

**ANALISIS KANDUNGAN JUMLAH BAKTERI DI UDARA DALAM  
RUANG KERJA INSTITUSI PENDIDIKAN X DI KOTA PADANG**

**TUGAS AKHIR**

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
Program Strata-1 pada  
Jurusan Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Universitas Andalas

Oleh:



**Dosen Pembimbing:**

**Dr. Eng. SHINTA SILVIA**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN**

**FAKULTAS TEKNIK - UNIVERSITAS ANDALAS**

**PADANG**

**2021**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KANDUNGAN JUMLAH BAKTERI DI UDARA  
DALAM RUANG KERJA INSTITUSI PENDIDIKAN X DI  
KOTA PADANG

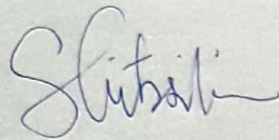
Nama : Flarin Swandi

NIM : 1610941031

Lulus Sidang Tugas Akhir tanggal: 18 Agustus 2021

Disetujui oleh:

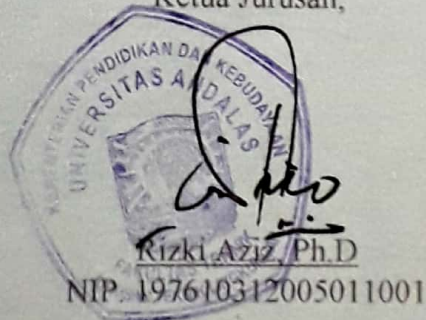
Pembimbing Utama,



Dr. Eng. Shinta Silvia  
NIP. 197611242008012007

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan,



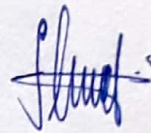
Rizki Aziz / Ph.D  
NIP. 197610312005011001

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang ditulis dengan judul: **Analisis Kandungan Jumlah Bakteri Di Udara Dalam Ruang Kerja Institusi Pendidikan X Di Kota Padang** adalah benar hasil kerja/karya saya sendiri dan bukan merupakan tiruan hasil kerja/karya orang lain, kecuali kutipan pustaka yang sumbernya dicantumkan. Jika kemudian hari pernyataan ini tidak benar, maka status kelulusan dan gelar yang saya peroleh menjadi batal dengan sendirinya.

Padang, 9 September 2021

Yang membuat pernyataan,



Flarin Swandi  
NIM. 1610941031

## ABSTRAK

Bakteri merupakan pencemar udara yang kehadirannya dipengaruhi suhu, kelembaban udara, cahaya, kepadatan ruangan, dan sistem ventilasi. Sistem ventilasi terbagi atas sistem alami (jendela) dan buatan (penggunaan AC). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah bakteri dalam ruang kerja, yang menggunakan AC dan tanpa AC dengan ventilasi yang kurang baik dan baik, serta hubungannya dengan parameter fisik (suhu, kelembaban, cahaya) dan kepadatan hunian dalam ruangan. Dilakukan dua hari sekali selama satu minggu, diawali pengukuran parameter fisik pada 5 titik dalam ruangan. Hubungan parameter fisik ruangan terhadap jumlah bakteri diuji dengan korelasi Pearson dan Spearman. Parameter fisik tiap ruang kerja tidak memenuhi standar, pengecualian cahaya pada ruang tanpa AC dengan ventilasi baik telah memenuhi baku mutu dan hubungan parameter fisik terhadap jumlah bakteri berbeda antar ruangan akibat pengaruh keadaan ventilasi ruangan kerja. Pengukuran jumlah bakteri menggunakan metode settling plate dengan meletakkan Nutrient Agar padat pada 5 titik selama 30 menit. Setelah inkubasi 24 jam, koloni bakteri dihitung dengan colony counter dan data penelitian dianalisis menggunakan uji ANOVA one way. Didapatkan nilai  $p$  0,291 (lebih besar dari 0,05), sehingga tidak ada perbedaan kandungan jumlah bakteri pada tiap titik ruang kerja yang diukur. Kandungan jumlah bakteri didapatkan 414,13 CFU/m<sup>3</sup> dalam ruang tanpa AC ventilasi kurang baik, 544,55 CFU/m<sup>3</sup> dalam ruang tanpa AC ventilasi baik, 410,9 CFU/m<sup>3</sup> dalam ruang AC. Jumlah bakteri masih dibawah baku mutu yaitu 700 CFU/m<sup>3</sup> sesuai PERMENAKER RI No 5 Tahun 2018 dan Peraturan Menteri Kesehatan No 48 tahun 2016.

Kata kunci: AC, jumlah bakteri, ruang kerja, ventilasi



## KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim. Alhamdulillah, puji dan syukur Penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Kandungan Jumlah Bakteri di Udara Dalam Ruang Kerja Institusi pendidikan X di Kota Padang”. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program strata satu di Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas. Penyelesaian Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dan dorongan banyak pihak. Untuk itu pada kesempatan ini, dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Orang Tua yaitu Ayahanda Aswandi dan Ibunda Elmawati yang telah menjadi orang tua terluar biasa yang selalu memberi semangat dan dukungan baik moril maupun materi serta doa – doa yang tidak pernah putus untuk penulis sejak dilahirkan hingga saat ini. Kakak Fradilla Swandi, SP, MP dan adik Pratiwi Swandi yang selalu mampu menghibur penulis disaat penulis merasa jenuh;
- Ibu Dr. Eng. Shinta Silvia selaku pembimbing yang telah meluangkan waktu dan bersabar untuk memberikan arahan, bimbingan, nasihat dan dukungan yang sangat berharga bagi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini;
- Ibu Dr. Eng. Shinta Indah dan Ibu Rinda Andhita Regia, MT selaku dosen penguji yang telah memberikan saran, tanggapan dan masukan yang sangat berharga dalam penyusunan Tugas Akhir ini;
- Ibu Prof. Vera Surtia Bachtiar, Ph.D selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan memberikan banyak buah pikira kepada penulis mulai dari awal perkuliahan hingga selesainya Tugas Akhir ini;
- Ibu Tivany Edwin, M. Eng selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas dan Bapak Taufik Ihsan, MT yang selalu membantu informasi, arahan dan pengertian terhadap penulis;
- Bapak Rizki Aziz, Ph. D selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan;

- Bapak dan Ibu staf pengajar dan analis Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Andalas yang telah memberikan ilmu yang sangat berharga dan bermanfaat kepada penulis, serta karyawan - karyawan yang telah membantu dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini;
- Rekan sesama topik Tugas Akhir Reka Andriani Rahayu yang selalu menemani dan mau membagi semua kesulitan bersama hingga dapat terlewati;
- Para sahabat (Mahdiah, Jumita, Raisa, Nurilah, Indah, Reka, dan Wisnu) yang selalu ada saat penulis membutuhkan pertolongan, mendengarkan berbagai macam keluhan, memberikan buah pikiran, hiburan, semangat, pengingat ketika lalai yang membuat masa perkuliahan ini menjadi lebih bermakna;
- Keluarga besar angkatan 2016 (AEROGENIX) yang memberikan semangat dan motivasi kepada penulis;
- Uda, uni dan rekan-rekan anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan (HMTL) Fakultas Teknik Universitas Andalas yang selalu memberikan semangat, informasi dan motivasi kepada penulis;
- Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang turut membantu Penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhirnya Penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Penulis menerima segala bentuk kritik dan saran demi kesempurnaan laporan ini dan perbaiki di masa yang akan datang. Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan dengan yang lebih baik, Aamiin ya Rabbal A'lamin

Padang, Agustus 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>ABSTRAK</b> .....	
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>viii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian .....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian .....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2.1 Lingkungan Kerja.....	7
2.2 Pencemaran Udara di Tempat Kerja .....	8
2.2.1 Pengertian Pencemaran Udara .....	8
2.2.2 Jenis Pencemaran Udara .....	9
2.2.3 Sumber Pencemaran Udara pada Lingkungan Kerja.....	10
2.2.4 Persyaratan Standar Kualitas Udara Ruang Kerja .....	14
2.3 Sistem Ventilasi Ruangan.....	15
2.3.1 Sistem Ventilasi Alami.....	18
2.3.2 Sistem Ventilasi Buatan ( <i>Air Conditioner</i> (AC)) .....	19
2.4 Mikroorganisme .....	20
2.4.1 Bakteri di Udara.....	21
2.4.2 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Bakteri .....	22
2.4.3 Dampak Bakteri Bagi Kesehatan .....	25
2.5 Mikroorganisme pada AC .....	26
2.6 Pemeriksaan Bakteri di Udara .....	28
2.7 Analisis Statistik.....	35

2.7.1 Analisis Statistik Deskriptif .....	36
2.7.2 Uji Normalitas.....	36
2.7.3 Analisis Varian ( <i>Analysis of Varians</i> ) .....	36
2.7.4 Uji Korelasi.....	37
2.8 Penelitian Terdahulu tentang Pengukuran Mikroba di Udara .....	38
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>44</b>
3.1 Umum .....	44
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	44
3.3 Tahapan Penelitian .....	44
3.3.1 Studi Literatur.....	46
3.3.2 Persiapan Penelitian.....	46
3.4 Operasional Penelitian.....	48
I. Pengukuran Data Parameter Fisik .....	48
II. Persiapan Pengukuran Jumlah Bakteri .....	50
III. Cara kerja pengambilan sampel penelitian.....	50
3.5 Analisis Statistik.....	52
3.5.1 Analisis Deskriptif.....	52
3.5.2 Uji Normalitas.....	52
3.5.3 Analisis Varian ( <i>Analysis of Varians</i> ) .....	53
3.5.4 Uji Korelasi.....	53
3.6 Layout Titik <i>Sampling</i> .....	54
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>56</b>
4.1 Umum .....	56
4.2 Hasil Pemeriksaan Kualitas Fisik Ruang Kerja.....	58
4.3 Hasil Pemeriksaan Jumlah Koloni Bakteri .....	60
4.4 Analisis Statistik .....	61
4.4.1 Uji perbandingan jumlah bakteri berdasarkan titik persebaran. ....	63
4.4.2 Uji hubungan parameter fisik dengan kandungan jumlah bakteri pada masing – masing ruang kerja .....	64
4.5 Dampak dan Rekomendasi .....	76

**BAB V PENUTUP..... 81**  
5.1 Kesimpulan ..... 81  
5.2 Saran ..... 83  
**DAFTAR PUSTAKA ..... 84**



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Penempatan ventilasi menurut ACGIH .....	17
<b>Gambar 2.2</b> Penempatan ventilasi pengeluaran setempat .....	18
<b>Gambar 2.3</b> Sistem ventilasi alami .....	19
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Tahapan Penelitian .....	45
<b>Gambar 3.2</b> Layout Titik Sampling Ruang A .....	54
<b>Gambar 3.3</b> Layout Titik Sampling Ruang B .....	55
<b>Gambar 3.4</b> Layout Titik Sampling Ruang C .....	55
<b>Gambar 4.1</b> Grafik hubungan suhu dengan kandungan jumlah bakteri ruangan A .....	65
<b>Gambar 4.2</b> Grafik hubungan suhu dengan kandungan jumlah bakteri ruangan B .....	66
<b>Gambar 4.3</b> Grafik hubungan suhu dengan kandungan jumlah bakteri ruangan C .....	67
<b>Gambar 4.4</b> Grafik hubungan kelembaban dengan kandungan jumlah bakteri ruangan A .....	69
<b>Gambar 4.5</b> Grafik hubungan kelembaban dengan kandungan jumlah bakteri ruangan B .....	70
<b>Gambar 4.6</b> Grafik hubungan kelembaban dengan kandungan jumlah bakteri ruangan C .....	71
<b>Gambar 4.7</b> Grafik hubungan cahaya dengan kandungan jumlah bakteri ruangan A .....	73
<b>Gambar 4.8</b> Grafik hubungan cahaya dengan kandungan jumlah bakteri ruangan B .....	74
<b>Gambar 4.9</b> Grafik hubungan cahaya dengan kandungan jumlah bakteri ruangan C .....	75

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Persyaratan standar kualitas udara ruang kerja .....	15
<b>Tabel 2.2</b> Dampak bakteri di udara .....	26
<b>Tabel 2.3</b> Penelitian terdahulu tentang pengukuran mikroba di udara .....	38
<b>Tabel 3.1</b> Kondisi Ruang Kerja.....	46
<b>Tabel 3.2</b> Interpretasi besarnya nilai koefisien korelasi .....	54
<b>Tabel 4.1</b> Kepadatan hunian ruang kerja.....	57
<b>Tabel 4.2</b> Hasil pengukuran kualitas fisik ruangan .....	59
<b>Tabel 4.3</b> Pengukuran jumlah bakteri dalam ruang kerja.....	60
<b>Tabel 4.4</b> Uji normalitas menggunakan shapiro – wilk.....	62
<b>Tabel 4.5</b> Besaran korelasi suhu terhadap kandungan jumlah bakteri dalam ruang kerja .....	64
<b>Tabel 4.6</b> Besaran korelasi kelembaban terhadap kandungan jumlah bakteri dalam ruang kerja.....	68
<b>Tabel 4.7</b> Besaran korelasi cahaya terhadap kandungan jumlah bakteri dalam ruang kerja.....	72
<b>Tabel 4.8</b> Dampak dan rekomendasi kandungan jumlah bakteri .....	76
<b>Tabel 4.9</b> Dampak dan rekomendasi kondisi suhu pada ruangan.....	77
<b>Tabel 4.10</b> Dampak dan rekomendasi kondisi kelembaban pada ruangan.....	78
<b>Tabel 4.11</b> Dampak dan rekomendasi kondisi cahaya pada ruangan.....	79
<b>Tabel 5.1</b> Rekapitulasi kandungan jumlah bakteri dalam ruang kerja .....	80
<b>Tabel 5.2</b> Kualitas fisik ruang kerja .....	81
<b>Tabel 5.3</b> Hubungan parameter fisik dengan kandungan jumlah bakteri.....	81

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kualitas udara dalam ruangan adalah udara di dalam suatu bangunan yang dihuni atau ditempati untuk suatu periode sekurang - kurangnya 1 jam oleh orang dengan berbagai kesehatan yang berlainan (Suharyo, 2009). Menurut *Environmental Protection Agency of America* (EPA), polusi dalam ruangan berada pada urutan ke tiga berisiko terhadap kesehatan manusia, dengan kualitas udara dalam ruangan 2 – 5 kali lebih buruk daripada udara di luar ruangan. Pada ruang kerja, penghuni ruang kerja bisa bertahan dalam ruangan selama berjam – jam tanpa menghirup udara segar. Lingkungan kerja adalah aspek hygiene di lingkungan kerja yang di dalamnya mencakup faktor fisika, kimia, biologi, ergonomi dan psikologi yang keberadaannya di tempat kerja dapat mempengaruhi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja. Syarat lingkungan kerja yang baik adalah wajib melaksanakan syarat – syarat Keselamatan Kesehatan Kerja (K3) meliputi pengendalian faktor fisika, kimia, biologi, adanya fasilitas kebersihan serta adanya personil K3 (PERMENAKER, 2018)

Pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lainnya ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan (PP, 2021). Sumber pencemaran udara dapat berupa pencemaran secara fisik, kimia dan biologi. Sumber pencemar udara biologi dalam ruangan disebabkan oleh mikroorganisme. Berdasarkan data hasil penelitian yang dilakukan oleh *National Institution for Occupational Safety and Healthy* (NIOSH) dijelaskan bahwa mikroorganisme merupakan salah satu pencemar yang berbahaya pada udara dalam ruangan. Mikroorganisme yang terdapat di udara tersebut diidentifikasi sebagai penyebab berbagai penyakit seperti iritasi pada mata dan kulit, permasalahan pernafasan, dan udara mampu menjadi media penyebaran berbagai macam penyakit menular seperti difteri, tuberkulosis, pneumonia, batuk rejan (Irianto, 2007; Syahrul, 2018).

Keberadaan bakteri di udara disebabkan beberapa faktor seperti pengaruh cahaya, suhu, kelembaban, jumlah pengguna ruangan, serta sistem aliran udara dalam ruangan (Rachmatanri, 2015). Suhu tinggi pada ruangan juga meningkatkan proses penguapan pada air, sehingga meningkatkan partikel air yang membawa sel – sel kecil seperti debu, sedangkan bakteri dapat terbawa oleh angin bersamaan dengan debu. Kontaminasi bakteri di dalam ruangan juga sering kali terjadi akibat kelembaban, dimana pada ruangan dengan kelembaban di atas 60% akan menyebabkan berkembang organisme berupa patogen maupun alergen. (Aditama, 2002; Slamet, 2002). Menurut percobaan yang dilakukan Yang (2016), suhu yang relatif tinggi dan kelembaban yang rendah lebih cocok menjadi tempat pertumbuhan bakteri (Yang et al, 2016). Pencahayaan dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri dalam ruangan, seperti pencahayaan oleh matahari yang dapat membunuh sel bakteri. Jumlah pengguna ruangan dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri dalam ruangan dikarenakan bakteri yang tersebar di udara juga dapat dibawa oleh penghuni ruangan melalui batuk, bersin, maupun bicara seperti biasa (Chan, 2008).

Sistem aliran udara dalam ruangan berperan dalam pertukaran udara dan kualitas udara dalam ruangan. Umumnya, sistem aliran udara diterapkan dalam dua cara, yaitu sistem ventilasi alami yang memanfaatkan jendela dan sistem ventilasi buatan seperti *Air Conditioner* (AC) sebagai pengganti jendela dengan listrik sebagai sumber tenaga (Prawira, 2011). Umumnya, AC memiliki filter udara untuk menghilangkan atau mengurangi kemungkinan masuknya zat berbahaya ke dalam ruangan, namun, pada AC yang jarang dibersihkan, berlaku hal sebaliknya, bakteri akan lebih cepat berkembang biak (Moerdjoko, 2004). Berdasarkan riset yang dilakukan NIOSH, lebih dari 50% penyakit pernafasan bersumber dari gangguan fungsi ventilasi dan AC yang buruk, sisanya disebabkan oleh berbagai zat kimia dan fisik.

Teknologi yang semakin maju membuat manusia lebih banyak memanfaatkan sistem ventilasi AC sebagai pengatur pergantian aliran udara dalam ruangan. Ruang kerja sendiri merupakan ruangan yang dihuni oleh manusia sekurang – kurangnya 1 jam dengan kondisi kesehatan yang berbagai macam (PERMENAKER, 2018), sehingga jumlah udara dalam ruangan yang terhidup oleh pengguna ruangan sangat besar. Pada

ruang kerja yang menggunakan AC dan selalu dihuni oleh pengguna ruangan, potensi bakteri menginfeksi dan menyerang pengguna ruangan akan dua kali lebih besar akibat dari desain ruangan yang kedap udara yang menyebabkan udara tidak berganti, sehingga udara kotor akan terperangkap lebih lama, sebaliknya pada ruang kerja dengan ventilasi alami yang udaranya sering bertukar. Salah satu ruang kerja yang sering dikunjungi, cukup ramai, dan ditunggu pengguna ruangan adalah ruangan kerja pada institusi pendidikan, dimana ruangan dikunjungi oleh mahasiswa, dosen, maupun staf lainnya

Penelitian ini pernah dilakukan beberapa kali, Vidyautami (2005) melakukan studi kasus ruang kuliah Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro, didapatkan hasil bahwa baik pada ruang AC maupun tanpa AC tidak sesuai baku mutu dikarenakan adanya bakteri patogen yang ditemukan yaitu *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus saprophyticus*, *Alfa streptococcus* dan *Beta streptococcus*, serta diantara semua parameter fisik, kelembaban memiliki pengaruh terhadap banyaknya mikroorganisme pada ruangan (Vidyautami, 2005).

Penelitian ini bertujuan menganalisis besarnya kandungan jumlah bakteri dan analisis hubungan parameter fisik dengan kandungan jumlah bakteri pada ruang kerja institusi pendidikan X di Kota Padang. Kandungan jumlah bakteri beserta parameter fisik pada ruang kerja dibandingkan dengan baku mutu jumlah kandungan jumlah bakteri di dalam ruang kerja berdasarkan PERMENAKER RI No 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja, dan Peraturan Menteri Kesehatan No 48 tahun 2016 tentang Standar Kesehatan dan Keselamatan Kerja Perkantoran.

## 1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk memantau kondisi fisik dan kandungan jumlah bakteri pada ruang kerja yang menggunakan *Air Conditioner* (AC) dan yang tidak menggunakan AC di ruang kerja institusi pendidikan X di Kota Padang.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis besarnya kandungan jumlah bakteri yang terkandung dalam udara pada ruangan kerja yang menggunakan AC dan tidak menggunakan AC di ruang kerja institusi pendidikan X di Kota Padang.
2. Menganalisis hubungan suhu, kelembaban, kepadatan hunian, dan cahaya terhadap kandungan jumlah bakteri di Udara pada ruangan AC dan tanpa AC di ruang kerja institusi pendidikan X di Kota Padang.
3. Memberikan rekomendasi terkait kualitas ruang kerja yang sesuai dengan standar PERMENKES RI No 48 tahun 2016 dan PERMENAKER RI No 5 Tahun 2018 pada ruangan kerja institusi pendidikan X di Kota Padang.

### **1.3 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dalam memberikan berbagai manfaat bagi semua pihak yaitu:

1. Menjadi salah satu informasi pemantauan kondisi fisik dan kandungan jumlah bakteri pada ruangan kerja sehingga masalah kualitas udara dalam ruangan kerja dapat ditanggulangi.
2. Menjadi salah satu informasi keefektifan fungsi sirkulasi udara dan aktivitas dalam ruang kerja.

### **1.4 Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan untuk mengukur kualitas udara ruang kerja meliputi suhu, kelembaban, cahaya, kepadatan hunian serta kandungan jumlah bakteri pada ruang kerja;
2. Penelitian ini dilakukan pada ruangan yang sering dikunjungi baik oleh mahasiswa, dosen, maupun staf lainnya, ruangan juga selalu dihuni oleh pengguna ruang dan memiliki sumber pencahayaan tersendiri.;
3. Penelitian dilakukan dengan pendataan karakteristik sistem ventilasi yang digunakan (AC maupun tanpa AC) dan keadaan ventilasi ruangan tersebut. Ruang yang diukur terdiri dari ruangan yang menggunakan AC aktif, tanpa AC

dengan ventilasi yang kurang baik, serta tanpa AC dengan ventilasi yang baik di ruangan kerja institusi pendidikan X di Kota Padang

4. Analisis konsentrasi bakteri yang terdapat dalam ruangan dengan AC dan tanpa AC menggunakan metode *settling plate* dan jumlah koloni akan dihitung menggunakan *Colony Counter* dan persamaan Omeliansky;
5. Penelitian ini berfokus pada analisis perbandingan kandungan jumlah bakteri yang terdapat dalam masing – masing ruangan AC dan tanpa AC berdasarkan PERMENAKER RI No 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja, dan Peraturan Menteri Kesehatan No 48 tahun 2016 tentang Standar Kesehatan dan Keselamatan Kerja Perkantoran;
6. Penelitian ini juga melakukan analisis hubungan suhu, kelembaban, kepadatan hunian, dan cahaya terhadap kandungan jumlah bakteri di Udara pada ruangan AC dan tanpa AC di ruang kerja institusi pendidikan X di Kota Padang menggunakan uji korelasi.

