | 5             | 0  | 0               |
| 30,3                | 5724                        | 3                  | 8             | -5 | 25              |
| 32,35               | 2968                        | 8                  | 4             | 4  | 16              |
| 31,95               | 2049                        | 7                  | 3             | 4  | 16              |
| Total               |                             |                    |               |    | 64              |
| Γs                  |                             |                    |               |    | 0,906           |

(Lanjutan)

Tabel 9. Perhitungan korelasi Spearman kelembaban rata-rata dengan total koloni bakteri pada saat keadaan kosong

| Kelembaban rata-rata (%) | Bakteri (CFU/m <sup>3</sup> ) | Ranking kelembaban | Ranking Jamur | di   | di <sup>2</sup> |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------|---------------|------|-----------------|
| 72,5                     | 1908                          | 5,5                | 2             | 3,5  | 12,25           |
| 72,5                     | 3710                          | 5,5                | 7             | -1,5 | 2,25            |
| 67,5                     | 3622                          | 4                  | 6             | -2   | 4               |
| 73                       | 1749                          | 6,5                | 1             | 5,5  | 30,25           |
| 64,5                     | 4134                          | 2                  | 8             | -6   | 36              |
| 73                       | 3463                          | 6,5                | 5             | 1,5  | 2,25            |
| 53,5                     | 2367                          | 1                  | 3             | -2   | 4               |
| 66,5                     | 2792                          | 3                  | 4             | -1   | 1               |
| Total                    |                               |                    |               |      | 92              |
| Γs                       |                               |                    |               |      | 0,865           |

Tabel 10. Perhitungan korelasi Spearman suhu rata-rata dengan total koloni bakteri pada saat keadaan kosong

| Suhu rata-rata (°C) | Bakteri (CFU/m <sup>3</sup> ) | Ranking kelembaban | Ranking Jamur | di | di <sup>2</sup> |
|---------------------|-------------------------------|--------------------|---------------|----|-----------------|
| 29,3                | 1908                          | 1                  | 2             | -1 | 1               |
| 29,8                | 3710                          | 2                  | 7             | -5 | 25              |
| 31,7                | 3622                          | 6                  | 6             | 0  | 0               |
| 31,05               | 1749                          | 4                  | 1             | 3  | 9               |
| 31,35               | 4134                          | 5                  | 8             | -3 | 9               |
| 30,5                | 3463                          | 3                  | 5             | -2 | 4               |
| 34                  | 2367                          | 8                  | 3             | 5  | 25              |
| 31,95               | 2792                          | 7                  | 4             | 3  | 9               |
| Total               |                               |                    |               |    | 82              |
| Γs                  |                               |                    |               |    | 0,880           |

(Lanjutan)

Tabel 11. Perhitungan korelasi Spearman kelembaban rata-rata dengan total koloni bakteri pada saat keadaan isi

| Kelembaban rata-rata (%) | Bakteri (CFU/m <sup>3</sup> ) | Ranking kelembaban | Ranking Jamur | di   | di <sup>2</sup> |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------|---------------|------|-----------------|
| 70                       | 1025                          | 4                  | 1             | 3    | 9               |
| 72,5                     | 4276                          | 5                  | 5             | 0    | 0               |
| 69                       | 1184                          | 3                  | 2             | 1    | 1               |
| 66,5                     | 5724                          | 2,5                | 7             | -4,5 | 20,25           |
| 74,5                     | 4947                          | 6                  | 6             | 0    | 0               |
| 62,5                     | 1360                          | 1                  | 3             | -2   | 4               |
| 66,5                     | 2244                          | 2,5                | 4             | -1,5 | 2,25            |
| Total                    |                               |                    |               |      | 36,5            |
| Γs                       |                               |                    |               |      | 0,947           |

Tabel 12. Perhitungan korelasi Spearman suhu rata-rata dengan total koloni bakteri pada saat keadaan isi

| Suhu rata-rata (°C) | Bakteri (CFU/m <sup>3</sup> ) | Ranking Kelembaban | Ranking Jamur | di | di <sup>2</sup> |
|---------------------|-------------------------------|--------------------|---------------|----|-----------------|
| 29,55               | 1025                          | 1                  | 1             | 0  | 0               |
| 29,7                | 4276                          | 2                  | 5             | -3 | 9               |
| 32                  | 1184                          | 6                  | 2             | 4  | 16              |
| 31,05               | 5724                          | 4                  | 7             | -3 | 9               |
| 30,2                | 4947                          | 3                  | 6             | -3 | 9               |
| 32,3                | 1360                          | 7                  | 3             | 4  | 16              |
| 31,85               | 2244                          | 5                  | 4             | 1  | 1               |
| Total               |                               |                    |               |    | 60              |
| Γs                  |                               |                    |               |    | 0,912           |

## Lampiran 6

Harga-harga Kritis  $r_s$  Koefisien Korelasi Ranking SpearmanTabel 13. Harga-harga Kritis  $r_s$  Koefisien Korelasi Ranking Spearman

| N  | Tingkat Signifikasi (tes satu-sisi) |       |
|----|-------------------------------------|-------|
|    | 0,05                                | 0,01  |
| 4  | 1                                   |       |
| 5  | 0,9                                 | 1     |
| 6  | 0,829                               | 0,943 |
| 7  | 0,714                               | 0,893 |
| 8  | 0,643                               | 0,833 |
| 9  | 0,6                                 | 0,783 |
| 10 | 0,564                               | 0,746 |
| 12 | 0,506                               | 0,712 |
| 14 | 0,456                               | 0,645 |
| 16 | 0,425                               | 0,601 |
| 18 | 0,399                               | 0,564 |
| 20 | 0,377                               | 0,534 |
| 22 | 0,359                               | 0,508 |
| 24 | 0,343                               | 0,485 |
| 26 | 0,329                               | 0,465 |
| 28 | 0,317                               | 0,448 |
| 30 | 0,306                               | 0,432 |

(Sydney Siegel, 1997)