### **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah:

#### **Bab I Pendahuluan**

Bab ini berisikan latar belakang, maksud dan tujuan penelitian serta manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan.

#### **Bab II Tinjauan Pustaka**

Bab ini berisi tentang dasar – dasar teori topik penelitian dan peraturan yang digunakan sebagai rujukan.

#### **Bab III Metodologi Penelitian**

Bab ini menjelaskan semua hal terkait penelitian seperti lokasi dan waktu penelitian, tahapan penelitian, operasional penelitian dan analisis statistik data.

#### **Bab IV Hasil dan Pembahasan**

Bab ini berisikan uraian hasil penelitian yang didapatkan disertai dengan pembahasan penjelasan hasil dari penelitian.

## **Bab V Penutup**

Bab ini berisikan simpulan dan saran terkait hasil penelitian berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Lingkungan Kerja

Lingkungan kerja adalah aspek higiene di tempat kerja yang di dalamnya mencakup faktor fisika, kimia, biologi, ergonomi dan psikologi yang keberadaannya di tempat kerja dapat mempengaruhi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja. Faktor fisika adalah faktor yang dapat mempengaruhi aktifitas pekerja yang bersifat pekerja seperti kebisingan, getaran, tekanan udara, pencahayaan dan lain sebagainya. Faktor kimia adalah faktor yang dapat mempengaruhi aktifitas tenaga kerja bersifat kimiawi, seperti gas, uap, dan partikulat. Faktor biologi adalah faktor yang dapat mempengaruhi aktifitas pekerja yang bersifat biologi seperti hewan, tumbuhan dan produk. Faktor ergonomi adalah faktor yang dapat mempengaruhi aktifitas pekerja yang disebabkan oleh ketidak sesuaian antara fasilitas kerja yang meliputi cara kerja, posisi kerja, alat kerja, dan beban angkat terhadap tenaga kerja. Faktor psikologi adalah faktor yang mempengaruhi aktifitas pekerja disebabkan oleh hubungan antar personal di tempat kerja, peran, dan tanggung jawab terhadap pekerjaan (PERMENAKER, 2018).

Setiap tempat kerja memiliki potensi bahaya yang sewaktu – waktu mengancam para pekerja maupun masyarakat sekitar yang berada di lokasi kerja. Agar bahaya yang mengancam dapat diatasi, maka setiap pemilik usaha maupun personil pengawas kerja, harus melakukan pengukuran lingkungan kerja. Pengukuran lingkungan kerja dilakukan untuk mengetahui tingkat pajanan faktor fisika, kimia, biologi ergonomi serta psikologi terhadap pekerja (PERMENAKER, 2018)

Kenyamanan ruangan kerja menjadi hal penting bagi penghuni ruangan. Unsur kenyamanan meliputi kenyamanan teknis, kelembaban, akustik, penerangan dan visual termasuk kualitas udara dalam ruangan yang dipengaruhi oleh semua elemen yang berada dalam ruangan itu sendiri, termasuk perilaku pengguna ruangan dan system ventilasi serta sirkulasi udara. Bahan pencemar seperti Oksida Nitrogen, Karbon Dioksida, Formaldehid dan Mikroorganisme di udara dalam ruangan,

diharapkan dapat dinetralisir dengan adanya pergerakan udara, sehingga dapat memperbaiki kualitas udara, dan meningkatkan kenyamanan dan kesehatan pengguna ruangan tersebut (Moerdjoko, 2004). Sumber pencemar udara biologi adalah mikroorganisme. Hadirnya pencemar biologi di udara menyebabkan berbagai penyakit yang dapat membahayakan pengguna ruangan kerja, mulai dari penyakit pada kulit, mata, dan pernafasan. Umumnya, polutan pencemar udara biologi dalam ruangan berasal dari bawaan manusia dan debu yang bertebangan. Debu yang mengandung mikroorganisme seperti bakteri, virus, jamur, dan parasit antara lain berasal dari tanah, kotoran hewan/manusia dan bahan buangan lain. Normalnya, udara tidak memiliki makhluk hidup apapun yang hidup di dalamnya, karena bakteri maupun mikroorganisme lainnya tidak dapat hidup melayang di udara. Adanya bakteri dan mikroorganisme yang ditemukan di udara berasal dari kotoran dan bahan buangan lainnya yang terbawa oleh angin hingga masuk ke dalam ruangan, menempel pada permukaan benda dan terbawa oleh manusia. Kelompok mikroorganisme yang paling banyak tersebar di udara bebas adalah bakteri, jamur (termasuk di dalamnya ragi) dan juga mikroalga, namun bukan berhabitat aslinya di udara.

## **2.2 Pencemaran Udara di Tempat Kerja**

### **2.1.1 Pengertian Pencemaran Udara**

Udara merupakan sumber daya alam yang berfungsi menyejahterakan manusia dan makhluk lainnya (PP 41, 1999). Udara dapat dikatakan tercemar apabila hadirnya kontaminan asing seperti kabut, busa, debu, bau bauan, asap, dan uap dalam kuantitas tertentu yang dapat menimbulkan gangguan terhadap kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya, dengan kata lain, udara telah melampaui baku mutu kualitas udara dan tidak lagi sesuai dengan peruntukannya. Hadirnya kontaminan asing ini tidak serta merta hanya sesaat saja, namun juga dalam waktu yang cukup lama.

Menurut Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, dijelaskan bahwa pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lainnya ke

dalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu udara ambien yang telah ditetapkan (PP 22, 2021).

### 2.1.2 Jenis Pencemaran Udara

Kualitas udara dalam ruangan merupakan kualitas udara yang berada dalam dan sekitar ruangan yang berkaitan dengan kesehatan dan kenyamanan manusia yang mendiami suatu tempat tersebut (EPA, 2017). Kualitas udara yang baik diidentifikasi sebagai udara yang bebas bahan pencemar penyebab ketidak nyamanan dan terganggunya kesehatan penghuni ruangan (Candrasari, 2013).

Pencemaran udara dapat terjadi dimana saja, termasuk dalam lingkungan kuliah dan sarana prasarana pendidikan lainnya. Lingkungan kuliah adalah tatanan yang dapat melindungi peserta didik dan staf dari kecelakaan dan penyakit serta dapat meningkatkan kegiatan pencegahan dan pengembangan sikap terhadap faktor resiko yang dapat menyebabkan penyakit. Lingkungan fisik kuliah harus dapat memenuhi kriteria yang salah satunya adalah melindungi insan kuliah dari ancaman biologis dan berbagai macam penyakit (Kepmenkes, 2002).

Pencemaran udara terbagi atas 2, pencemaran udara dalam ruangan (*indoor air pollution*) dan pencemaran udara luar ruangan (*outdoor air pollution*).

#### a. Pencemaran Udara dalam Ruangan (*indoor air pollution*).

Pencemaran udara dalam ruangan merupakan proses masuknya zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam udara suatu ruangan baik berupa bahan padat, cair, maupun gas. Masalah pencemaran udara dalam ruangan ini cenderung menjadi masalah disebabkan manusia lebih sering berada di dalam ruangan, disaat yang sama, ruangan yang memiliki besar dan luasan yang terbatas membuat udara cenderung terhalang untuk bergerak, sehingga polutan yang terbawa lebih lama terperangkap dalam ruangan (Chan, 2008). Pencemaran udara dalam ruangan tidak berhubungan langsung dengan kondisi emisi global namun berdampak pada keterpaparan seseorang yang berada dalam ruangan tersebut.

*World Health Organization* (WHO) menyatakan bahwa pencemaran udara yang terjadi dalam ruangan berpotensi seribu kali lebih dapat mencapai paru paru

dibandingkan dengan pencemaran udara di luar ruangan. Menurut *Environmental Protection Agency of America* (EPA) dalam Liyastuti (2010), polusi dalam ruangan menduduki peringkat ke tiga faktor lingkungan beresiko terhadap kesehatan manusia, dengan kualitas udara dalam ruangan 2 – 5 kali lebih buruk daripada luar ruangan (Liyastuti, 2010). Timbulnya pencemaran udara dalam ruangan dapat disebabkan berbagai hal, seperti kurangnya sistem ventilasi, kontaminasi dari dalam maupun luar ruangan, mikroba, material bangunan, dan berbagai faktor lainnya.

b. Pencemaran Udara Luar Ruangan (*Outdoor Air Pollution*)

Pencemaran udara luar ruangan merupakan proses masuknya zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam udara bebas baik berupa bahan padat, cair, maupun gas. Pencemaran udara luar ruangan merupakan proses masuknya zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam udara suatu ruangan baik berupa bahan padat, cair, maupun gas (Budiyono, 2001). Meskipun pencemaran udara luar ruangan tidak memiliki potensi besar mengganggu sistem pernafasan manusia seperti pada pencemaran udara dalam ruangan, namun pencemaran udara luar ruangan sebenarnya juga menjadi masalah yang sangat serius dikarenakan berkaitan langsung dengan emisi global yang kemudian juga menyebabkan terjadinya efek rumah kaca.

### 2.1.3 Sumber Pencemaran Udara pada Lingkungan Kerja

Sumber pencemar adalah setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan bahan pencemar ke udara yang menyebabkan udara tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya (PP 41, 1999). Klasifikasi sumber pencemar udara yaitu:

a. Berdasarkan Kegiatan yang Menghasilkan Polutan

1. Alamiah

Sumber pencemar alamiah yaitu polutan yang berasal dari aktifitas alam, seperti adanya gunung meletus. Polutan yang berasal dari gunung berapi bersifat racun karena adanya kandungan belerang H<sub>2</sub>S dan butiran debu yang mengganggu sistem pernafasan dan penglihatan (Sumardi, 2009).

## 2. Antropogenik

Sumber pencemar antropogenik yaitu polutan yang berasal dari kegiatan dan aktifitas manusia yang menghasilkan emisi gas buang, seperti kegiatan transportasi, industri, dan kebakaran hutan. Emisi dari kegiatan ini menghasilkan berbagai zat berbahaya yang mampu masuk ke dalam darah dan berikatan dengan hemoglobin. Hemoglobin yang seharusnya berikatan dengan oksigen akan terhalang dan hal ini dapat menyebabkan berbagai penyakit serius lainnya seperti *baby blues syndrome* (Sumardi, 2009).

### b. Berdasarkan Pergerakan

#### - Sumber Bergerak

Sumber pencemar bergerak merupakan sumber emisi yang senantiasa bergerak, seperti emisi dari transportasi. Emisi transportasi dikatakan berbahaya karena mengandung zat timbal, karbon monoksida, nitrogen oksida, dan hidrokarbon yang selain menjadi penyebab gas rumah kaca, juga dapat menyebabkan manusia keracunan pencemar tersebut jika terhirup dalam jumlah yang banyak (Irwan, 2009).

#### - Sumber Tidak Bergerak

Sumber pencemar udara tidak bergerak yaitu sumber emisi yang tidak bergerak, meliputi cerobong asap pabrik, gas buangan pada tempat pembuangan sampah (TPA), asap pembakaran sampah, dan macet pada kendaraan yang terjadi di jalan raya (Irwan, 2009).

### c. Berdasarkan Bentuk Fisik dan Susunan Kimianya.

#### 1. Gas

Polutan udara berupa gas terbagi dalam polutan organik dan anorganik. Gas organik berupa gas hidrokarbon, benzena, etilen, alkohol, dan beberapa zat lainnya. Gas anorganik biasanya berasal dari persenyawaan karbon seperti asap kendaraan bermotor, persenyawaan nitrogen, belerang, dan halogen (Sumardjo, 2009).



## 2. Partikulat

Polutan udara partikulat yang umumnya ditemui berupa *Total Suspended Partikulat* (TSP) dan debu. Partikel memiliki ukuran lebih besar dari 0,0002 mikron, namun lebih kecil dari 500 mikron. Adanya partikulat di udara dapat menyebabkan masalah iritasi mata dan pernafasan (Sumardjo, 2009).

### d. Berdasarkan pola emisi (Samadi, 2007)

#### 1. Titik

Pola emisi titik yaitu emisi yang dihasilkan dari satu titik yang diam dan bersifat kontinu, seperti cerobong asap pabrik, asap pembakaran pada tungku pemanas dalam rumah, dan asap pembakaran dari beberapa usaha rumahan.

#### 2. Garis

Pola emisi garis yaitu emisi yang dihasilkan pada area yang relatif panjang dan membentuk suatu garis. Bisa juga akibat gabungan beberapa pola titik. Contohnya yaitu emisi pada kendaraan di jalan raya

#### 3. Area

Pola emisi area berasal dari pola titik yang memiliki banyak sumber di lokasi yang sama, seperti pada area Tempat Pengolahan Akhir (TPA) sampah.

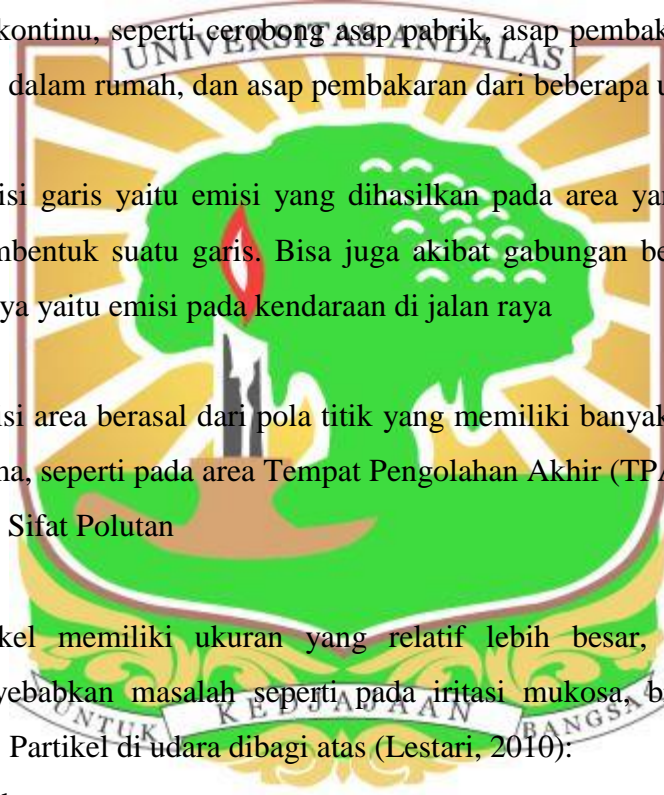
### e. Berdasarkan Sifat Polutan

#### 1. Fisik

a) Partikel memiliki ukuran yang relatif lebih besar, sehingga banyak menyebabkan masalah seperti pada iritasi mukosa, bronchitis, fibrosis paru. Partikel di udara dibagi atas (Lestari, 2010):

##### r Debu

Memiliki ukuran 0,1 – 25 mikron, namun pada debu yang berukuran dibawah 5 mikron dapat masuk menuju alveoli yang biasanya dihasilkan pada proses peledakan, pengikisan, maupun penghancuran. Contoh debu yaitu tepung, debu batubara, dan lain sebagainya.



r Fiber

Merupakan partikel yang menyerupai serat, berukuran pada rentang 3 – 5 mikron. Fiber terbagi dalam fiber organik seperti kapas, dan fiber anorganik seperti silika.

r Fume

Terbentuk dari uap padatan yang mengkondensasi udara, memiliki ukuran kurang dari 1 mikron. Fume berasal dari kegiatan logam seperti pengelasan, dan pengecoran.

r Smoke

Yaitu perpaduan antara karbon dan partikel yang berukuran kurang dari 0,1 mikron. Smoke berasal dari pembakaran tidak sempurna bahan yang berbasah dasar dari karbon, seperti asap rokok, asap pembakaran batu bara, dan asap pembakaran kendaraan bermotor.

b. Padatan Cair (aerosol Cair)

r *Mist*

Terbentuk pada proses kondensasi uap menjadi cairan atau bisa juga karena pemecahan cairan menjadi uap di udara karena penyemprotan dan atomisasi. Contohnya yaitu pada cat semprot.

r *Fog*

Memiliki ukuran yang lebih kecil daripada *mist*, dan sering pula disebut dengan nama kabut yang merupakan pencampuran air di udara

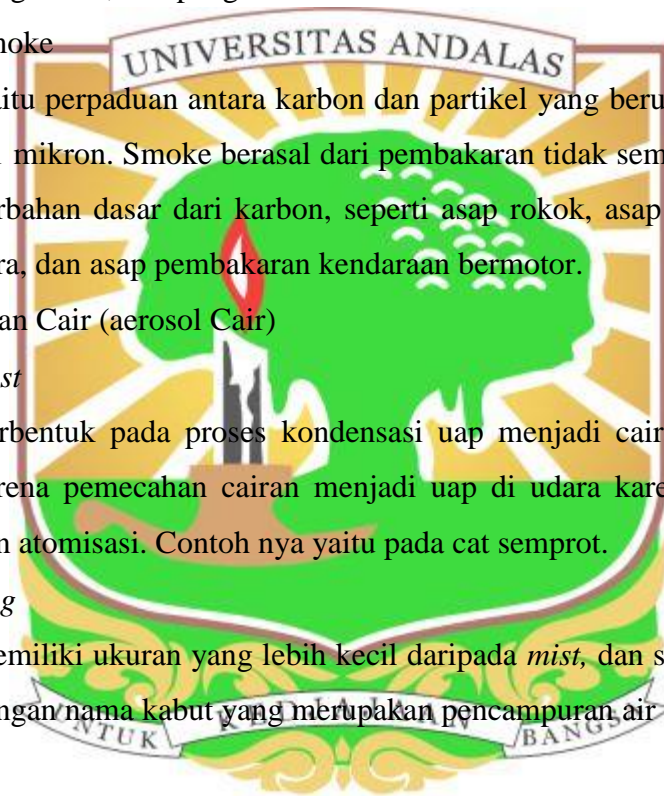
2. Kimia

a. Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)

Merupakan zat asam arang yang terdiri dari 2 atom oksigen yang terikat secara kovalen dengan atom karbon. Sifat gas ini bersifat racun, dan dapat mengganggu konsentrasi dan kinerja otot (Muchtari, 2007).

b. Karbon monoksida (CO)

Merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, namun sama halnya dengan gas CO<sub>2</sub>, gas CO juga memiliki dampak buruk bagi kesehatan karena



bersifat racun, dan mampu terikat di dalam darah yang kemudian menyebabkan keracunan pada paru paru (Harrington, 2005).

c. Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>)

Merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, dan sangat beracun bagi paru paru (Harrington, 2005). Pada konsentrasi tinggi NO<sub>x</sub> mengganggu sistem syaraf dan mampu menyebabkan kelumpuhan. Jumlah NO<sub>x</sub> biasanya dipengaruhi kegiatan manusia seperti emisi kendaraan bermotor.

- Biologi

Sumber pencemar udara biologi adalah mikroorganisme. Mikroorganisme merupakan jasad renik berukuran kecil yang terbagi atas uniseluler dan multiseluler. Mikroorganisme terbagi atas beberapa seperti bakteri, virus, jamur, dan parasit. Dampak yang dapat disebabkan oleh mikroorganisme berupa iritasi mata, iritasi kulit, gangguan pernafasan, dan lain sebagainya (Chan, 2008). Mikroorganisme pada udara bukanlah mikroorganisme yang memiliki habitat asli di udara, melainkan berasal dari aktifitas manusia dan debu tanah yang terbawa angin, udara hanya sebagai media sementara mikroorganisme di lingkungan.

#### **2.1.4 Persyaratan Standar Kualitas Udara Ruang Kerja**

Di Indonesia terdapat beberapa peraturan yang menjadi baku mutu sekaligus menegaskan aturan tentang sanitasi ruangan kerja yang baik. Peraturan tersebut yaitu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 48 tahun 2016, dan Peraturan Menteri Ketenagakerjaan RI No 5 tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Lingkungan Kerja, yang masing peraturan tersebut mempunyai baku mutu yang hampir sama.

**Tabel 2.1 Persyaratan Standar Kualitas Udara Ruang Kerja**

No	Parameter Fisik	PERMENKES RI No 48 tahun 2016	PERMENAKER RI No 5 tahun 2018
1.	Suhu	23 <sup>0</sup> C – 26 <sup>0</sup> C	23 <sup>0</sup> C – 26 <sup>0</sup> C (suhu kering)
2.	Kelembaban	40% - 60%	40% - 60%
3.	Cahaya	Minimal 300 lux	Minimal 200 lux (untuk pekerjaan yang butuh ketelitian lebih)
4.	Mikroorganisme	Bakteri: maksimal 700 CFU/ m <sup>3</sup>	Bakteri: maksimal 700 CFU/ m <sup>3</sup> (bebas mikroba patogen)
5.	Kepadatan Hunian	Ruang udara: 10 – 15 m <sup>3</sup> Luas lantai kerja: minimal 2,2 m <sup>2</sup>	-

### 2.3 Sistem Ventilasi Ruangan

Ventilasi adalah proses penggantian udara dalam ruangan dengan udara luar ruangan untuk menciptakan kondisi optimal bagi manusia di lingkungan dalam ruangan, dengan harapan sehat dan nyaman dengan cara membuang polutan dalam ruangan, menambah atau mengurangi kelembapan, dan menyediakan suhu hangat atau dingin (Moerdjoko, 2004). Sedangkan menurut SNI 03-6572-2001, ventilasi merupakan proses untuk mencatu udara segar ke dalam bangunan gedung dalam jumlah yang sesuai kebutuhan (SNI 03-6572- 2001)

Sistem ventilasi adalah masalah pergerakan udara dimana udara dalam ruangan selalu mengalir sehingga udara yang buruk selalu berganti dengan udara yang bersih. Dengan udara yang selalu bergerak diharapkan kondisi udara di dalam ruangan akan bertambah baik, meliputi kenyamanan dan kualitasnya (Moerdjoko, 2004). Ventilasi dibutuhkan agar udara di dalam ruangan tetap sehat dan nyaman. Apabila ventilasi dalam ruangan tidak memenuhi standar, maka kualitas udara menjadi buruk dan dampaknya akan menimbulkan masalah kesehatan pada penghuninya (Vidyautami, 2015)

Ventilasi yang dimaksud 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) .

Fungsi ventilasi dapat disimpulkan sebagai (Hadi, 2007):

- a) Menghilangkan emisi gas gas yang dihasilkan selama aktifitas di dalam ruangan, termasuk menghilangkan bau bau tak sedap lainnya;
- b) Menghilangkan uap air yang dihasilkan selama kegiatan di dalam ruangan seperti uap air pada dapur sebagai hasil proses memasak yang berdampak meningkatkan kelembaban udara;
- c) Menghilangkan kalor yang berlebihan dalam ruangan yang dapat mengakibatkan peningkatan suhu ruangan;
- d) Meningkatkan rasa nyaman pengguna ruangan.

Tujuan dari ventilasi berupa (SNI 03-6572-2001):

- a. Menyediakan pasokan udara segar di luar secara kontinu
- b. Mempertahankan suhu dan kelembaban di tingkat yang nyaman.
- c. Mengurangi potensi bahaya kebakaran atau ledakan.
- d. Mencairkan konsentrasi kontaminan dalam udara di lingkungan tempat kerja
- e. Mengontrol kontaminan meliputi:
  - ◁ Menghilangkan penggunaan bahan kimia berbahaya atau material,
  - ◁ Penggantian dengan bahan kimia yang kurang beracun, atau perubahan proses
- f. Menghilangkan gas – gas yang tidak menyenangkan yang ditimbulkan oleh keringat dan sebagainya dan gas – gas pembakaran (CO<sub>2</sub>) yang ditimbulkan oleh pernafasan dan proses – proses pembakaran.
- g. Menghilangkan uap air yang timbul sewaktu memasak, mandi dan sebagainya.
- h. Menghilangkan kalor yang berlebihan.
- i. Membantu mendapatkan kenyamanan termal

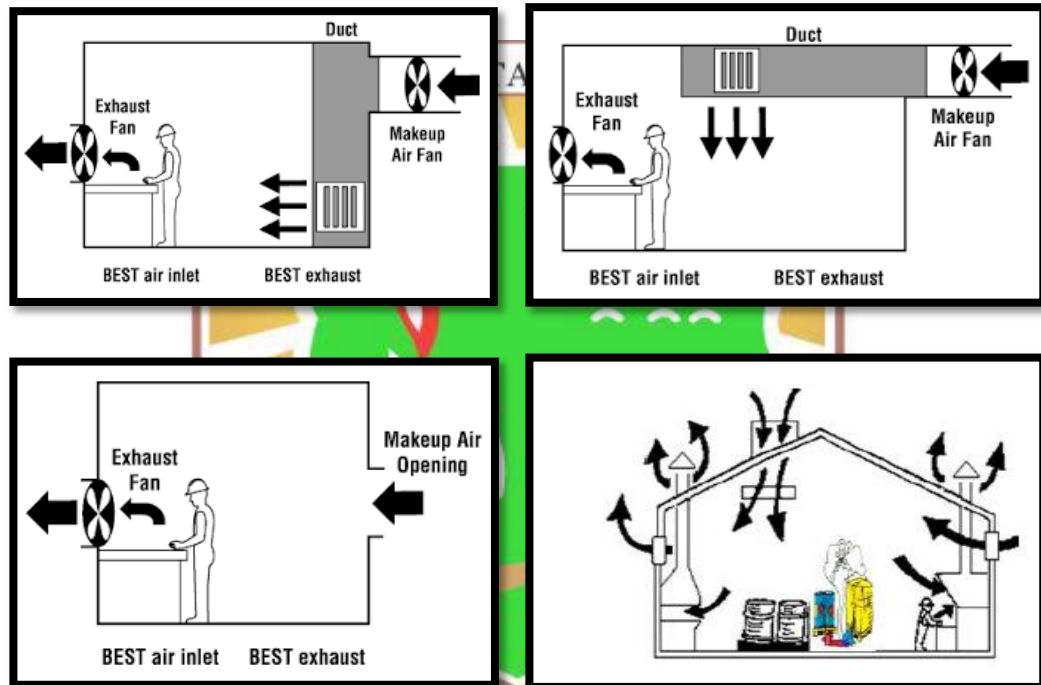
Jenis ventilasi di tempat kerja meliputi:

- a. *Dilusi (general) ventilasi/ Ventilasi Pengenceran Udara*

Pengenceran terhadap udara yang terkontaminasi di dalam bangunan atau ruangan, dengan meniup udara bersih (tidak tercemar). Tujuannya untuk mengendalikan bahaya di tempat kerja. Dilusi ventilasi biasanya dicapai dengan cara mengencerkan udara yang terkontaminasi atau mengandung gas yang

mudah terbakar dengan meniupkan udara ketempat kerja dan mengeluarkan kembali lewat saluran buang. Ventilasi pengenceran udara dapat lebih efektif jika exhaust fan terletak dekat dengan pekerja yang terpapar dan udara yang di makeup terletak di belakang pekerja sehingga udara yang tercemar akan jauh dari zona pernapasan pekerja.

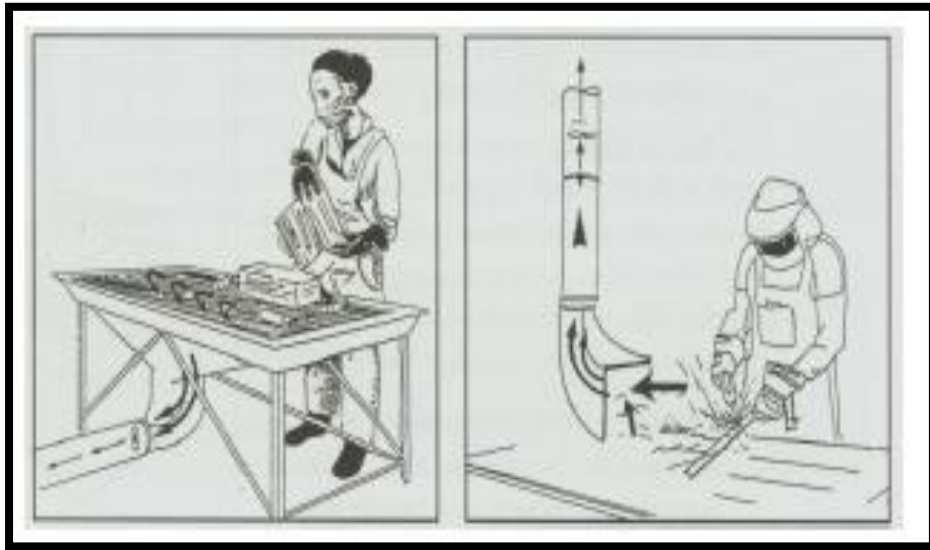
Contoh penerapan ventilasi dilusi menurut *ACGIH* (*American Conference of Governmental of Industrial Hygienist*):



**Gambar 2.1** Saran penempatan ventilasi menurut **ACGIH**  
(sumber: *ACGIH, 1998*)

b. *Local exhaust ventilasi/ Ventilasi lokal*

Proses pengisapan dan pengeluaran udara terkontaminasi secara serentak dari sumber pencemaran sebelum udara berkontaminasi berada pada ketinggian zona pernapasan dan menyebar ke seluruh ruang kerja. Umumnya ventilasi jenis ini di tempatkan sangat dekat dengan sumber emisi. Tujuan dari sistem ini adalah mengeluarkan udara kontaminan bahan kimia dari sumber tanpa memberikan kesempatan kontaminan mengalami difusi dengan udara di tempat kerja.



**Gambar 2.2 Penempatan ventilasi pengeluaran setempat**  
(sumber: ACGIH, 1998)

c. *Exhausted Enclosure* ( ventilasi sistem tertutup)

Dimana kontaminan yang beracun yang dipancarkan dari sumber dengan kecepatan tinggi harus dikendalikan dengan diisolasi sempurna atau menutup proses (khususnya pekerjaan blasting) Pekerjaan *blasting* adalah proses yang tertutup, misalnya emisi debu silica yang sangat besar

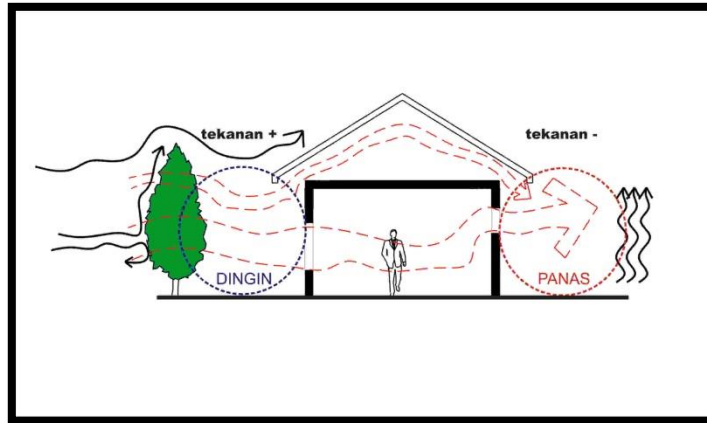
d. *Comfort ventilation* (ventilasi kenyamanan)

Pertukaran udara di dalam industri merupakan bagian dari AC, sering digunakan bersama-sama dengan alat pemanas atau alat pendingin dan alat pengatur kelembaban

Ventilasi terbagi dalam dua jenis, yaitu ventilasi alami dan ventilasi buatan.

**2.3.1 Sistem Ventilasi Alami**

Ventilasi alami merupakan tempat pertukaran udara dari luar ke dalam ruangan tanpa bantuan alat, mesin maupun listrik sehingga tidak memiliki saringan udara (Prawira,2011). Ventilasi alami terdiri atas jendela, bukaan pintu, atau sarana lain yang dapat memasukkan udara tanpa bantuan teknologi atau mesin (SNI 03-6572, 2001).



Gambar 2.3 Sistem Ventilasi Alami  
(sumber: Pribadi SB, 2013)

Dengan ventilasi alami, masuk dan keluarnya udara berjalan secara alamiah tanpa menggunakan alat. Sistem ventilasi alami ini tergantung pada kekuatan angin dan perbedaan tekanan udara serta temperatur di luar dan di dalam ruangan. Angin yang menerpa bangunan akan mengakibatkan tekanan positif (+) pada bidang penerima angin datang, dan mengakibatkan tekanan negatif (-) pada bidang yang berlawanan dan pada bidang samping. Hal ini menyebabkan udara masuk ke dalam bangunan melalui lubang – lubang ventilasi dari berbagai tekanan positif ke arah tekanan negatif. Aliran udara dalam ruang juga dapat terjadi karena perbedaan temperatur udara yang mengakibatkan perbedaan tekanan secara vertikal (Moerdjoko, 2004)

### 2.3.2 Sistem Ventilasi Buatan (Air Conditioner (AC))

Ventilasi buatan merupakan pertukaran udara dengan bantuan alat, mesin ataupun listrik, biasanya juga disebut dengan ventilasi mekanik (Prawira, 2011). Pada metode ventilasi mekanis, digunakan perangkat yang memiliki perangkat yang ditenagai oleh listrik untuk mengalirkan udara. Kipas dan blower adalah sebagian perangkat yang digunakan pada metode ini. Dengan metode ini, pasokan udara tidak tergantung pada kecepatan angin yang berada diluar ruangan. Selain itu sistem ini lebih ekonomis dibandingkan dengan ventilasi natural (Ericcson, 2013). Ventilasi buatan dapat berupa penerapan AC, *cooling fan*, dan pengembangan teknologi yang dapat mengontrol keluar masuknya udara dalam ruangan.

AC adalah tempat sirkulasi udara yang menangkap udara panas dalam ruangan yang bertemperatur rendah. Pada prinsipnya, kipas sentrifugal AC yang terdapat pada evaporator menyerap udara panas dalam ruangan, kemudian dipompakan oleh kompresor, lalu bersentuhan dengan pipa *coil* yang di dalamnya ada gas pendingin (*freon*) sehingga udara yang dikeluarkan ke dalam ruangan menjadi dingin (Handoko, 2008). Awal diperkenalkan, AC hanya sebagai alat elektronik yang dipergunakan menurunkan suhu udara, tidak ada kelebihan lain yang ikut ditambahkan.

Dalam beberapa tahun terakhir ini, AC mengalami resolusi terbaru, seperti dikembangkannya AC dengan kelebihan anti bakteri. AC dengan jenis ini mampu membunuh bakteri dan virus yang menempel pada dinding dan filter AC, sehingga AC tidak terkontaminasi bakteri di udara, serta tidak menyebarkannya ke dalam ruangan yang menggunakan AC tersebut. Teknologi ini dinilai mampu menghasilkan udara sejuk, segar, dan sehat. Salah satunya AC yang telah didukung dengan teknologi *Nanoe G*, dimana fungsinya adalah menonaktifkan kuman hingga 99%.

#### **2.4 Mikroorganisme**

Mikroorganisme atau mikroba adalah organisme yang berukuran sangat kecil, dan untuk melihat dibutuhkan alat bantuan, yang terdiri atas bakteri, fungi, dan virus. (Chan dan Pelczar, 1988). Mikroorganisme terdapat hampir dalam semua benda, dalam air, tanah, udara, maupun makhluk hidup (Waluyo, 2007). Udara bukan merupakan medium tempat mikroba tumbuh, tetapi merupakan pembawa bahan partikulat, debu, dan tetesan air yang semuanya sangat mungkin dimuati mikroba (Pepper, 2004). Mikroba tidak dapat hidup di udara dikarenakan udara tidak mengandung komponen nutrisi yang penting untuk bakteri. Bakteri yang berasal dari udara biasanya akan menempel pada permukaan tanah, lantai, maupun ruangan. Kelompok mikroorganisme yang paling banyak tersebar di udara bebas adalah bakteri, jamur (termasuk di dalamnya ragi) dan juga mikroalga, namun bukan berhabitat aslinya di udara. Mikroorganisme di udara berada dalam jumlah yang relatif kecil bila dibandingkan dengan di air atau di tanah (Madigan, 2009).

### 2.4.1 Bakteri di Udara

Mikroba atau mikroorganisme yang berada di udara disebut dengan bioaerosol. Udara tidak memiliki flora alami dikarenakan organisme tidak dapat hidup melayang di dalam udara, mikroba yang terdapat di udara biasanya terbawa dari aktifitas manusia, atau terbawa partikel debu (Candrasari, 2013). Di udara terbuka, kebanyakan bakteri berasal dari tanah. Bakteri ini kemudian akan mengendap pada lantai, tanah, perabotan rumah, maupun menempel pada penghuni ruangan (Waluyo, 2007). Debu yang menjadi media hidup bakteri dalam ruangan juga memiliki dampak negatif tersendiri pada furnitur ruangan. Pada furnitur kayu, bakteri yang menempel akan menyebabkan pengerosan, bingkai kayu yang menjadi lunak hingga dapat berjamur akan menyebabkan bau tidak sedap di dalam ruangan. Bakteri pada ruangan umumnya termasuk bakteri saprofit yang bersifat non patogenik, namun, jika bakteri non patogenik tersebut terkumpul dalam konsentrasi yang cukup tinggi, sifatnya akan sama seperti bakteri patogenik (Chan dan Pelczar, 1988).

Kehadiran droplet di udara dapat mempengaruhi kandungan jumlah bakteri udara. Droplet menjadi media persebaran bakteri di udara yang dikeluarkan melalui mulut maupun hidung ketika berbicara, batuk, dan bersin. Droplet yang berukuran kecil biasanya akan melayang layang di udara, dan akan tetap berada di udara jika di lingkungan tersebut banyak aktifitas manusia yang mempengaruhi gerakan udara, sedangkan droplet dengan ukuran yang lebih besar akan lebih cepat mengendap dan jatuh sebagai debu (Waluyo, 2007).

Menurut Iswadi (2014), jenis bakteri yang dapat diperoleh dari udara adalah *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, dan jenis bakteri *Sp1*. Jenis bakteri *Sp1* menunjukkan jenis bakteri yang belum berhasil diidentifikasi karena keterbatasan informasi yang diperoleh peneliti untuk melakukan uji lebih lanjut agar jenis bakteri ini dapat diidentifikasi (Iswadi, 2014). Bakteri bakteri ini merupakan jenis bakteri yang biasanya dapat ditemukan dalam tubuh manusia dan dalam jumlah kecil tidak menimbulkan dampak serius pada manusia, namun apabila kehadiran bakteri tersebut dalam jumlah yang besar dan hidup dalam tubuh manusia yang relatif

rentan, bakteri tersebut mampu menyebabkan berbagai macam penyakit pernafasan (Imaniar, 2013)

## 2.4.2 Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Bakteri

### a. Nutrisi

Nutrisi dibutuhkan sebagai sumber energi. Nutrisi secara umum yang dibutuhkan bakteri adalah yang mengandung sumber karbon, sumber nitrogen, ion anorganik tertentu seperti Fe, dan K, metabolit penting seperti vitamin dan asam amino, serta air (Harti, 2015).

Keadaan ketiadaan atau kurangnya sumber – sumber nutrisi ini menyebabkan terganggunya pertumbuhan bakteri, bahkan dapat menyebabkan kematian pada bakteri. Kondisi yang sangat mendukung bakteri untuk tumbuh dan berkembang adalah kondisi dimana lingkungan tidak bersih (tidak higienis) (Vindrahapsari, 2016).

Media *nutrient agar* merupakan media berbentuk padat yang mengandung sumber nitrogen untuk pertumbuhan bakteri. Komposisi media *nutrient agar* terdiri dari pepton, daging sapi, NaCl, dan agar (Harti, 2015).

### b. Suhu

Setiap bakteri memiliki suhu optimum untuk berkembang, suhu yang tidak optimum bagi bakteri, akan menyebabkan bakteri tidak berkembang dan mati. Suhu lingkungan yang lebih tinggi dari suhu optimum yang dibutuhkan bakteri akan menyebabkan bakteri mengalami denaturasi protein dan sel esensial lainnya, sehingga sel akan mati. Demikian halnya pada suhu yang di bawah suhu optimum, membran sitoplasma tidak akan berwujud cair, sehingga transportasi zat akan terhalang dan proses kehidupan sel akan terhenti (Purnawijayanti, 2006).

Berdasarkan suhu pertumbuhan bakteri, bakteri dapat dikelompokkan menjadi 4 kelompok (Pratiwi, 2008):

#### 1. Psikrofil

Yaitu organisme yang dapat hidup pada suhu maksimum 20<sup>0</sup>C. Suhu optimum pada organisme jenis ini berada pada rentang 10<sup>0</sup>C – 20<sup>0</sup>C. Biasanya banyak diisolasi dari habitat Arktik dan Antartika.

## 2. Psikrofil Fakultatif/ Psikotrof

Yaitu organisme yang dapat hidup pada suhu maksimum  $30^{\circ}\text{C}$ . Suhu optimum pada organisme jenis ini berada pada rentang  $20^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$  dan masih dapat tumbuh pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$ , merupakan organisme utama penyebab kerusakan makanan.

## 3. Mesofil

Yaitu organisme yang tumbuh pada suhu minimum  $15^{\circ}\text{C}$ , suhu optimum pada rentang  $20^{\circ}\text{C} - 45^{\circ}\text{C}$  dan umumnya merupakan organisme patogen pada manusia.

## 4. Termofil

Yaitu organisme yang memiliki suhu optimum diatas  $45^{\circ}\text{C}$ , kisaran suhu optimalnya berada pada  $55^{\circ}\text{C} - 65^{\circ}\text{C}$  dan maksimum  $100^{\circ}\text{C}$ .

Terdapat beberapa penelitian yang pernah menguji pengaruh suhu terhadap konsentrasi mikroba di udara. Sari (2018) dalam penelitiannya menyatakan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara suhu dan kelembaban udara dengan jumlah mikroorganisme ruang rawat inap RSUD. dr. Soebandi Jember (Sari, 2018).

### c. Ketersediaan Oksigen

Oksigen dibutuhkan bakteri untuk proses respirasi, sebagai pengubah makanan menjadi energi. Berdasarkan kebutuhan oksigennya, bakteri dibagi atas beberapa macam, yaitu (Waluyo, 2007):

1. Aerobik, yaitu mikroorganisme yang membutuhkan oksigen untuk bernafas
2. Anaerobik, yaitu mikroorganisme yang tidak membutuhkan oksigen dan cenderung tidak dapat hidup bila berada dalam lingkungan yang mengandung oksigen.
3. Anaerob Fakultatif, yaitu mikroorganisme yang mampu bertahan hidup dalam lingkungan dengan atau tanpa oksigen.
4. Mikroaerofil, yaitu mikroorganisme yang memerlukan oksigen, namun hanya dapat tumbuh bila kadar oksigen diturunkan menjadi 15% atau kurang.



d. pH

pH dibutuhkan bakteri dalam membantu proses metabolisme. Aktifitas enzim dari bakteri hanya bekerja pada pH yang optimum, yaitu berkisaran pada kisaran 6,5 – 7,5. Pada pH dibawah 5 atau melebihi 8,5 bakteri tidak dapat tumbuh dengan baik. Berdasarkan pH, bakteri terbagi atas beberapa kelompok (Rodwell, 2009):

1. Asidofil memiliki rentang pH 6.5 – 7
2. Mesofil memiliki rentang pH 7.5 – 8
3. Alkalofil memiliki rentang pH 8.5 – 9

e. Pencahayaan

Cahaya dapat mempengaruhi pertumbuhan bakteri. Adanya sumber cahaya dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Pada malam hari, pencahayaan yang idel adalah cahaya yang berasal dari listrik, sedangkan di siang hari, cahaya yang ideal adalah yang berasal dari cahaya matahari, namun paparan cahaya matahari yang tinggi UV juga berdampak fatal bahkan kematian pada bakteri (Waluyo, 2007). Alat yang digunakan sebagai pengukur cahaya adalah luxmeter. Menurut Rachmatanri (2015), terdapat hubungan terbalik antara cahaya dengan bakteri, dimana semakin besar cahaya, maka jumlah bakteri akan semakin sedikit.

f. Kelembaban

Kelembaban udara adalah persentase jumlah kandungan air dalam udara. Pengukuran kelembaban udara dilakukan menggunakan alat *hygrometer*. Kelembaban udara sesuai syarat adalah 40% - 60% (PERMENKES, 2016). Umumnya, bakteri akan tumbuh pada kelembaban diatas 85%. Pada ruangan, kelembaban biasanya berasal dari genangan air, lantai rumah, dinding rumah yang tidak tahan air, maupun cahaya yang minim masuk ke ruangan (Fitria, 2008).

Rumah yang tidak memiliki kelembaban yang memenuhi syarat kesehatan akan membawa pengaruh bagi penghuninya. Rumah yang lembab merupakan media yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme, antara lain bakteri dan virus. Mikroorganisme tersebut dapat masuk ke dalam tubuh melalui udara. Selain itu kelembaban yang tinggi dapat menyebabkan membran mukosa hidung menjadi

kering sehingga kurang efektif dalam menghadang mikroorganisme (Liyastuti, 2010)

g. Kepadatan Hunian

Berdasarkan PERMENKES RI No 48 tahun 2016 tentang Standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja Perkantoran, setiap pekerja yang bekerja dalam ruangan kerja mendapatkan ruang udara minimal  $10\text{m}^3$  dan sebaiknya  $15\text{m}^3$ . Jumlah penghuni dalam ruangan dapat mempengaruhi suhu dan kelembaban yang juga akan mempengaruhi persebaran bakteri dalam ruangan. Selain itu, penghuni yang berada dalam ruangan juga dapat membawa bakteri dari luar yang tersebar dalam ruangan, dan mengkontaminasi udara di dalam ruangan tersebut. Berbagai macam aktifitas penghuni ruangan juga dapat menjadi penyebab bakteri menyebar, seperti batuk, bersin dan berbicara.

### 2.4.3 Dampak Bakteri Bagi Kesehatan

Bakteri yang ada dalam ruangan memiliki kemampuan beragam yang menyebabkan reaksi yang cukup beragam. Meskipun jumlah bakteri di udara cukup banyak terhirup, namun tidak dianggap sebagai penyebab penyakit yang serius. Tetapi jika jumlah bakteri ini meningkat berkali kali lipat dari yang semestinya, mereka dapat menyebabkan berbagai penyakit serius lainnya (Sari, 2018)

Berbagai dampak yang ditimbulkan bakteri terhadap kesehatan, mulai dari alergi kecil, gangguan ringan hingga penyakit serius lainnya. Pada udara, persebaran bakteri dapat bertahan cukup lama melalui aerosol yang berukuran kecil dan melayang layang di udara. Aerosol yang melayang di udara dapat terhisap kembali oleh manusia melalui aktivitas berbicara. Berikut pada **Tabel 2.2** beberapa dampak dari bakteri yang berada di udara.

**Tabel 2.2 Dampak dari bakteri di Udara**

No	Bakteri	Dampak
1	<i>Micrococcus sp</i>	Mampu menyebabkan busuk pada makanan dengan cepat
2	<i>Staphylococcus sp</i>	Infeksi bakteremia (infeksi pembuluh darah), osteomielitis infeksi pada tulang), endokarditis, gangguan pencernaan hingga gangguan syaraf
3	<i>Corynebacterium sp</i>	Penyebab penyakit difteri dan kerusakan kulit,
4	<i>Pseudomonas sp</i>	Gangguan pada pencernaan, pernafasan, hingga sistem syaraf pusat
5	<i>Campylobacter</i>	Penyebab radang usus, meningitis, dan <i>Guallain Bare Syndrome (GBS)</i>
6	<i>Bacillus sp</i>	Penyebab muntah, diare, dan penyakit bawaan makanan
7	<i>Acinetobacter sp</i>	Infeksi parah pada darah, saluran kemih, dan paru – paru
8	<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Penyebab penyakit <i>Tuberculosis</i> (TBC)
9	<i>Salmonella typhimurium</i>	Memacu penyakit sering muntah hingga diare
10	<i>Escherichia coli</i>	Menyebabkan diare, perut kram, hingga infeksi pencernaan
11	<i>Shigella sp</i>	Infeksi pada saluran pencernaan
12	<i>Streptococcus beta haemolyticus</i>	Tidak menimbulkan penyakit tetapi beresiko menyebarkan penyakit seperti masalah pernafasan
13	<i>Klebsiella sp</i>	Penyebab penyakit pneumonia, infeksi saluran kemih, sepsis, meningitis, diare, peritorinitis, dna infeksi jaringan lunak
14	<i>Azotobacter</i>	Bakteri yang cenderung menyerap nitrogen, sehingga mampu menyebabkan pingsan dan tekanan darah menurun jika berada pada ruang yang terdapat bakteri <i>Azotobacter</i>

Sumber: (Budiyono, 2001)

## 2.5 Mikroorganisme pada AC

Umumnya, AC memiliki *filter* udara untuk menghilangkan atau mengurangi kemungkinan masuknya zat berbahaya ke dalam ruangan, namun, pada AC yang jarang dibersihkan, hal ini berlaku sebaliknya, bakteri akan lebih cepat berkembang

baik (Moerdjoko, 2004). Berdasarkan riset yang dilakukan NIOSH, lebih dari 50% penyakit pernafasan bersumber dari gangguan fungsi ventilasi dan AC yang buruk, sisanya disebabkan oleh berbagai zat kimia dan fisik. Baik bakteri maupun jamur memiliki kecenderungan menempel pada permukaan AC, dinding, dan sudut dari AC (Yang et al., 2016). Menurut Iswadi (2014), jenis bakteri yang dapat diperoleh dari udara adalah *Staphylococcus*, *Streptococcus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Vidyautami (2015), bakteri yang banyak ditemukan pada ruangan yang menggunakan AC adalah bakteri golongan *Staphylococcus sp* dan *Streptococcus sp* yang bersifat patogen.

Beberapa penyakit yang terjadi dalam ruangan disebabkan oleh AC, hal ini dikarenakan kumparan pendingin pada AC dianggap sebagai tempat yang paling cocok sebagai tempat pertumbuhan mikroba, hal ini karena mikroba membentuk biofilm. Selain itu, mikroba yang tumbuh dalam biofilm ini, juga cenderung lebih mampu bertahan dalam kondisi yang keras dan agen antimikroba tertentu (Khalfallah, 2016)

Udara yang dihasilkan oleh AC mampu menurunkan temperatur yang juga menyebabkan ruangan menjadi lembab. Ruangan yang lembab kemudian akan menyebabkan bakteri tumbuh dan cepat berkembang. Sistem kerja AC adalah menyerap udara panas dan mengubah udara tersebut menjadi dingin, apabila udara panas yang diserap berasal dari lingkungan dengan udara yang tidak sehat, maka udara dingin yang dihasilkan juga akan tidak sehat dan mengandung berbagai bakteri (Vindrahapsari, 2018).

Pada AC dirancang memiliki filter yang dapat menyaring udara yang masuk dan menahan polutan yang melewati filter agar tidak masuk ke ruangan. Namun, dalam tugasnya, filter AC akan kerap menumpuk dan menahan berbagai polutan. Polutan yang terkumpul di dalam filter akan mengubah filter menjadi media tempat bertumbuh dan kembangnya bakteri, oleh karena itu mengapa penting sekali membersihkan filter pada AC. Pada beberapa kasus, AC yang kerap digunakan dalam ruangan sangat jarang dibersihkan maupun dilakukan pemantauan kondisi AC, bahkan hanya jika AC mengalami kerusakan. AC yang jarang dibersihkan akan

membuat banyaknya penumpukan bakteri pada filter AC, sehingga udara yang dihasilkan dalam proses pendinginan mengandung bakteri dan tersebar kembali ke dalam ruangan. Demi mengantisipasi keadaan ancaman bakteri pada AC, teknologi pada AC kembali dikembangkan dan terciptanya AC dengan *Nanoe G* dinilai dapat menghilangkan ruangan dari bakteri yang kemungkina terbawa AC dan berterbangan di udara.

## 2.6 Pemeriksaan Bakteri di Udara

Pada bakteri yang diteliti, biasanya akan disediakan media kultur agar bakteri hidup pada media tersebut yang ditandai dengan adanya suatu koloni. Koloni merupakan perkumpulan dari makhluk hidup yang sama yang menempati suatu tempat, yang hidupnya dekat dan saling bergantung. Beberapa bakteri memiliki ciri koloni yang khas, baik dilihat dari segi bentuknya, elevasi, tepi koloni (Chan dan Pelczar, 1988). Sifat koloni dalam suatu media agar memiliki bentuk seperti titik titik, hingga berkumpul membentuk pola lingkaran, berserat seperti benang, tak teratur, membentuk kumparan, dan lain sebagainya. Bentuk bentuk koloni pun dibedakan dalam beberapa seperti dalam segi elevasi berupa *convex*, *flat*, datar, cembung di tengah, flat dengan pinggir cembung dan terangkat (Irianto, 2007)

Untuk metode kultur koloni pada media kultur ini, terdapat beberapa macam metode kultur untuk menghitung mikroorganisme di udara yang diklasifikasikan berdasarkan prinsip kerjanya. Semua metode kultur menggunakan suatu media pertumbuhan yang dapat berupa agar dalam cawan petri atau agar strips untuk menumbuhkan mikroorganisme yang terjebak. Metode kultur koloni tersebut terbagi atas (Pepper and Gerba, 2004):

### A. Metode Pasif

Cara ini disebut dengan metode pasif karena membiarkan partikel udara mengendap pada permukaan media pertumbuhan. Salah satu metode dalam kelompok ini yaitu *settle plate*.

*Settle plate* adalah suatu wadah dengan ukuran yang telah diketahui dan mengandung medium pertumbuhan steril yang dibuka dengan waktu tertentu untuk mengumpulkan deposit partikel yang dapat tumbuh dari udara (ISO 14698-

1, 2003). *Settle plate* pada pengertiannya adalah cawan, tetapi istilah ini dapat juga bermakna metode dan sering dinamakan juga *exposure plate*.

*Settle plate* tidak mengukur jumlah total partikel viabel dalam udara, melainkan mengukur kecepatan partikel mengendap pada suatu permukaan. Cara ini dapat digunakan untuk menguji secara kualitatif maupun kuantitatif kontaminasi udara terhadap suatu produk. Hal ini dapat dilakukan dengan menentukan hitungan *settle plate* per waktu dengan menghubungkan luas permukaan dan waktu pemaparan, sehingga kemungkinan kontaminasi dapat dikalkulasikan. Sensitivitas cara ini dapat ditingkatkan dengan menggunakan cawan petri berdiameter besar (misalnya 14 cm) dan memperlama waktu pemaparan dengan tetap memperhatikan pencegahan dehidrasi pada medium. Satuan akhir cara ini dapat dinyatakan dalam satuan koloni/dm<sup>2</sup>/jam. (ISO 14698-1, 2003). Selain itu, APHA, AWWA, & WEF SM 9020 (2005) menyarankan densitas koloni pada ruangan laboratorium adalah tidak melebihi 15 koloni/cawan/15 menit atau 160 CFU/m<sup>2</sup>/15 menit pemaparan.

Cara pengambilan sampel metode *exposure plate* adalah dengan memaparkan cawan berisi media pertumbuhan non selektif ke udara terbuka selama waktu tertentu. Partikel udara yang mengendap karena gravitasi akan menempel pada permukaan agar. Pada umumnya cawan dibiarkan selama beberapa menit, selanjutnya diinkubasi pada temperatur yang sesuai. Metode ini cocok digunakan pada ruangan tertutup beraliran udara tenang. Metode ini juga bukan merupakan metode kuantitatif karena tidak dapat dihitung seberapa besar volume udara yang mengendap dan sangat tergantung kecepatan aliran udara dan diameter cawan yang dipakai. Cara ini lebih berguna untuk mengetahui kecenderungan jumlah mikroorganisme di udara secara mudah dan murah.

Perhitungan koloni yang terbentuk akan dihitung dengan metode hitungan cawan. Jumlah koloni mikroba yang dapat dihitung dalam cawan petri adalah yang berkisar kurang 300 koloni, koloni dengan jumlah yang melebihi 300 koloni, akan dicatat terlalu padat untuk dihitung (Waluyo, 2007). Kelebihan metode hitungan cawan antara lain (Harti, 2015):

1. Hanya sel mikroba hidup yang dapat dihitung;
2. Beberapa jasad renik dapat dihitung sekaligus;
3. Dapat digunakan pada isolasi dan identifikasi mikroba.

Sedangkan untuk kelemahan metode ini yaitu:

1. Hasil perhitungan belum tentu menunjukkan hasil pengamatan sebenarnya, karena bisa jadi 2 atau beberapa koloni berdekatan dan terhitung sebagai 1 koloni;
2. Media dan inkubasi yang berbeda kemungkinan akan menghasilkan koloni yang berbeda pula jumlahnya;
3. Media yang digunakan haruslah media yang padat, agar koloni tumbuh kompak dan tidak menyebar;
4. Memerlukan persiapan dan waktu yang relatif agak lama agar bakteri dapat tumbuh dan diamati.
5. Partikel udara yang sangat kecil dan tidak cukup berat untuk terendap menjadi tidak dapat terdeteksi dengan metode ini.

Perhitungan dengan metode cawan dengan menggunakan *standard plate counts* (SPC) sebagai berikut:

1. Cawan yang akan dihitung memiliki jumlah koloni 30 – 300 koloni;
2. Beberapa koloni yang bergabung dihitung sebagai 1 koloni, namun dengan jumlah yang diragukan dapat dihitung sebagai 1 koloni;
3. Koloni yang berbentuk deretan/ rantai dihitung sebagai 1 koloni yang sama

## B. Metode Aktif

Metode pengambilan udara secara aktif adalah dengan memaksa udara bergerak memasuki suatu alat untuk menjebak partikel yang terkandung di dalamnya. Terdapat tiga prinsip dalam pengumpulan sampel udara secara aktif yaitu *impingement*, *impaction*, dan *filtration*.

1. *Impingement* (penumbukan pada cairan)

Dasar teknik ini menjebak partikel udara saat gelembung udara dilewatkan dalam cairan. Alat yang digunakan disebut *impingemet sampler*. Menurut ISO 14698-1 (2003) *impingemet sampler* adalah alat yang dirancang untuk mengambil sampel partikel di udara atau gas lain dengan cara menumbukkan (*collisoin*) dengan permukaan cairan dan kemudian masuk ke dalam cairan tersebut.

Pepper dan Gerba (2004) menjelaskan bahwa salah satu alat yang bisa digunakan pada metode ini adalah *liquid impinger* AGI-30 (ACE Glass, Vineland, NJ). AGI-30 umumnya beroperasi dengan menyedot udara melewati pipa dan masuk ke dalam cairan. Semua partikel di udara akan terjebak dalam cairan tersebut. Alat ini umumnya bekerja pada debit aliran 12,5 L/menit dengan 20 mL volume cairan pengumpul selama 20 menit. Waktu pengambilan sampel yang lebih lama dapat mengakibatkan penguapan yang berlebihan dan kematian mikroorganisme yang telah terlarut.

Jika waktu pengambilan sampel diperpanjang maka akan memperbesar evaporasi cairan dan dapat menonaktifkan mikroorganisme yang telah terjebak. Kelebihan alat ini adalah murah, mudah digunakan, dan *portable*. Jika debit aliran udara tidak dapat ditemukan berdasarkan kecepatan pompa dan diameter pipa penyedot, maka cara ini tidak tergolong cara pengambilan sampel kuantitatif karena satuannya tidak jelas.

Efisiensi dari AGI-30 akan menurun tajam jika dipergunakan lebih dari 30 menit, karena cairan pengumpul yang memiliki viskositas rendah dapat terevaporasi dengan mudah, karenanya, untuk mengantisipasi hal ini, telah dirancang cairan pengumpul dari minyak berupa *non-evaporating heavy white mineral oil* yang mampu mengumpulkan udara selama 4 jam.

## 2. *Impaction* (Penumbukan pada Permukaan Padat)

Dasar teknik *impaction* adalah dengan menempelkan partikel udara pada permukaan padat media dengan cara menumbukkannya. Teknik ini biasanya menggunakan media agar padat sebagai substrat langsung penempelan

partikel udara. Alat yang digunakan disebut sebagai *impact sampler*. *Impact sampler* menurut ISO 14698-1 (2003) adalah alat yang dirancang untuk mengambil sampel partikel di udara atau gas lain dengan cara menumbukkan dengan permukaan padat. Metode ini dikategorikan menjadi tiga alat yaitu *sieve impactor*, *slit impactor*, dan *centrifugal impactor*.

- *Sieve impactor*

Pada alat *sieve* (saringan/ ayakan) *impactor* udara akan ditarik masuk ke dalam pelat lempeng yang memiliki lubang kecil dengan diameter yang diketahui dan partikel tersebut ditumbukkan ke permukaan agar yang telah dipasang di bawahnya. *Sieve impactor* dapat dioperasikan bertumpuk dengan saringan yang berbeda untuk membedakan kecepatan aliran sehingga akan terkumpul partikel dengan ukuran yang berbeda, atau digunakan dengan satu tumpukan yang umumnya memiliki 300 lubang dan menggunakan cawan berdiameter 9 cm (ISO 16000-18, 2011: 3)

Alat pertama dikembangkan adalah Andersen *air sampler*. Udara yang masuk disedot oleh pompa udara, sehingga udara mengalir dari atas ke bawah. Alat ini menggunakan 6 tingkatan tumbukan yang bisa memisahkan partikel berdasarkan ukurannya. Menurut Andersen (1958), setelah pengambilan sampel selesai, cawan dapat langsung diinkubasi tanpa perlakuan apapun. Perhitungan koloni 1 dan 2 dilakukan dengan mata telanjang atau jika terlalu penuh dilihat dengan mikroskop kemudian hasilnya dijumlahkan. Sedangkan pada tingkatan 3 sampai 6 pertumbuhan koloni mengikuti pola aliran udara yang melewati lubang. Hasil hitungan pada tingkat 3 – 6 ini dihitung dengan metode mikroskop atau dikonversikan dengan tabel konversi *positive hole* yang berfungsi sebagai pengoreksi berdasarkan teori probabilitas. Salah satu alat yang memakai metode ini adalah MAS 100 (MBV AG, Switzerland) yang terdiri dari satu tingkatan dan memiliki kecepatan

100 L/menit dan dapat menyedot sampai 200 L setiap siklus. Selain MAS 100, alat lain yang berprinsip sama dengan Andersen *air sampler* adalah SAS (*Surface Air System*) *Super 100* (*Bioscience International, Rockville, MD*) yang mampu menyedot udara dengan kecepatan 100 L/menit. Beberapa varian SAS lainnya yaitu SAS Super 180 (180L/menit) dan Duo SAS 360 (360 L/menit). Tipe Duo SAS 360 memiliki dua tutup sehingga dapat dilakukan pengambilan sampel untuk dua cawan petri sekaligus. Hal ini juga dapat digunakan pada dua media yang berbeda sekaligus, atau untuk replikasi.

- *Slit impactor*

*Slit* (celah) yang terdapat pada alat ini berguna sebagai lubang sempit pemasukan udara kemudian partikel udara ditumbukkan ke permukaan agar yang berputar (ISO 16000-18, 2011: 3). ISO 16000-18 (2011) menjelaskan secara lengkap penggunaan metode *impaction* ini baik *sieve impactor* ataupun *slit impactor* (dipilih salah satu) untuk menghitung spora jamur (diameter  $>1 \mu\text{m} - 30 \mu\text{m}$ ) pada lingkungan dalam ruangan. Alat yang dibutuhkan adalah *impactor sampler*, cawan agar 9 cm, pompa vakum gas volume meter, penyangga, *timer*, dan pelindung alat. Ketinggian pengambilan sampel yang disarankan adalah 0,75 m – 1,5 m di atas lantai. Ketinggian yang lebih rendah dapat menyebabkan debu terhisap oleh alat. Waktu pengambilan sampel umumnya 1 – 10 menit dengan volume tidak dibawah 50 L. Media yang dipakai adalah DG18, MEA, atau PDA dengan suhu inkubasi  $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$ . Media yang telah dilakukan pengambilan sampel sebaiknya dihindarkan dari kekeringan, sinar matahari, panas, debu dan segera dipindahkan ke laboratorium.

- *Centrifugal Impactor*

*Centrifugal sampler* menggunakan pola aliran udara yang berputar untuk mendepositkan partikel udara yang disedot ke dalam alat berdasarkan gaya sentrifugal. Alat yang memakai metode ini

adalah *Cyclone air sampler* dan *Coriolis air sampler*. Cara kerja pertama alat ini yaitu udara masuk ke dalam alat melalui pipa dengan sudut tertentu, sehingga menimbulkan pola udara tangensial. Udara yang masuk akan berputar pada permukaan corong sehingga akan dipercepat seiring semakin kecilnya diameter pada corong. Percepatan ini menimbulkan gaya sentrifugal yang semakin besar, sehingga sedimentasi partikel udara semakin mudah. Untuk menghitung mikroorganisme yang masuk ke dalam alat, maka cairan pelarut partikel dianalisis menggunakan metode yang sesuai. Dalam praktiknya, alat yang menggunakan metode ini tidak mampu memisahkan ukuran partikel dan kurang efisien dalam menjebak partikel udara.

Alat lain yang menggunakan prinsip sentrifugasi untuk mengumpulkan partikel udara adalah RCS (*Reuter Centrifugal Air Sampler*) (*Biotest AG, Dreireich*). Partikel yang tertekan akan menempel pada agar strip yang terletak melingkar pada sisi dalam *sampling head*, kemudian setelah selesai pengambilan sampel agar strip dapat langsung diinkubasi.

Sedangkan pada teknik isolasi mikroba, terbagi dalam beberapa metoda, yaitu (APHA,2017) :

a. Metoda Tuang (*Pour Plate Method*)

Teknik inokulasi dengan menuangkan bahan diantara lapisan media. Prinsip kerja dari metoda ini yaitu menuangkan sampel mikroba terlebih dahulu lalu dituangkan media sesuai dengan mikroorganisme yang akan diamati.

Metoda ini merupakan metoda tuang sederhana dan dapat menampung sampel atau volume sampel yang diencerkan mulai 0,1 hingga 0,2 mL. Menghasilkan koloni pada permukaan yang relatif kecil, kompak, dan cenderung tidak berdempet satu sama lain. Namun koloni yang terendam sering kali tumbuh lebih lambat dan sulit dipindahkan.

b. Metoda Sebar (*Spread Plate Method*)

Metoda ini menginokulasi mikroba dengan cara pulasan/ sebaran di permukaan media agar yang telah memadat. Metoda ini dapat menyebarkan mikroorganisme tumbuh merata di atas permukaan agar.

Metoda ini tidak menyebabkan perubahan panas. Semua koloni berada pada permukaan agar, dimana dapat diamati dengan mudah perbedaan dari bentuk partikel dan gelembung, serta morfologi lainnya dari koloni yang mudah dibedakan. Selain itu, pengamat juga dapat melakukan transfer koloni dengan mudah dan cepat dan tentunya juga mudah untuk melihat morfologi koloni untuk nantinya dideskripsikan. Namun, agar dalam metode ini hanya menyerap sebagian kecil sampel.

c. Metoda Filter Membran (*Membrane Filter Method*)

Metoda ini dapat digunakan untuk menganalisis volume air dalam skala besar dengan kekeruhan rendah dan merupakan metode pilihan untuk ir dengan jumlah organisme heterotrofik yang rendah. Tidak menghasilkan perubahan panas. Akan tetapi, filter membran ini cukup mahal, area yang cukup kecil untuk perkembangan koloni, dan memungkinkan dapat terjadinya tekanan filtrasi yang berlebihan, serta butuh cahaya putih untuk mendeteksi koloni.

d. Metoda Substrat Enzim (*Enzyme Substrate Method*)

Metoda ini dapat digunakan untuk menganalisis sampel air minum dan sumber air dengan berbagai konsentrasi bakteri. Metoda ini tidak menghasilkan perubahan panas. Sebanding dengan metoda tuang, metoda ini menggunakan media dimana substrat dianalisis oleh beberapa enzim mikroba, menyebabkan pelepasan 4-metilumbelliferone setelah 48 jam inkubasi pada suhu  $35 \pm 5^{\circ}\text{C}$ . 4-metilumbelliferone berfluoresensi ketika terkena sinar ultraviolet, dan angka dari fluorescing biru akan merespon dengan baik sesuai tabel *Most Probable Number (MPN)*. Namun sayangnya, koloni individu tidak dapat langsung digunakan untuk analisis selanjutnya.

## 2.7 Analisis Statistik

Merupakan teknik pengolahan data yang mengikuti aturan tertentu untuk menarik kesimpulan. Analisis statistik data yang digunakan dalam penelitian ini adalah

analisis varian atau ANOVA untuk melihat beda kandungan jumlah bakteri antar titik di tiap ruang kerja, sedangkan untuk uji korelasi antara parameter fisik ruang dengan jumlah bakteri di udara diuji dengan uji korelasi seperti uji korelasi Pearson, analisis regresi, uji korelasi Rank Spearman, dan korelasi Kendal – Tau dengan bantuan SPSS.

### **2.7.1 Analisis Statistik Deskriptif**

Analisis deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku secara umum atau generalisasi. Analisis ini dilakukan dengan cara melihat tabel statistik deskriptif yang menunjukkan hasil pengukuran *mean*, *sum*, *standar deviation*, nilai minimum dan maksimum dari semua variable yang diuji.

### **2.7.2 Uji Normalitas**

Uji normalitas adalah sebuah uji yang dilakukan dengan tujuan untuk menilai sebaran data pada sebuah kelompok data atau variabel, apakah sebaran data normal atau tidak. Model yang baik adalah yang memiliki distribusi data normal atau mendekati normal. Hipotesis yang digunakan adalah :

- Jika  $\text{sig} > 0,05$  maka distribusi data normal
- Jika  $\text{sig} < 0,05$  maka distribusi data tidak normal

Beberapa metode analisis yang biasa digunakan dalam uji normalitas seperti Chi – Square, Kolmogorov Smirnov, Liliefors, Shapiro Wilk, dan Jarque Bera.

### **2.7.3 Analisis Varian (*Analysis of Varians*)**

*Analysis of varian* atau yang biasa disebut dengan Uji ANOVA merupakan salah satu uji komparatif yang digunakan untuk menguji perbedaan rata – rata data lebih dari dua kelompok. Untuk menggunakan uji ANOVA, harus dipenuhi beberapa asumsi, yaitu:

1. Sampel berasal dari kelompok yang independen
2. Varian antar kelompok harus homogen
3. Data masing – masing kelompok harus berdistribusi normal

Terdapat 2 jenis dari uji ANOVA, yaitu uji satu arah (*one way*) dan dua arah (*two way*). Uji ANOVA satu arah (*one way*) merupakan teknik pengujian yang hanya mengujikan satu faktor yang menimbulkan variasi, sedangkan uji ANOVA dua arah (*two way*) merupakan teknik pengujian yang mempertimbangkan dua faktor yang menimbulkan variasi. Alternatif lain yang dapat digunakan jika uji ANOVA tidak dapat dilaksanakan dalam pengujian data adalah dengan menggunakan uji Kruskal – Wallis.

#### **2.7.4 Uji Korelasi**

Merupakan metode evaluasi statistik yang dipergunakan untuk mempelajari kekuatan hubungan antar dua variabel kontinu yang diukur secara numerik. Terdapat beberapa jenis uji korelasi dalam statistik, seperti Korelasi Pearson dan regresi pada statistik parametrik, serta Kendall dan Spearman untuk statistik non – parametrik.



## 2.8 Penelitian Terdahulu tentang Pengukuran Mikroba di Udara

Penelitian yang sama pernah dilakukan beberapa kali dengan parameter dan tujuan yang berbeda. Berikut pada tabel 2.2 penelitian terkait pengukuran mikroba di udara yang pernah dilakukan

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu tentang Pengukuran Mikroba di Udara

No	Penulis	Instansi	Judul Jurnal/ Judul Kajian	Metoda/ Jenis Penelitian	Kesimpulan
1.	Vindrahapsari 2018	Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Muhammadiyah Semarang	Skripsi/ Kondisi Fisik dan Jumlah Bakteri Udara pada Ruang AC dan Non AC Di Sekolah Dasar	Jenis penelitian yang digunakan adalah <i>explanatory research</i> , yaitu mencari keterangan atas suatu sebab-akibat. Metode yang digunakan yaitu <i>settling plate</i> dengan pendekatan <i>Cross sectional</i> . Media yang digunakan dalam pengambilan sampel bakteri adalah media NA	Adanya perbedaan dalam jumlah bakteri pada ruangan yang menggunakan AC dan Non AC, dimana jumlah bakteri pada ruangan AC (50 koloni/ m <sup>3</sup> – 130 koloni/ m <sup>3</sup> ) lebih besar dibanding ruangan tanpa AC (75 koloni/ m <sup>3</sup> - 25 koloni/ m <sup>3</sup> )  Tidak hubungan signifikan antara bakteri dengan: 1. Suhu ruang 2. Kelembaban ruang 3. Pencahayaan ruang
2.	Sari. 2018	Fakultas Kedokteran, Universitas Jember	Skripsi/ Hubungan antara Suhu dan Kelembaban Udara terhadap Kualitas Mikrobiologi Udara di Ruang Rawat Inap RSUD. dr. Soebandi Jember	Jenis penelitian yang digunakan yaitu non eksperimental atau observasional analitik, melalui pendekatan <i>cross sectional</i> , dimana penelitian dilakukan secara pendekatan, observasi, dan pengumpulan data dalam satu waktu. Pengambilan sampel bakteri menggunakan media NA	Pengukuran kelembaban ruangan rawat inap berkisar antara 68% - 81%, suhu udara 27,1 <sup>0</sup> C – 28 <sup>0</sup> C, dan 66 – 218 koloni mikroorganisme. Hasil identifikasi bakteri secara makroskopis pada media spesifik bakteri Gram Negatif ditemukan 6 jenis kemungkinan bakteri yaitu <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas</i>

No	Penulis	Instansi	Judul Jurnal/ Judul Kajian	Metoda/ Jenis Penelitian	Kesimpulan
					<p><i>aeruginosa, Enterobacter aeruginosa, Shigella sp, Staphylococcus aureus, Staphylococcus sp .</i></p> <p>Terdapat hubungan yang signifikan antara suhu dan kelembaban udara dengan jumlah mikroorganisme ruang rawat inap RSUD. dr. Soebandi Jember</p>
3.	Moerdjoko. 2004	Staf Pengajar Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Arsitektur, Universitas Trisakti	Dimensi: Journal of Architecture and Built Environment. Kaitan Sistem Ventilasi Bangunan Dengan Keberadaan Mikroorganisme Udara	Metoda yang digunakan yaitu <i>settling plate</i> dengan desain penelitian yang digunakan adalah <i>cross sectional</i> dan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Semua variabel penelitian yang masuk kriteria inklusi dimasukkan sebagai data dan diolah dengan bantuan <i>software SPSS</i> . Analisa data dilakukan melalui tahap univariat, bivariat dan multivariat	<p>Terdapat hubungan yang bermakna secara statistik antara jumlah koloni mikroorganisme dengan sistem sirkulasi (resiko relatif = 9613 kali). kemungkinan adanya mikroorganisme pada ruangan tanpa AC adalah 1 0,8x lebih besar dari pada ruangan yang menggunakan AC.</p> <p>Menurut urutan besarnya pengaruh terhadap jumlah koloni mikroorganisme udara pada ruang ber AC dan tanpa AC adalah sirkulasi udara (9613,15 kali), temperatur udara (37,56 kali), system ventilasi {(ber- AC/ tanpa AC) (16,01 kali)} dan kelembaban (4,77 kali).</p>
4.	Imaniar, E. 2013	Fakultas Kedokteran Universitas	MAJORITY ( Medical Journal of Lampung University)/	Penelitian ini dilakukan dengan metode <i>total plate count</i> untuk menghitung jumlah koloni	Kualitas mikrobiologi udara di inkubator bayi tidak bagus karena banyak ditemukan kandungan

No	Penulis	Instansi	Judul Jurnal/ Judul Kajian	Metoda/ Jenis Penelitian	Kesimpulan
		Lampung, Bagian Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung, Bagian Ilmu Kesehatan Anak Fakultas Kedokteran Universitas Lampung	Kualitas Mikrobiologi Udara di Inkubator Unit Perinatologi Rumah Sakit Umum Daerah Dr. Abdul Moeloek Bandar Lampung	menggunakan media PCA ( <i>Plate Count Agar</i> ) dan menggunakan media SDA ( <i>Saboraud Dektrose Agar</i> ) untuk mengidentifikasi jamur.	bakteri patogen seperti <i>Staphylococcus</i> dan <i>Shigella</i> , selain bakteri, juga ditemukan koloni kuman 8,16 – 179,52 cfu/m <sup>3</sup> , angka kuman masih dibawa standar yang ditetapkan (200 cfu/m <sup>3</sup> , namun memungkinkan terjadinya infeksi nosokomial
5.	Vidyautami. 2015	Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro	Jurnal Teknik Lingkungan/ Pengaruh Penggunaan Ventilasi (Ac Dan Non Ac) Dalam Ruangan Terhadap Keberadaan Mikroorganisme Udara	Teknik pengambilan sampel yang digunakan yaitu <i>non probability sampling</i> dengan metoda <i>purposive sampling</i> . Media yang digunakan isolasi mikroba yaitu <i>blood agar plate</i> dan <i>potatoes dextrose agar</i> . Jenis Penelitian yang digunakan yaitu metode <i>description research</i> (penelitian deskriptif)	Keberadaan mikroorganisme pada Ruang Kuliah B.201 (AC) dan C.201 (Non AC) belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan Kepmenkes RI No.1405/MENKES/SK/XI/2002 karena mengandung bakteri patogen yang bisa menginfeksi manusia berupa <i>Staphylococcus epidermidis</i> , <i>Staphylococcus saprophyticus</i> , <i>Alfa streptococcus</i> dan <i>Beta Streptococcus</i> .. Adanya pengaruh penggunaan ventilasi (AC dan Non AC) terhadap keberadaan mikroorganisme. Dan diantara parameter fisik, yang

No	Penulis	Instansi	Judul Jurnal/ Judul Kajian	Metoda/ Jenis Penelitian	Kesimpulan
					mempengaruhi jumlah mikroba paling besar yaitu kelembaban (r hitung (0,42) > r tabel (0,343)).
6.	Rachmatantri, I. 2015	Fakultas MIPA Universitas Diponegoro Semarang	Jurnal Teknik Lingkungan/ Pengaruh Penggunaan Ventilasi (Ac Dan Non-Ac) Terhadap Keberadaan Mikroorganisme Udara Di Ruang Perpustakaan	Metoda yang digunakan yaitu <i>settling plate</i> dengan menggunakan media <i>blood agar plate</i> dan <i>potatoes dextrose agar</i>	Terdapat mikroorganisme udara yang tidak sesuai dengan Keputusan Menteri Kesehatan no.1405 tahun 2002 di dalam ruang perpustakaan pada Perpustakaan Teknik Lingkungan dan Perpustakaan Biologi MIPA Universitas Diponegoro, karena mengandung koloni kuman pathogen seperti <i>Staphylococcus sp</i> dan <i>Streptococcus sp</i> . Kualitas udara biologi di ruang perpustakaan teknik lingkungan universitas diponegoro (6 – 34 koloni) lebih baik dibandingkan kualitas udara biologi di ruang perpustakaan biologi universitas diponegoro (7 – 199 koloni).
7.	Iswadi. 2014	Program Studi Pendidikan Biologi FKIP Unsyiah	Prosiding Seminar Nasional Biotik/ Identifikasi Jenis Bakteri Udara Di Ruangan Bersistem Hvac (Heating Ventilation And Air Conditioning)	Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah <i>settling plate</i> dengan menggunakan media <i>macconkey agar</i> dan <i>blood agar</i>	Hasil analisis data menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan antara jumlah jenis bakteri pada ruang yang menggunakan AC dan ruang yang menggunakan kipas angin karena bakteri pada ruangan yang ditemukan berasal dari genus yang sama yaitu bakteri golongan

No	Penulis	Instansi	Judul Jurnal/ Judul Kajian	Metoda/ Jenis Penelitian	Kesimpulan
					<i>Staphylococcus sp, Streptococcus sp, Micrococcus, dan Pseudomonas.</i>
8.	Khalfallah. 2016	medical laboratory technology, faculty of engineering and technology, university of Sebha, Libya. Faculty of dentistry, Aljbel Algharby University, Alzentan, Libya, Faculty of medical technology, university of Tripoli, Tripoli, Libya. Faculty of Medicine, University of Sebha, Libya.	<i>Internation Journal of Applied Medical and Biological Research/ Air Conditioners as a Source of Bacterial Contamination in an Indoor Environment</i>	Sampel kontaminan dari AC diambil secara swab menggunakan <i>cotton bud</i> steril dan diinokulasikan pada media <i>Trypticsoy agar</i> dan dilanjutkan identifikasi menggunakan media <i>MacConkey agar</i> dan <i>Blood Agar</i>	Hasil identifikasi penelitian membuktikan penggunaan unit AC di gedung rumah sakit merupakan sumber kontaminasi bakteri seperti <i>S.aureus</i> dan <i>Pseudomonas</i> yang dapat menyebabkan infeksi nosokomial dan selanjutnya dapat menjadi sumber infeksi berbagai macam penyakit lain.
9.	Anas, G. 2016	<i>Nigerian Institute for Trypanasomiasis Research Sokoto</i>	<i>IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology/</i>	Sampel kontaminan dari AC diambil secara swab menggunakan <i>cotton bud</i> steril, dimana bagian filter AC telah	Terdapat bahwa pada musim kemarau lebih banyak bakteri yang ditemukan dalam ruangan yang menggunakan AC, bakteri yang

No	Penulis	Instansi	Judul Jurnal/ Judul Kajian	Metoda/ Jenis Penelitian	Kesimpulan
		State. Ahmadu Bello University Zaria. Desert Research Monitoring and Control Centre, Yobe State University Damaturu	<i>Studies on Microorganisms Associated with Air Conditioned Environments</i>	dibuka, sampel diambil pada bagian permukaan filter	ditemukan umumnya yaitu bakteri genus <i>Bacillus</i> yang hidup dalam filter yang relatif dingin dan menjadi penyebab penyakit pneumonia dan infeksi saluran pernafasan lainnya



## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1 Umum**

Bab ini menjelaskan tentang tahapan penelitian yang dilakukan dalam pengerjaan penelitian ini dimulai dari persiapan sampai tersusunnya laporan penelitian. Tahapan ini dimulai dari studi literatur, melakukan persiapan penelitian, berupa penentuan ruangan, persiapan alat, dan bahan. Tahap selanjutnya melakukan pengambilan data parameter fisik ruangan berupa cahaya, suhu, kelembaban, dan kepadatan ruangan, lalu dilanjutkan dengan pengambilan data jumlah bakteri di udara pada ruang kerja yang ditentukan dengan cara *exposure* media agar pada udara selama waktu tertentu.

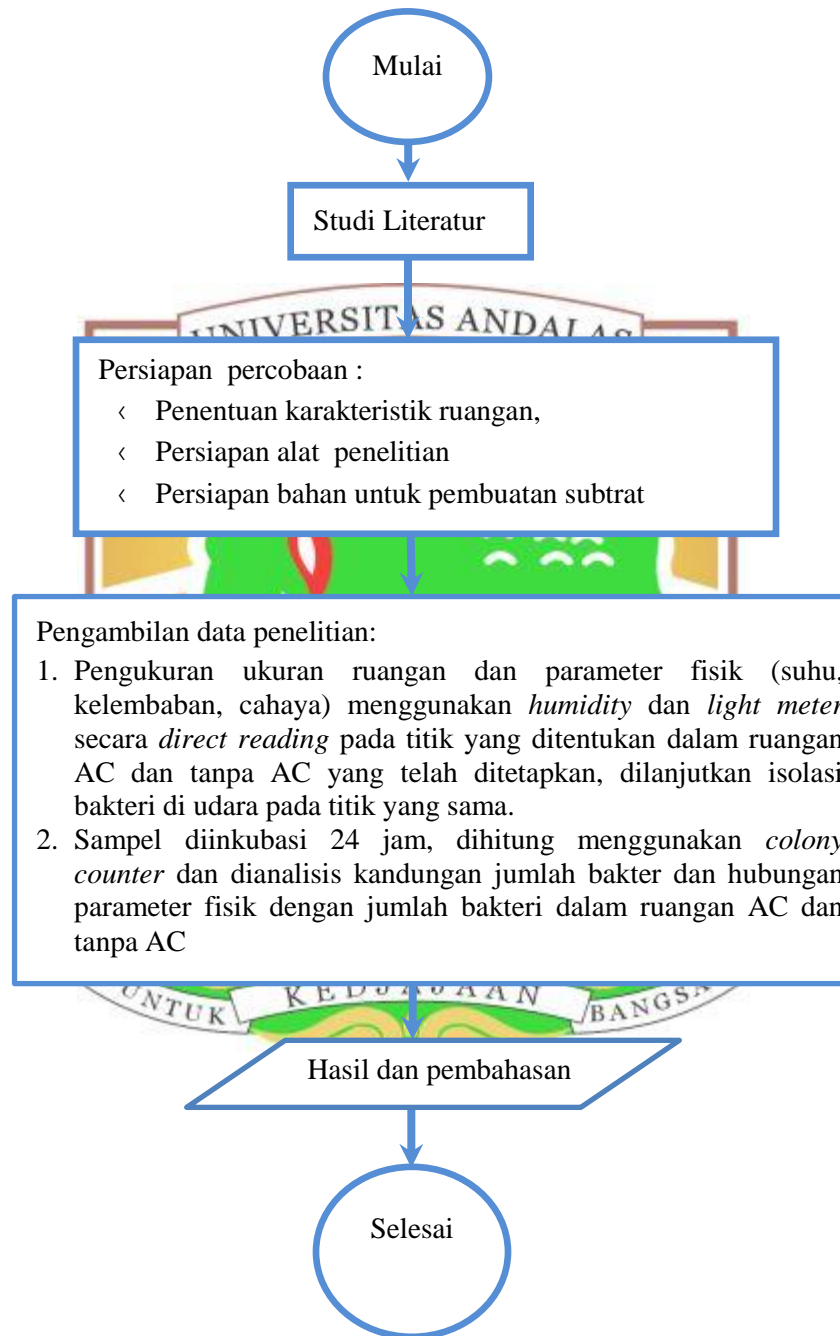
#### **3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian**

Waktu penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2020 – Januari 2021 dimana pada saat penelitian kondisi sedang pandemi dan mulai diberlakukannya *work from home* (WFH) dan *school from home* (SFH). Lokasi penelitian pada laboratorium Mikrobiologi Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Andalas.

#### **3.3 Tahapan Penelitian**

Penelitian ini menggunakan metode analitik observasional dengan pendekatan *cross sectional*, yaitu penelitian yang dilakukan dengan cara pendekatan, observasi atau pengumpulan data pada satu waktu. Tahapan penelitian berupa studi literatur, persiapan penelitian, dan pengambilan data penelitian, pengolahan data, dan pembahasan.

Analisis tahapan proses penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.1**



**Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian**

### 3.3.1 Studi Literatur

Sebelum dilaksanakannya pengambilan data dan penelitian di lapangan, perlu dilakukan terlebih dahulu studi literatur. Studi literatur yaitu mencakup kegiatan pengumpulan literatur sebagai dasar dalam melakukan penelitian. Studi literatur yang dilakukan berupa mempelajari penelitian terdahulu yang berkaitan dan sejenis dengan penelitian yang dilakukan

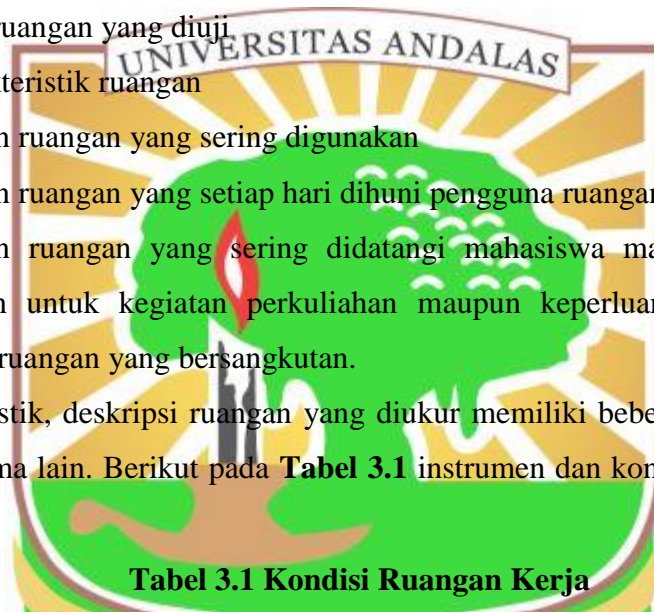
### 3.3.2 Persiapan Penelitian

Penentuan karakteristik ruangan perlu dilakukan agar ruangan yang diukur sesuai dengan kriteria ruangan yang diuji

Penentuan karakteristik ruangan

- Merupakan ruangan yang sering digunakan
- Merupakan ruangan yang setiap hari dihuni pengguna ruangan
- Merupakan ruangan yang sering didatangi mahasiswa maupun staf tenaga pendidikan untuk kegiatan perkuliahan maupun keperluan lainnya dengan pengguna ruangan yang bersangkutan.

Sesuai karakteristik, deskripsi ruangan yang diukur memiliki beberapa kondisi yang berbeda satu sama lain. Berikut pada **Tabel 3.1** instrumen dan kondisi ruangan kerja yang diukur.



**Tabel 3.1 Kondisi Ruangan Kerja**

No	Instrumen Ruangan	Ruang Tanpa AC Ventilasi Kurang Baik	Ruang Tanpa AC ventilasi Baik	Ruang AC
1	Kondisi ventilasi ruangan	Tanpa jendela dan hanya memiliki ventilasi kecil di bagian atas pintu menghadap ke ruang kerja laboratorium	4 bagian jendela besar (bagian kiri dan kanannya sedikit dapat dibuka, 2 jendela di tengah tidak dapat dibuka dan hanya sebagai sumber penerangan)	4 jendela besar yang tidak dipergunakan sebagai pengatur ventilasi ruangan namun hanya sebagai sumber penerangan
2	Ukuran (m)	3,5 × 2,05 × 3,5	4 × 3,5 × 3,5	3,15 × 3,5 × 3,5
3	Jumlah pengguna dan pengunjung ruangan	Digunakan 1 orang dalam ruangan kerja	Digunakan 1 – 7 orang (penghuni dan pengunjung)	Digunakan 1 – 3 orang (penghuni dan pengunjung)

No	Instrumen Ruang	Ruang Tanpa AC Ventilasi Kurang Baik	Ruang Tanpa AC ventilasi Baik	Ruang AC
			ruangan	ruangan
4	Lantai kerja	Terbuat dari keramik dan tanpa karpet	Terbuat dari keramik dan ditutupi dengan karpet hingga keseluruhan ruangan	Terbuat dari keramik dan ditutupi karpet kecil pada bagian ruang tamu
5	Pencahayaan ruangan	Lampu	Cahaya matahari dan lampu	Cahaya matahari dan lampu
6	Alat elektronik pengatur suhu ruangan	1 kipas kecil	-	<i>Air Conditioner</i> (AC).
7	Alat elektronik pengatur kelembaban ruangan	-	-	-
8	Kebersihan ruangan	1 kali dalam sebulan (kondisional)	1 kali dalam sebulan (kondisional)	Setiap hari setelah selesai jam kerja oleh petugas kebersihan
9	Furnitur ruangan	2 meja kerja, 1 kursi kerja, 1 lemari arsip	1 meja, 1 kursi, 1 rak peralatan makan, 1 dispenser	2 meja kerja, 1 kursi kerja, 2 meja tamu, 5 kursi tamu, 1 lemari
10	Deskripsi tambahan	Bagian atas lemari dan ventilasi dipenuhi debu	Bagian bawah jendela ruangan digunakan sebagai ruang arsip barang dan peralatan lain yang tidak terpakai, ruang arsip barang tersebut cukup kecil dan jarang dibersihkan	Bagian atas lemari dipenuhi debu. Dinding depan ruangan terbuat dari kaca. Ruang kedap udara. AC pada ruangan berjenis AC Split (bukan <i>Plasmacluster</i> ) dan tidak dibersihkan secara berkala.

Karakteristik dan kondisi ruang kerja yang diukur dalam penelitian merupakan kondisi *work from home* (WFH) dan *school from home* (SFH), sehingga jumlah kandungan bakteri dalam ruangan akan ikut berpengaruh.

### 3.4 Operasional Penelitian

Percobaan ini menggunakan bakteri di udara dimana media agar yang telah dipadatkan dipaparkan di udara (isolasi mikroba). Pengambilan data dilakukan dengan metode *settling plate* yaitu media agar yang telah dipadatkan ini diletakkan pada ruang udara terbuka selama 30 menit pada 5 titik yang telah disediakan dimana titik yang dipilih yaitu pada meja kerja, pintu masuk ruangan, di dekat jendela, atas lemari, dan pada bagian tengah ruang pada ruangan menggunakan AC dan tanpa AC. Selanjutnya sampel dibawa ke laboratorium menggunakan keranjang cawan petri yang mana sebelum cawan petri dibawa dibungkus dengan kertas HVS terlebih dahulu kemudian setelahnya dibawa kembali ke laboratorium untuk diinkubasi selama 24 jam dan dihitung jumlah koloni yang tumbuh pada media.

Adapun langkah langkah dalam pengoperasian penelitian yaitu:

#### I. Pengukuran Data Parameter Fisik

Data parameter fisik yang diambil yaitu:

##### 1) Suhu

Persyaratan suhu udara pada ruangan berdasarkan PERMENAKER RI No 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja dan pada PERMENKES No 48 tahun 2016 diatur pada suhu 23°C – 26°C. Bila suhu udara >28°C perlu menggunakan alat penata udara seperti *Air Conditioner* (AC), kipas angin dan alat pengatur suhu lainnya. Bila suhu udara <18°C maka perlu pemanas ruang. Alat yang digunakan adalah *humidity* dengan cara kerja:

- a) Tentukan titik pengukuran suhu sebanyak 5 titik di setiap ruang.
- b) *Humidity* diletakkan pada titik yang telah disiapkan.
- c) Tunggu beberapa saat dan suhu akan ditunjukkan oleh *humidity*.
- d) Ulangi langkah b dan c disetiap titik yang dipilih.
- e) Hasil yang didapatkan dicatat.

##### 2) Kelembaban

Persyaratan udara ruangan berdasarkan PERMENAKER RI No 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja serta

dalam PERMENKES No 48 tahun 2016 tentang Standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja Perkantoran yang mana menetapkan kelembaban ruangan kerja berada pada 40% - 60%. Bila kelembaban udara ruang >60% perlu menggunakan alat *dehumidifier* sedangkan bila <40% perlu menggunakan *humidifier* (misalnya: mesin pembentuk aerosol) Alat yang digunakan yaitu *humidity* dengan cara kerja:

- a) Tentukan titik pengukuran kelembaban sebanyak 5 titik di setiap ruang.
- b) *Humidity* diletakkan pada titik yang telah disiapkan.
- c) Tunggu beberapa saat dan kelembaban akan ditunjukkan oleh *humidity*.
- d) Ulangi langkah b dan c pada setiap titik yang dipilih.
- e) Hasil yang didapatkan dicatat.

3) Cahaya

Cahaya di dalam ruangan berdasarkan PERMENAKER RI No 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja, dijelaskan intensitas cahaya bernilai 200 lux, dan di dalam PERMENKES No 48 tahun 2016 dijelaskan pencahayaan minimal untuk ruang kerja adalah 300 lux. Alat yang digunakan yaitu *humidity* dengan cara kerja:

- a) Tentukan titik pengukuran kelembaban sebanyak 5 titik di setiap ruang.
- b) *Humidity* diletakkan pada titik yang telah disiapkan.
- c) Tunggu beberapa saat dan kelembaban akan ditunjukkan oleh *humidity*.
- d) Ulangi langkah b dan c pada setiap titik yang dipilih.
- e) Hasil yang didapatkan dicatat.

4) Kepadatan hunian

Berdasarkan PERMENKES RI No 48 tahun 2016 tentang Standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja Perkantoran, setiap pekerja yang bekerja dalam ruangan kerja mendapatkan ruang udara minimal 10m<sup>3</sup> dan sebaiknya 15 m<sup>3</sup>, dan luas lantai kerja minimal 2,2 m<sup>2</sup>. Pada jumlah

kepadatan hunian, dapat dilakukan dengan menyesuaikan jumlah mahasiswa atau tenaga pengajar yang beraktifitas dan bekerja pada ruangan

## II. Persiapan Pengukuran Jumlah Bakteri

Sebelum pengukuran dilakukan, alat dan bahan yang dipergunakan harus dipersiapkan terlebih dahulu. Peralatan yang digunakan adalah peralatan untuk persiapan pembuatan media agar dan peralatan untuk penelitian

### 1. Alat

- Cawan petri
- Pipet takar
- Lampu spiritus
- *Colony counter*
- Neraca analitik
- Erlenmeyer
- Inkubator
- Labu semprot
- *Beaker Glass*
- *Hot plate*

### 2. Bahan

- Media *Nutrient Agar* (NA)
- Alkohol 96 %
- Aquades
- Sampel udara



## III. Cara kerja pengambilan sampel penelitian

- Suhu dan kelembaban pada tiap ruangan diukur dengan cara meletakkan *humidity* pada tiap titik dalam ruangan;
- Hasil yang ditunjukkan *humidity* dicatat;
- Cahaya pada ruangan diukur dengan cara meletakkan sensor pada *light meter* pada tiap titik dalam ruangan;
- Hasil yang ditunjukkan *light meter* dicatat;

- Setelah semua pengukuran parameter fisik pada tiap titik dalam ruangan selesai, cawan petri dengan media NA padat dibiarkan terbuka 30 menit;
- Cawan petri diambil dan dibungkus kembali dan diinkubasi dalam inkubator selama 1 x 24 jam;
- Bentuk koloni-koloni diperhatikan dan dihitung menggunakan *colony counter*;
- Hasilnya dicatat:

a) Jumlah koloni dihitung dengan menggunakan *colony counter*

b) Koloni-koloni yang tumbuh dilihat dan dicatat:

- Bentuk (apakah berbentuk titik, bulat, teratur, bentuk benang, tipis, tebal, cembung, rata);
- Pinggirannya;
- Permukaan (apakah rata, mengkilat, kasar, suram, tidak teratur);
- Warna.

Perhitungan koloni bakteri dihitung dalam persamaan Omeliansky (Borrego, 1989; Hayleeyesus, 2014):

Dimana  $N =$  mikroba CFU/  $m^3$  pada udara dalam ruangan

$a =$  jumlah koloni dalam cawan petri

$b =$  luas permukaan cawan petri ( $cm^2$ )

$t =$  waktu paparan (menit)

- Analisis perbandingan kandungan jumlah bakteri di udara berdasarkan titik persebaran pada ruangan menggunakan AC, tanpa AC namun dengan ventilasi yang baik, dan tanpa AC namun ventilasi yang kurang baik.
- Analisis hubungan suhu, kelembaban, kepadatan hunian, dan cahaya terhadap kandungan jumlah bakteri di Udara pada ruangan AC dan tanpa AC di ruang kerja Jurusan Teknik Lingkungan.
- Pengolahan data dan analisis hasil penelitian dibandingkan dengan baku mutu syarat ruang kerja yang sehat sesuai PERMENAKER RI No 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja, dan

PERMENKES No 48 Tahun 2016 tentang Standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja Kantor.

### 3.5 Analisis Statistik

Merupakan teknik pengolahan data yang mengikuti aturan tertentu untuk menarik kesimpulan. Sampel yang didapatkan dihitung menggunakan *colony counter* untuk menghitung jumlah koloni pada sampel. Hasil perhitungan jumlah koloni dengan *colony counter* dihitung lanjut menggunakan persamaan Omeliansky. Analisis statistik data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis varian atau ANOVA untuk melihat beda kandungan jumlah bakteri antar titik di tiap ruang kerja, sedangkan untuk uji korelasi antara parameter fisik ruang dengan jumlah bakteri di udara diuji dengan uji korelasi seperti uji korelasi Pearson dan uji korelasi Rank Spearman. Korelasi Pearson digunakan pada data terdistribusi normal dan jumlah data relatif kecil uji, sedangkan korelasi Rank Spearman digunakan pada data terdistribusi normal dengan jumlah data yang relatif kecil. Perhitungan data digunakan dengan bantuan aplikasi SPSS.

#### 3.5.1 Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif adalah statistik yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku secara umum atau generalisasi. Analisis ini dilakukan dengan cara melihat tabel statistik deskriptif yang menunjukkan hasil pengukuran *mean, sum, standard deviation*, nilai minimum dan maksimum dari semua variable yang diuji.

#### 3.5.2 Uji Normalitas

Uji normalitas adalah uji yang dilakukan dengan tujuan untuk menilai sebaran data pada sebuah kelompok data atau variabel, apakah sebaran data normal atau tidak. Uji normalitas digunakan untuk melihat sebaran data jumlah bakteri pada tiap ruangan yang diukur apakah terdistribusi normal atau tidak normal. Model yang baik adalah yang memiliki distribusi data normal atau mendekati normal. Hipotesis yang digunakan adalah :

- Jika  $\text{sig} > 0,05$  maka distribusi data persebaran jumlah bakteri normal

- Jika  $\text{sig} < 0,05$  maka distribusi data persebaran jumlah bakteri tidak normal Metode analisis yang digunakan dalam uji normalitas adalah Shapiro Wilk, hal ini karena jumlah data penelitian yang diukur relatif kecil.

### 3.5.3 Analisis Varian (*Analysis of Varians*)

*Analysis of varian* atau yang biasa disebut dengan Uji ANOVA merupakan salah satu uji komparatif yang digunakan untuk menguji perbedaan rata – rata data lebih dari dua kelompok. Uji ANOVA digunakan untuk melihat apakah terdapat perbedaan kandungan jumlah bakteri ditiap titik pada masing – masing ruang kerja yang diukur. Uji ANOVA dipilih pada analisis karena beberapa persyaratan kondisi data, yaitu:

4. Sampel berasal dari kelompok yang independen
5. Varian antar kelompok homogen
6. Data masing – masing kelompok berdistribusi normal

Terdapat 2 jenis dari uji ANOVA, yaitu uji satu arah (*one way*) dan dua arah (*two way*). Uji ANOVA satu arah (*one way*) merupakan teknik pengujian yang hanya mengujikan satu faktor yang menimbulkan variasi, sedangkan uji ANOVA dua arah (*two way*) merupakan teknik pengujian yang mempertimbangkan dua faktor yang menimbulkan variasi. Pada penelitian digunakan ANOVA *one way* dikarenakan hanya mengujikan satu faktor variasi.

### 3.5.4 Uji Korelasi

Merupakan metode evaluasi statistik yang dipergunakan untuk mempelajari kekuatan hubungan antar dua variabel kontinu yang diukur secara numerik. Pada penelitian digunakan uji korelasi Pearson dan korelasi Spearman. Uji korelasi Pearson digunakan pada data yang terdistribusi normal dengan jumlah data yang relatif kecil, sedangkan uji korelasi Spearman digunakan pada data yang tidak terdistribusi normal dan jumlah data yang relatif kecil. Nilai  $r$  hitung pada hasil uji korelasi menunjukkan tingkat korelasi antar 2 variabel, berikut pada **Tabel 3.2** adalah interpretasi besarnya nilai koefisien korelasi.

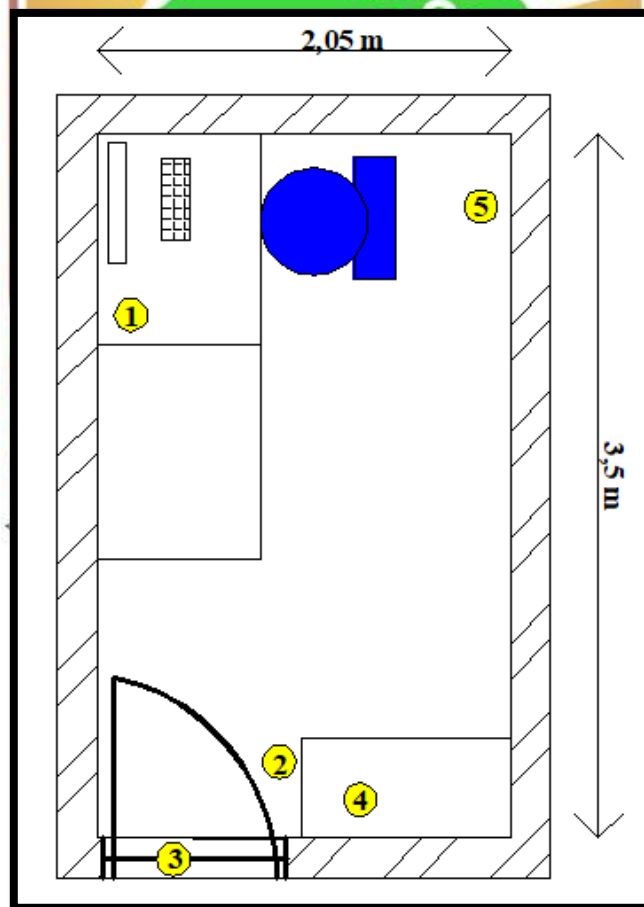
**Tabel 3.2 Interpretasi Besarnya Nilai Koefisien Korelasi**

Koefisien	Kekuatan Korelasi
0	Tidak ada hubungan
0,01 – 0,09	Hubungan kurang berarti
0,10 – 0,29	Hubungan lemah
0,30 – 0,49	Hubungan moderat/ menengah
0,50 – 0,69	Hubungan kuat
0,70 – 0,89	Hubungan sangat kuat
> 0,90	Hubungan mendekati sempurna

(sumber: Hasan, 2010)

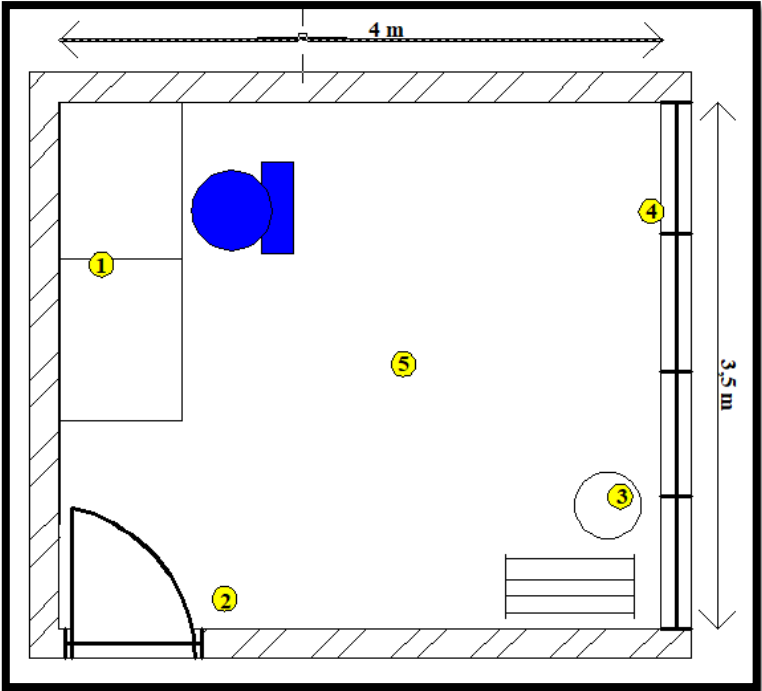
### 3.6 Layout Titik Sampling

a. Ruang Tanpa AC Ventilasi Kurang Baik (Ruang A)



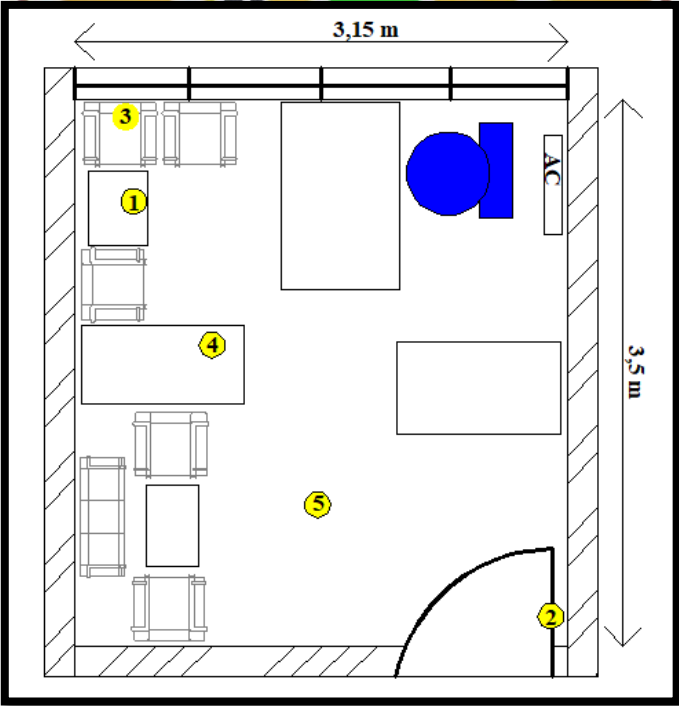
**Gambar 3.2 Titik Sampling Ruang A**

b. Ruang Tanpa AC Ventilasi Baik (Ruang B)



Gambar 3.3 Titik Sampling Ruang B

c. Ruang AC (Ruang C)



Gambar 3.4 Titik Sampling Ruang C

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Umum

Bab ini menjelaskan hasil penelitian yang diperoleh serta dilanjutkan dengan pembahasan mengenai penelitian yang telah dilakukan serta perhitungan data yang didapat dari hasil penelitian. Pengambilan data analisis dilakukan secara kontinu selama satu minggu (25 Januari - 30 Januari 2021) dengan pengambilan sampel dilakukan pada hari Senin, Rabu dan Jumat dalam minggu yang sama. Meskipun penelitian dilakukan disaat pandemi dan ditengah kondisi WFH dan SFH, tetapi beberapa kegiatan esensial tetap dapat dilaksanakan. Penelitian menggunakan udara dalam ruangan pada ruang kerja yang dipilih dengan menggunakan waktu pemaparan 30 menit. Pembahasan meliputi analisis kandungan jumlah bakteri pada ruang kerja, dan analisis hubungan suhu, kelembaban, cahaya dan kepadatan hunian dengan kandungan jumlah bakteri pada ruangan kerja yang menggunakan AC dan tanpa AC, dimana dibedakan atas beberapa ruangan yaitu:

- ◁ Ruang tanpa AC dengan ventilasi kurang baik (Ruang A)
- ◁ Ruang tanpa AC dengan ventilasi baik (Ruang B)
- ◁ Ruang menggunakan AC (Ruang C)

Ruang kerja yang diperiksa memiliki ukuran yang beragam dan berbeda satu sama lain, sehingga kepadatan hunian pada setiap ruang kerja juga beragam. Perhitungan kepadatan hunian ruang kerja dapat dilihat pada **Tabel 4.1** berikut ini:

**Tabel 4.1 Kepadatan Hunian Ruang Kerja**

No	Ruang Kerja	Ukuran (m <sup>3</sup> )	Jumlah Penghuni dan Pengunjung (orang)	Kepadatan Hunian Lantai Kerja (m <sup>2</sup> /orang)	Baku Mutu PERMENKES RI No 48 tahun 2016	Keterangan	Ruang Sirkulasi Udara (m <sup>3</sup> /orang)	Baku Mutu PERMENAKER RI No 5 tahun 2018	Keterangan
1.	Tanpa AC Ventilasi Kurang Baik	3,5 × 2,05 × 3,5	3	2,39 m <sup>2</sup> /orang	minimal 2,2 m <sup>2</sup>	Memenuhi	8,37 m <sup>3</sup> /orang	10 – 15 m <sup>3</sup>	Tidak Memenuhi
2.	Tanpa AC Ventilasi Baik	4 × 3,5 × 3,5	7	2 m <sup>2</sup> /orang	minimal 2,2 m <sup>2</sup>	Tidak Memenuhi	7 m <sup>3</sup> /orang	10 – 15 m <sup>3</sup>	Tidak Memenuhi
3.	Menggunakan AC	3,15 × 3,5 × 3,5	3	9,51 m <sup>2</sup> /orang	minimal 2,2 m <sup>2</sup>	Memenuhi	33,28 m <sup>3</sup> /orang	10 – 15 m <sup>3</sup>	Memenuhi

(Sumber: Data Tugas Akhir, 2021)

Pengukuran dilakukan saat *work from home* (WFH) dan *school from home* (SFH) pandemi Covid – 19. Data jumlah penghuni dan pengunjung ruangan dihitung saat pengukuran.



Berdasarkan tabel 4.1 tentang kepadatan hunian ruang kerja, didapatkan bahwa ruang tanpa AC dengan ventilasi kurang baik hanya memenuhi baku mutu pada kepadatan ruangan saja, ruangan tanpa AC dengan ventilasi AC tidak memenuhi baik kepadatan ruangan maupun sirkulasi udara, dan sebaliknya pada ruangan menggunakan AC telah memenuhi baku mutu baik kepadatan ruangan maupun sirkulasi udara.

#### 4.2 Hasil Pemeriksaan Kualitas Fisik Ruang Kerja

Data yang diperoleh terdiri dari pengukuran suhu, kelembaban, dan cahaya yang berasal dari pengukuran langsung pada ruang kerja. Pengambilan data dilakukan secara berulang sebanyak tiga kali pengulangan pada hari yang berbeda selama satu minggu pada minggu yang sama. Pada pengukuran kualitas fisik ruang didapatkan:

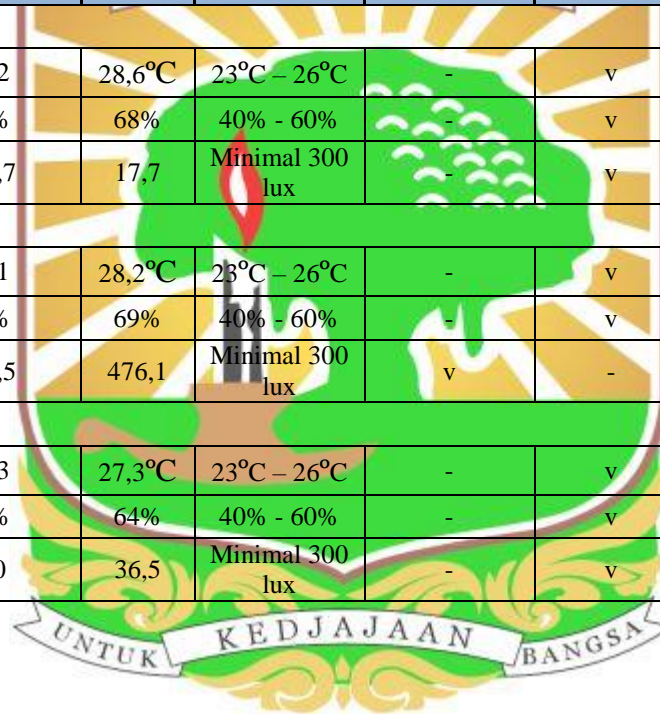
- ◁ Ruang kerja tanpa AC ventilasi kurang baik ( ruang A)  
Didapatkan suhu pada ruang kerja berada pada kisaran  $27,9^{\circ}\text{C}$  –  $29,2^{\circ}\text{C}$ . Pengukuran kelembaban berada pada kisaran 62% - 77%. Pengukuran cahaya berada pada nilai minimal 12,2 lux dan maksimal pada 26,8.
- ◁ Ruang kerja tanpa AC ventilasi baik (ruang B)  
Didapatkan suhu berada pada kisaran  $27,2^{\circ}\text{C}$  –  $29,1^{\circ}\text{C}$ , pengukuran kelembaban berada pada 62% - 77%, dan pengukuran cahaya minimal 414,2 lux dan maksimal 594,8 lux.
- ◁ Ruang kerja menggunakan AC (ruang C)  
Didapatkan suhu berada pada  $26,7^{\circ}\text{C}$  –  $28,3^{\circ}\text{C}$ , pengukuran kelembaban berada pada 61% - 68%, dan pengukuran cahaya minimal 13,2 lux dan maksimal 53,8 lux.

Nilai parameter fisik pada masing – masing ruang kerja yang diukur belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan, baik suhu, kelembaban maupun cahaya dari ruang kerja, pengecualian pada cahaya di ruang kerja tanpa AC dengan ventilasi baik, dimana cahaya yang diukur telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Berikut pada **Tabel 4.2** dapat dilihat analisis deskriptif parameter fisik masing – masing ruangan kerja yang telah diukur.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Kualitas Fisik Ruangan

No	Hasil Pengukuran	Nilai Minimum	Nilai Maksimum	Rata - rata	PERMENK ES RI No 48 Tahun 2016	Keterangan		PERMENA KER RI No 5 tahun 2018	Keterangan	
						Memenuhi	Tidak Memenuhi		Memenuhi	Tidak Memenuhi
<b>Ruang Ventilasi Kurang Baik (Ruang A)</b>										
1	Suhu	27,9	29,2	28,6°C	23°C – 26°C	-	v	23°C – 26°C	-	v
2	Kelembaban	62%	77%	68%	40% - 60%	-	v	40% - 60%	-	v
3	Cahaya	48,5	167,7	17,7	Minimal 300 lux	-	v	Minimal 200 lux	-	v
<b>Ruang Ventilasi Baik (Ruang B)</b>										
1	Suhu	27,2	29,1	28,2°C	23°C – 26°C	-	v	23°C – 26°C	-	v
2	Kelembaban	62%	77%	69%	40% - 60%	-	v	40% - 60%	-	v
3	Cahaya	14,1	860,5	476,1	Minimal 300 lux	v	-	Minimal 200 lux	v	-
<b>Ruang AC (Ruang C)</b>										
1	Suhu	26,7	28,3	27,3°C	23°C – 26°C	-	v	23°C – 26°C	-	v
2	Kelembaban	61%	68%	64%	40% - 60%	-	v	40% - 60%	-	v
3	Cahaya	25,6	100	36,5	Minimal 300 lux	-	v	Minimal 200 lux	-	v

(Sumber: Data Tugas Akhir, 2021)



### 4.3 Hasil Pemeriksaan Jumlah Koloni Bakteri

Media agara yang telah dipaparkan dengan udara pada ruang kerja dibungkus dengan kertas HVS dan dibawa kembali ke laboratorium untuk diinkubasi selama 24 jam. Setelah 24 jam, koloni bakteri akan terlihat dan dihitung. Pada pengukuran jumlah koloni di ruang kerja ventilasi kurang baik didapatkan jumlah koloni berada pada kisaran 9 – 43 koloni. Pengukuran pada ruang kerja ventilasi baik didapatkan jumlah koloni berada pada kisaran 9 – 33,33 koloni. Sedangkan pada pengukuran ruang kerja menggunakan AC, jumlah koloni berada pada kisaran 7,33 – 41 koloni.

Sama seperti pengukuran fisik, pengambilan data jumlah koloni dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan. Jumlah koloni yang tercatat disetiap pengambilan data tidak sama dan beberapa data memiliki selisih yang cukup jauh. Dari ketiga data yang dicatat, dapat diambil rata – rata jumlah koloni dari ruang kerja yang dihitung dan dihitung lanjut dengan menggunakan persamaan Omeliansky dan didapatkan hasil pada **Tabel 4.3** berikut..

**Tabel 4.3 Pengukuran Jumlah Bakteri Dalam Ruang Kerja**

No	Ruang Kerja	Rata - Rata Jumlah Koloni	Mikroba di Udara (CFU/m <sup>3</sup> )	Baku Mutu (CFU/m <sup>3</sup> )	Keterangan
1	Tanpa AC Ventilasi Kurang Baik	15,80	414,13	700	Dibawah syarat baku mutu maksimal
2	Tanpa AC Ventilasi Baik	20,78	544,55	700	Dibawah syarat baku mutu maksimal
3	Menggunakan AC	15,68	410,90	700	Dibawah syarat baku mutu maksimal

(Sumber: Data Tugas Akhir, 2021)

Baku mutu maksimal kandungan jumlah bakteri yang diizinkan adalah 700 CFU/ m<sup>3</sup> baik pada PERMENKES RI No 48 tahun 2016, tentang Standar Kesehatan dan Keselamatan Kerja Perkantoran, maupun PERMENAKER RI No 5 tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Lingkungan Kerja, dimana jumlah bakteri yang berada dalam udara ruang kerja masih dibawa batas maksimal kandungan jumlah bakteri yang diizinkan. Penelitian tidak melakukan identifikasi

jenis bakteri yang ditemukan dalam ruang kerja, namun berdasarkan penelitian yang dilakukan Vidyautami (2015), dan Rachmatanri (2015), bakteri yang banyak ditemukan dalam udara baik ruang tanpa AC maupun tanpa AC adalah bakteri golongan *Staphylococcus sp* dan *streptococcus sp* seperti *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus saprophyticus*, *Alfa streptococcus* dan *Beta streptococcus*, dimana bakteri golongan ini merupakan bakteri golongan patogen.

#### 4.4 Analisis Statistik

Data yang diuji dengan uji statistik harus diuji normalitasnya terlebih dahulu. Uji normalitas melihat distribusi data dengan membandingkan antara data yang diteliti dengan mean dan standar deviasi data, berikut adalah hasil uji normalitas menggunakan uji Shapiro – Wilk:



Tabel 4.4 Uji Normalitas menggunakan uji Shapiro – Wilk

No	Variabel	$\alpha$ hitung	Kesimpulan
1.	<b>Suhu</b>		
	Ruang tanpa AC ventilasi kurang baik	0,736	Distribusi Data Normal
	Ruang tanpa AC ventilasi baik	0,375	
	Ruang menggunakan AC	0,317	
2.	<b>Kelembaban</b>		
	Ruang tanpa AC ventilasi kurang baik	0,637	Distribusi Data Normal
	Ruang tanpa AC ventilasi baik	0,817	
	Ruang menggunakan AC	0,298	
3.	<b>Cahaya</b>		
	Ruang tanpa AC ventilasi kurang baik	0,242	Distribusi Data Normal
	Ruang tanpa AC ventilasi baik	0,046	Distribusi Data Tidak Normal
	Ruang menggunakan AC	0,527	Distribusi Data Normal
4.	<b>Bakteri</b>		
	Ruang tanpa AC ventilasi kurang baik	0,510	Distribusi Data Normal
	Ruang tanpa AC ventilasi baik	0,910	
	Ruang menggunakan AC	0,195	

(Sumber: Data Tugas Akhir, 2021)

Hasil uji normalitas pada suhu, kelembaban, dan jumlah bakteri menunjukkan  $\alpha$  hitung adalah  $\neq 0,05$  yang menjelaskan distribusi data normal, namun pada  $\alpha$  hitung cahaya ruang tanpa AC ventilasi baik menunjukkan  $\neq 0,05$  yang menjelaskan bahwa distribusi data tidak normal. Untuk uji perbedaan jumlah bakteri berdasarkan persebaran titik tiap ruangan yang terdistribusi normal diuji menggunakan uji analisis

varian atau ANOVA, untuk pengujian korelasi suhu, kelembaban dan cahaya dengan jumlah bakteri yang terdistribusi normal diujikan dengan uji Korelasi *Pearson*, perhitungan statistik data dilakukan dengan bantuan *software* SPSS.

#### **4.4.1 Perbandingan jumlah bakteri berdasarkan titik persebaran.**

Kandungan jumlah bakteri yang diukur pada masing – masing ruangan diukur berdasarkan persebaran media pada titik di tiap ruang kerja, dimana pada masing – masing koloni pada media dihitung. Jumlah koloni bakteri pada tiap titik dilihat apakah memiliki perbedaan kandungan jumlah bakteri ditiap titik pada ruang kerja atau tidak, sehingga kandungan jumlah bakteri masing – masing titik pada ruangan dibandingkan satu sama lain. Uji perbandingan kandungan jumlah bakteri berdasarkan titik dalam ruang kerja yang dilakukan menggunakan metode ANOVA *one way* dan didapatkan nilai  $\alpha$  adalah 0,29.

#### **Pembahasan**

Analisis kandungan jumlah bakteri pada tiap titik di ruang kerja yang diukur, didapatkan nilai  $\alpha$  adalah 0,291 dan lebih besar dari 0,05 ( $>0,05$ ), ini berarti bahwa tidak ada perbedaan kandungan jumlah bakteri pada tiap titik di ruang kerja. Hal ini dikarenakan tiap titik yang diukur pada ruang kerja merupakan lokasi yang sering dikunjungi dan titik tersebut memiliki posisi yang cukup strategis bagi pengunjung dan pengguna ruangan yang masuk ke dalam ruang kerja untuk berdiam diri sesaat atau bekerja. Kandungan jumlah bakteri pada tiap titik dalam ruang kerja yang relatif hampir sama dapat menjadi acuan bahwa kebersihan ruangan pada ruang kerja harus diperhatikan lagi, tidak hanya sebatas menyapu lantai dan membersihkan meja, melainkan lebih detail seperti membersihkan debu pada lemari atau ruang arsip barang, dan membersihkan ruangan dengan pembersih ruangan yang mengandung desinfektan atau anti bakteri lainnya sangat disarankan agar sebagian besar bakteri dalam ruangan dapat dihilangkan sehingga ruangan menjadi lebih sehat dan bersih, skala dan jadwal perbersihan ruangan agar dapat dirutinkan kembali, serta pengoptimalan penggunaan ventilasi alami sebagai sarana pergantian udara dalam ruangan agar ruangan dapat menjadi lebih sehat (Moerdjoko, 2004), terlebih dimasa

pandemi sekarang ini, sangat disarankan untuk bekerja di dekat jendela dengan aliran udara yang lancar

#### 4.4.2 Hubungan parameter fisik dengan kandungan jumlah bakteri pada masing – masing ruang kerja

Nilai parameter fisik yang didapatkan pada tiap ruangan dilakukan uji hubungan terhadap kandungan jumlah bakteri yang ditemukan pada masing – masing ruang kerja yang diukur. Uji hubungan dilakukan apakah parameter fisik memiliki pengaruh terhadap kandungan jumlah bakteri atau tidak.

##### a) Hubungan suhu terhadap kandungan jumlah bakteri

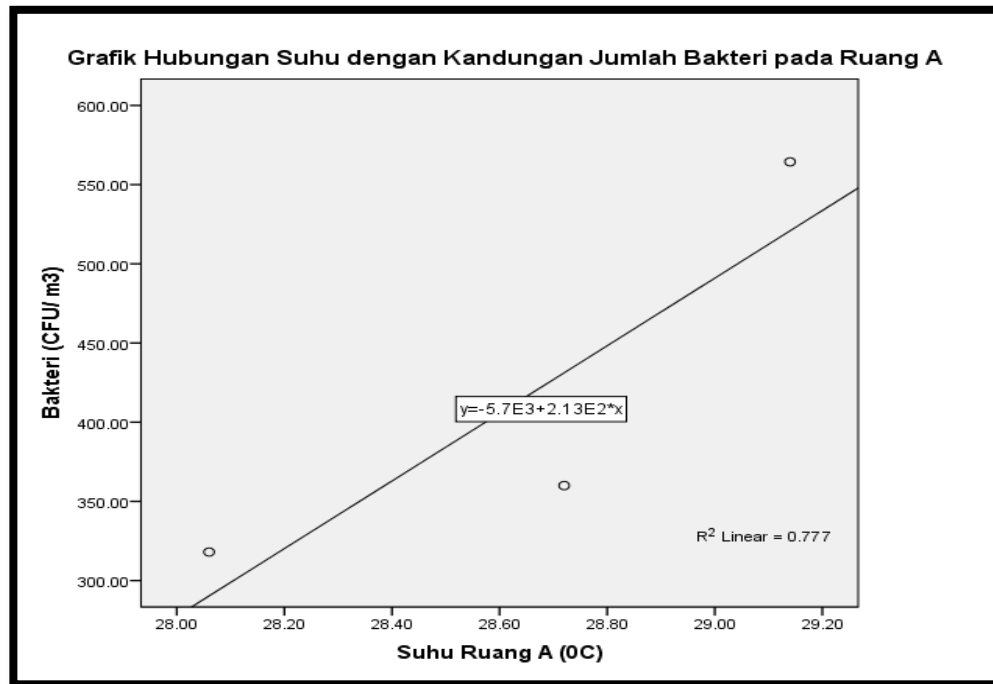
Nilai suhu dari masing – masing ruang kerja yang diukur dihitung seberapa besar korelasinya terhadap kandungan jumlah bakteri pada ruang kerja. Uji korelasi pada suhu menggunakan uji korelasi *Pearson*, hal dikarenakan data terdistribusi normal dan jumlah data relatif kecil. Berikut pada **Tabel 4.5** rekapitulasi koefisien dan koefisien korelasi dari suhu terhadap kandungan jumlah bakteri tiap ruang kerja

**Tabel 4.5 Besaran Korelasi Suhu Terhadap Kandungan Jumlah Bakteri Ruang Kerja**

No	Ruang Kerja	Nilai r	Kekuatan Korelasi	Koefisien Korelasi
1	Ruang tanpa AC dengan ventilasi kurang baik	0,88	Sangat kuat	Berbanding lurus
2	Ruang tanpa AC dengan ventilasi baik	-0,35	Menengah	Berbanding terbalik
3	Ruang menggunakan AC	0,30	Menengah	Berbanding lurus

##### 1. Ruang tanpa AC dengan ventilasi kurang baik (ruang A)

Berikut grafik nilai suhu terhadap kandungan jumlah bakteri pada ruangan tanpa AC dengan ventilasi kurang baik (ruang A).

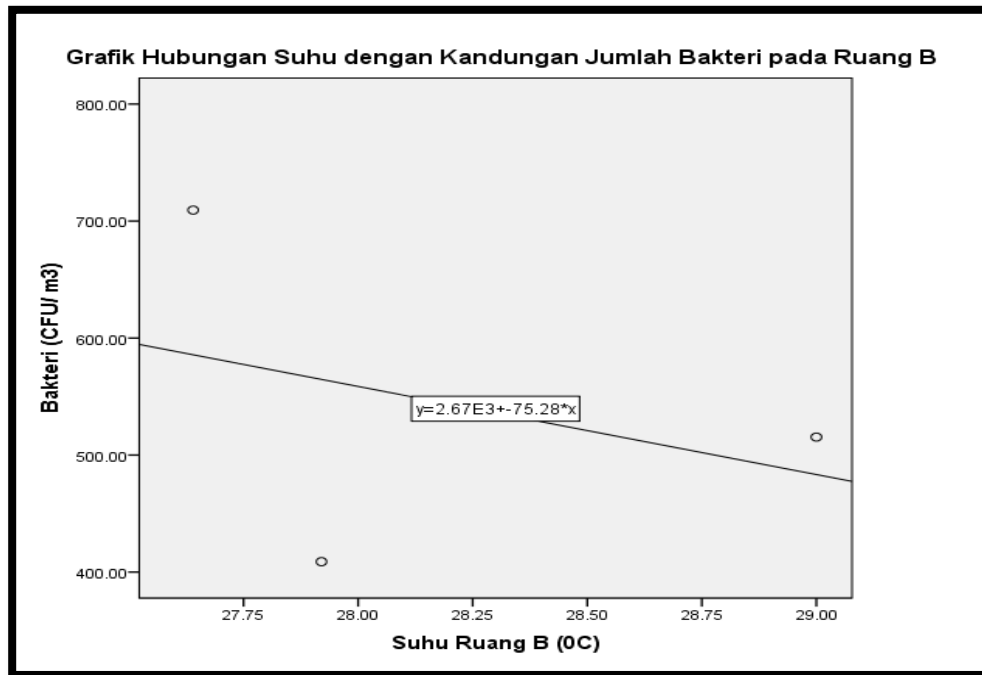


**Gambar 4.1. Grafik Hubungan Suhu dengan Kandungan jumlah bakteri Ruang A**

Berdasarkan uji hubungan suhu dengan kandungan jumlah bakteri pada ruangan A, didapatkan bahwa terdapat hubungan sangat kuat kearah positif antara suhu dengan kandungan jumlah bakteri di dalam ruangan. Hal tersebut dimungkinkan karena suhu yang relatif tinggi pada ruang kerja yang diukur menyebabkan bakteri golongan psikotrof dan mesofil tetap mampu untuk bertahan hidup di dalam ruangan. Suhu yang didapatkan pada ruang kerja yang diukur berada pada rentang 28,06°C hingga 29,14°C, suhu yang terukur tersebut merupakan suhu optimum bagi bakteri golongan mesofil yang membutuhkan suhu 25°C – 40°C, dan bakteri golongan psikotrof yang membutuhkan suhu optimum 20°C – 30°C (Pratiwi, 2008). Ruang yang tidak memiliki jendela dan aliran udara yang sangat minim menyebabkan suhu pada ruangan relatif tinggi dan stabil pada nilai yang sama dalam waktu yang cukup lama. Suhu yang relatif tinggi diwaktu yang cukup lama ini menjadi pemicu penyebab kehadiran bakteri pada ruangan

## **2. Ruang tanpa AC dengan ventilasi baik (ruang B)**

Berikut merupakan grafik suhu terhadap kandungan jumlah bakteri pada ruang tanpa AC dengan ventilasi baik (ruang B).

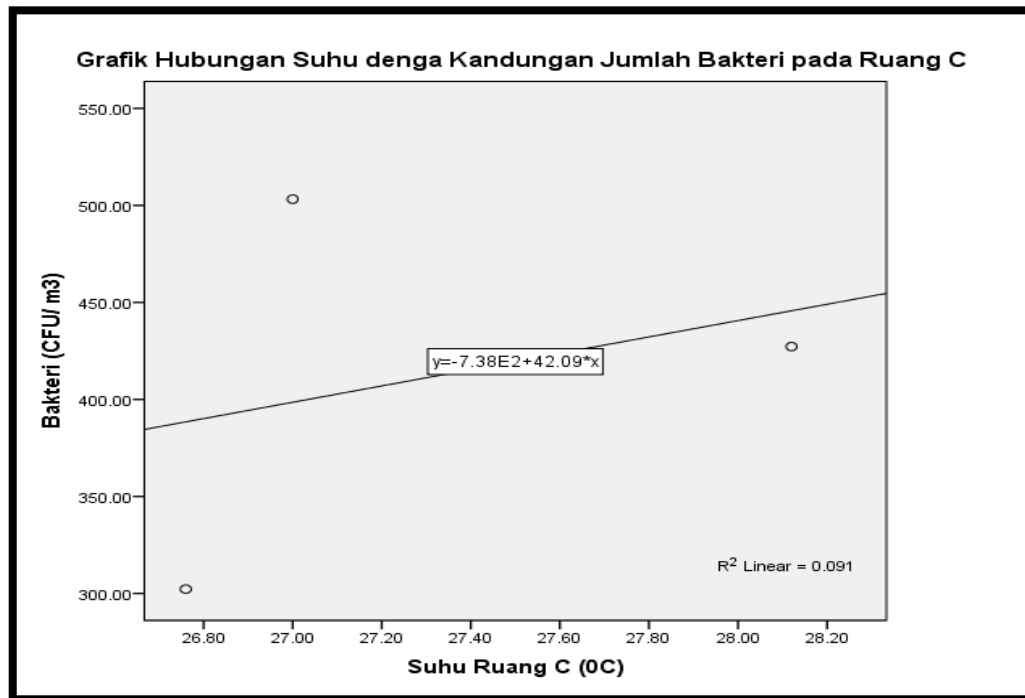


**Gambar 4.2 Grafik Hubungan Suhu dengan Kandungan jumlah bakteri Ruang B**

Hasil analisis uji hubungan suhu dengan kandungan jumlah bakteri pada ruang B menyatakan bahwa terdapat hubungan pada kategori menengah antara suhu dengan kandungan jumlah bakteri di dalam ruangan. Suhu pada ruangan B yang berkisar antara 27,64°C hingga 29°C yang merupakan suhu optimum bakteri golongan mesofil dan bakteri golongan psikotrof masih dapat bertahan hidup (Pratiwi, 2008). Ruang kerja B memiliki jendela dan sistem pergantian udara yang cukup lancar, namun dilain sisi, udara yang masuk tidak terlalu mumpuni untuk mengatur suhu pada ruangan, beserta mengganti udara kotor yang terperangkap dalam ruangan. Hubungan menengah antara suhu dengan kandungan jumlah bakteri dapat disebabkan karena panas matahari yang masuk melalui jendela pada ruangan bertahan cukup lama dalam ruangan sebelum udara datang menetralsisir suhu dalam ruangan, jendela kaca yang lebih besar dari ruang pergantian udara juga menyebabkan sebagian besar panas matahari terperangkap dalam ruangan, sehingga suhu ruangan relatif tinggi (Vindrahapsari, 2018), sehingga suhu udara akan tetap tinggi tetapi sirkulasi udara yang cukup lancar dapat memecah kandungan jumlah bakteri dalam ruangan.

### 3. Ruang menggunakan AC (ruang C)

Berikut merupakan grafik suhu terhadap kandungan jumlah bakteri pada ruang menggunakan AC (ruang C).



Gambar 4.3. Grafik Hubungan Suhu dengan Kandungan jumlah bakteri Ruang C

Hasil analisis uji hubungan suhu dengan kandungan jumlah bakteri pada ruang C menyatakan bahwa terdapat hubungan menengah antara suhu dengan kandungan jumlah bakteri pada ruangan. Suhu pada ruangan yang sebesar 26,76°C hingga 28,12°C, hal yang sama seperti ruang A dan B, dimana suhu tersebut merupakan suhu optimum bakteri golongan mesofil dan bakteri psikotrof (Pratiwi, 2008). Meskipun ruangan C menggunakan AC, namun ketika dilakukan pengukuran, suhu dalam ruangan tidak berbeda jauh dengan ruangan A dan B, hawa dingin dari AC tidak menurunkan suhu ruangan agar berada pada standar suhu untuk ruang kerja sesuai yang dijelaskan sesuai peraturan. Suhu yang relatif tinggi menyebabkan masih banyaknya bakteri bertahan hidup dan berkembang dalam ruangan, terutama bakteri golongan psikrofil dan mesofil (Pratiwi, 2008). Hubungan menengah antara suhu dengan konsentrasi pada ruangan dapat disebabkan suhu dalam ruangan yang telah diatur, sehingga hal ini tidak terlalu mempengaruhi bakteri, namun bakteri dalam

ruangan tetap dihitung sebagai bukti banyaknya aktifitas dan pengunjung dalam ruangan. Suhu ruangan menggunakan AC telah diatur sedemikian rupa, sehingga kondisi udara menjadi kurang menguntungkan untuk pertumbuhan bakteri namun bakteri tetap dapat tumbuh.

**b) Hubungan kelembaban terhadap kandungan jumlah bakteri**

Nilai dari kelembaban udara masing – masing ruang kerja diukur dihitung lebih lanjut untuk dilihat korelasinya terhadap kandungan jumlah bakteri pada masing – masing ruang kerja. Uji korelasi menggunakan uji korelasi *Pearson* dikarenakan data terdistribusi normal dan jumlah data relatif kecil. Berikut **Tabel 4.6** rekapitulasi besaran korelasi kelembaban masing – masing ruang kerja yang diukur.

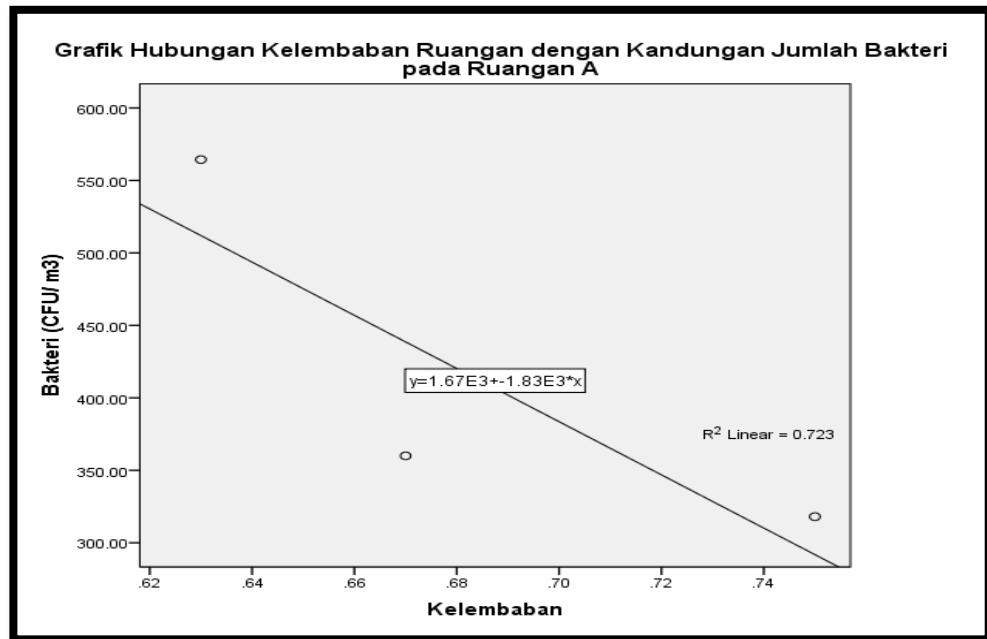
**Tabel 4.6 Besaran Korelasi kelembaban Terhadap Kandungan Jumlah Bakteri Ruang Kerja**

No	Ruang Kerja	Nilai r	Kekuatan Korelasi	Koefisien Korelasi
1	Ruang tanpa AC dengan ventilasi kurang baik	-0,85	Sangat kuat	Berbanding terbalik
2	Ruang tanpa AC dengan ventilasi baik	-0,44	Menengah	Berbanding terbalik
3	Ruang menggunakan AC	0,02	Kurang berarti	Berbanding lurus

**1. Ruang tanpa AC dengan ventilasi kurang baik (ruang A)**

Berikut grafik nilai kelembaban udara terhadap kandungan jumlah bakteri pada ruangan tanpa AC dengan ventilasi kurang baik (ruang A).





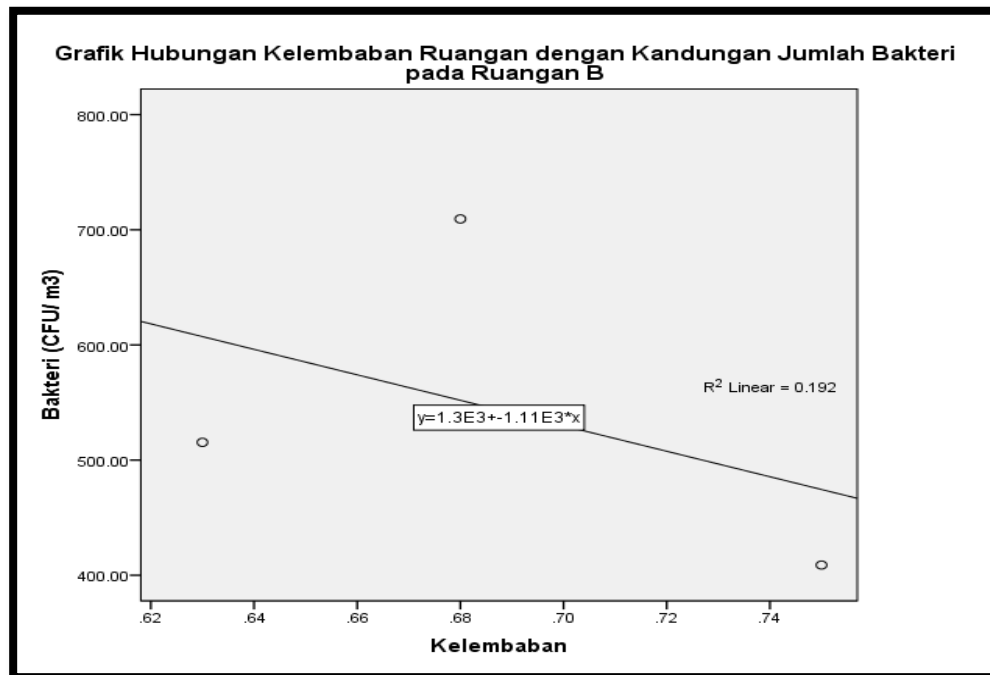
**Gambar 4.4. Grafik Hubungan Kelembaban dengan Kandungan jumlah bakteri Ruang A**

Berdasarkan uji hubungan kelembaban dengan kandungan jumlah bakteri yang dilakukan pada ruangan A, didapatkan bahwa terdapat ruangan pengaruh yang sangat kuat kearah negatif antara kelembaban dengan kandungan jumlah bakteri pada ruangan. Hal ini dikarenakan bakteri membutuhkan media yang lembab untuk tumbuh, sehingga ruangan yang lembab dapat mempercepat pertumbuhan bakteri (Pratiwi, 2008), nilai negatif yang menjelaskan hubungan kelembaban ruangan dengan kandungan jumlah bakteri berbanding terbalik dapat disebabkan karena ruangan A yang tidak memiliki jendela yang mengakibatkan suhu udara relatif tinggi dan konstan di tiap titik pengukuran, suhu yang tinggi menyebabkan kelembaban rendah, sehingga meskipun kelembaban ruangan melebihi 60% namun tidak mempengaruhi pertumbuhan bakteri. Kelembaban ruangan A bernilai antara 63% hingga 75%, sedangkan bakteri membutuhkan kelembaban optimum yaitu 85% (Waluyo, 2009). Pada kasus ruangan A, apabila kelembaban udara naik, maka kandungan jumlah bakteri akan menurun. Kelembaban ruangan yang dibawah kelembaban optimum bakteri akan membuat bakteri kekurangan daya tahan namun tetap dapat hidup (Pratiwi, 2008). Selain suhu yang relatif tinggi, kelembaban yang

rendah pada ruang kerja juga disebabkan oleh lantai ruangan yang menggunakan keramik, sehingga tidak menyerap air.

## 2. Ruang tanpa AC dengan ventilasi baik (ruang B)

Berikut merupakan grafik kelembaban terhadap kandungan jumlah bakteri pada ruang tanpa AC dengan ventilasi baik (ruang B).

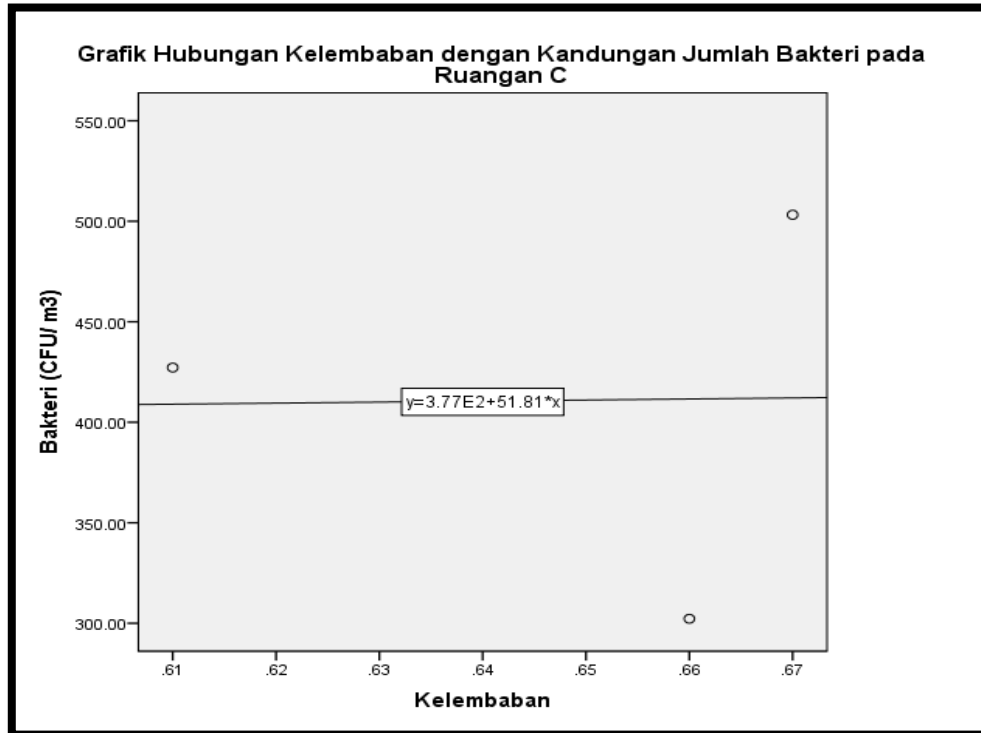


Gambar 4.5. Grafik Hubungan Kelembaban dengan Kandungan jumlah bakteri Ruang B

Uji hubungan kelembaban dan kandungan jumlah bakteri yang dilakukan pada ruang B menjelaskan bahwa hubungan kedua variabel berada kategori sedang dengan nilai korelasi negatif atau berbanding terbalik. Hal ini dapat terjadi karena ruang B merupakan ruang yang memiliki jendela yang cukup besar dengan sirkulasi udara yang cukup lancar, sehingga kelembaban dapat terjaga meskipun nilai kelembaban ruangan melebihi 60% dan bakteri yang hadir kemungkinan bukan disebabkan oleh nilai kelembaban, melainkan terbawa oleh pengunjung dan penghuni ruangan. Kelembaban ruangan yang bernilai 63% - 75% belum mencapai kelembaban optimum bagi bakteri namun bakteri tetap dapat hidup (Pratiwi, 2008).

### 3. Ruang menggunakan AC (ruang C)

Berikut merupakan grafik kelembaban terhadap kandungan jumlah bakteri pada ruang menggunakan AC (ruang C).



**Gambar 4.6 Grafik Hubungan Kelembaban dengan Kandungan jumlah bakteri Ruang C**

Uji hubungan kelembaban dengan kandungan jumlah bakteri pada ruangan C menjelaskan bahwa hubungan antara kelembaban dengan konsentrasi berada pada kategori kurang berarti dengan nilai kearah positif. Korelasi kurang berarti ini dapat terjadi karena ruangan C merupakan ruangan AC dimana suhu ruangan telah diatur sedemikian rupa, sehingga kelembaban ruangan akan ikut terjaga meskipun melebihi 60%. Kelembaban ruangan C bernilai 61% - 67%, kelembaban ini belum mencapai kelembaban optimum bagi bakteri namun bakteri tetap dapat hidup (Pratiwi, 2008). Bakteri yang tumbuh dalam ruangan dapat disebabkan pengunjung ruangan yang relatif banyak setiap harinya, bakteri yang terbawa masuk akan mengendap pada permukaan karpet maupun pada furnitur seperti pada lemari dan udara yang lembab pada ruangan akan menguntungkan bakteri untuk tetap hidup dalam ruangan (Vindrahapsari, 2018). Pada ruangan C, korelasi positif menjelaskan bahwa apabila

kelembaban ruangan meningkat, maka kandungan jumlah bakteri juga akan ikut bertambah, hal ini dapat terjadi karena bakteri membutuhkan tempat lembab untuk hidup, semakin lembab media, maka bakteri akan semakin cepat berkembang biak (Irianto, 2007).

**c) Hubungan cahaya terhadap kandungan jumlah bakteri**

Nilai cahaya yang diukur pada ruang kerja dibedakan atas cahaya dengan bantuan lampu dan tanpa bantuan lampu. Dimana intensitas cahaya masing masing ruangan yaitu pada ruang tanpa AC ventilasi kurang baik sebesar 109,5 lux dengan lampu dan 17,7 lux tanpa lampu, ruang tanpa AC ventilasi baik sebesar 476,1 lux , dan ruang AC sebesar 69,01 lux dengan lampu dan 36,5 lux tanpa lampu.

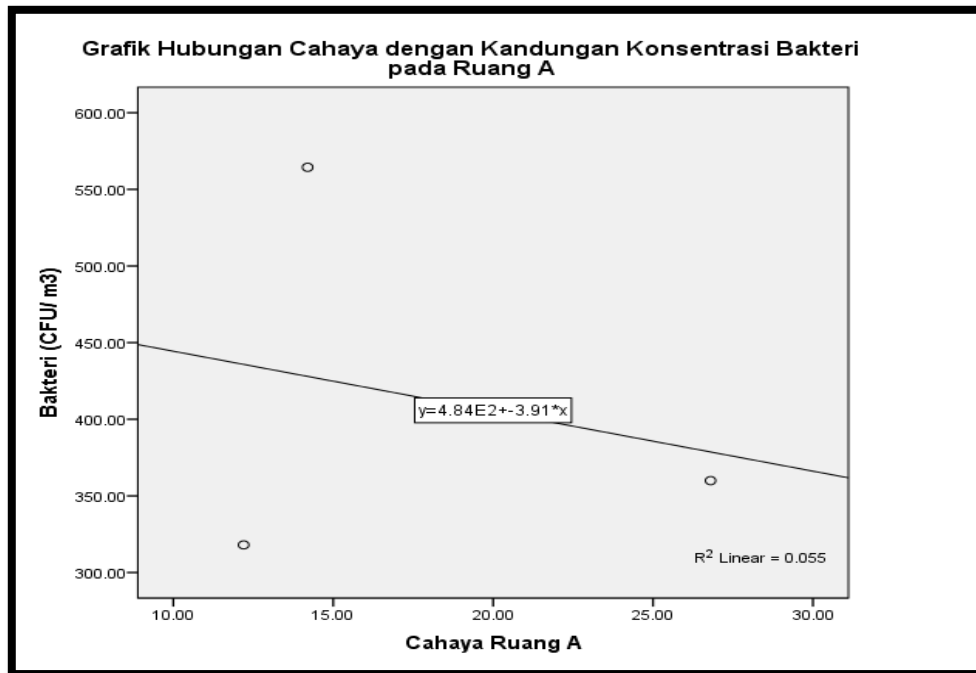
Nilai cahaya tanpa lampu masing – masing ruang kerja yang diukur dihitung lebih lanjut untuk dilihat korelasinya terhadap kandungan jumlah bakteri. Uji korelasi menggunakan uji korelasi *Pearson* pada data terdistribusi normal (ruang A dan B) dan korelasi *Spearman* pada data yang tidak terdistribusi normal (ruang C). Kedua uji korelasi ini dapat menghitung jumlah data relatif kecil. Berikut **Tabel 4.7** rekapitulasi besaran korelasi cahaya masing – masing ruang kerja yang diukur.

**Tabel 4.7 Besaran Korelasi Cahaya Terhadap Kandungan Jumlah Bakteri Ruang Kerja**

No	Ruang Kerja	Nilai r	Kekuatan Korelasi	Koefisien Korelasi
1	Ruang tanpa AC dengan ventilasi kurang baik	-0,24	Kurang berarti	Berbanding terbalik
2	Ruang tanpa AC dengan ventilasi baik	1	Sangat kuat	Berbanding lurus
3	Ruang menggunakan AC	-0,93	Sangat kuat	Berbanding terbalik

**1. Ruang tanpa AC dengan ventilasi kurang baik (ruang A)**

Berikut merupakan grafik cahaya terhadap kandungan jumlah bakteri pada ruang tanpa AC dengan ventilasi kurang baik (ruang A).

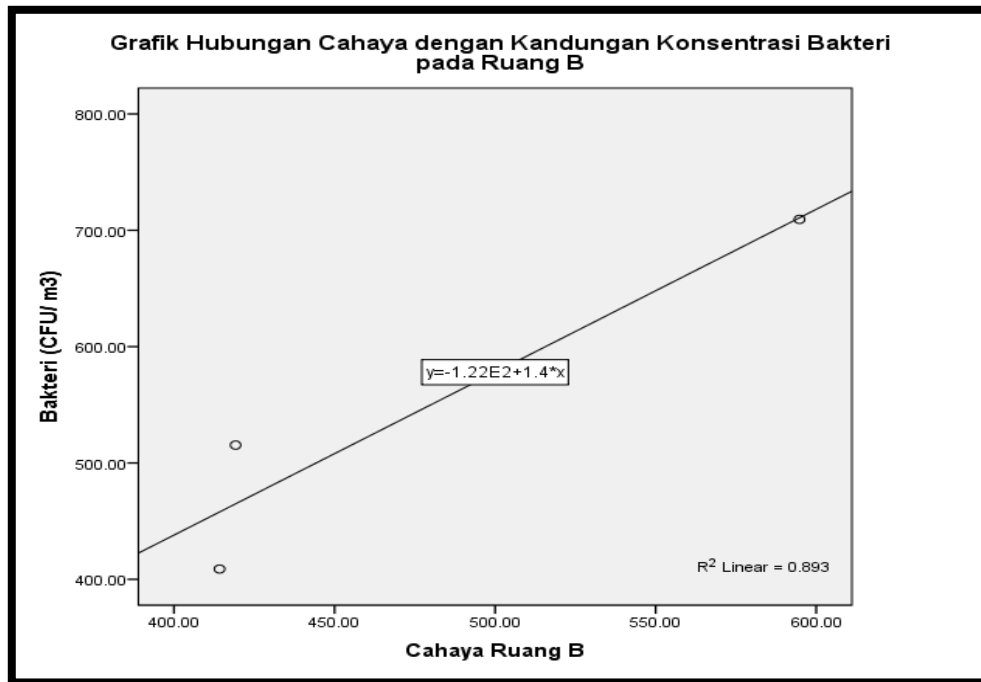


**Gambar 4.7 Grafik Hubungan Cahaya dengan Kandungan jumlah bakteri Ruang A**

Hasil uji hubungan pencahayaan dengan konsentrasi bakteri pada ruang A menunjukkan bahwa hubungan antara cahaya dengan jumlah bakteri pada ruang kerja termasuk kategori kurang berarti dengan nilai koefisien negatif atau berbanding terbalik, hal ini dikarenakan cahaya yang biasa dipergunakan dalam ruangan adalah cahaya lampu, intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam ruang kerja tidak terlalu kontinu bahkan pada ruangan A cahaya matahari yang masuk nyaris tidak ada sehingga bakteri tetap hidup atau tidak, tidak terlalu berpengaruh. Hubungan berbanding terbalik antara pencahayaan dengan konsentrasi bakteri diakibatkan bakteri akan mati apabila terkena radiasi sinar matahari atau bersifat sterilisasi spontan. Sinar matahari mengandung sinar *ultraviolet (UV)*, dimana sinar ini mampu menyebabkan kelainan bahkan kematian pada bakteri (Pratiwi, 2008).

## **2. Ruang tanpa AC dengan ventilasi baik (ruang B)**

Berikut merupakan grafik cahaya terhadap kandungan jumlah bakteri pada ruang tanpa AC dengan ventilasi baik (ruang B).

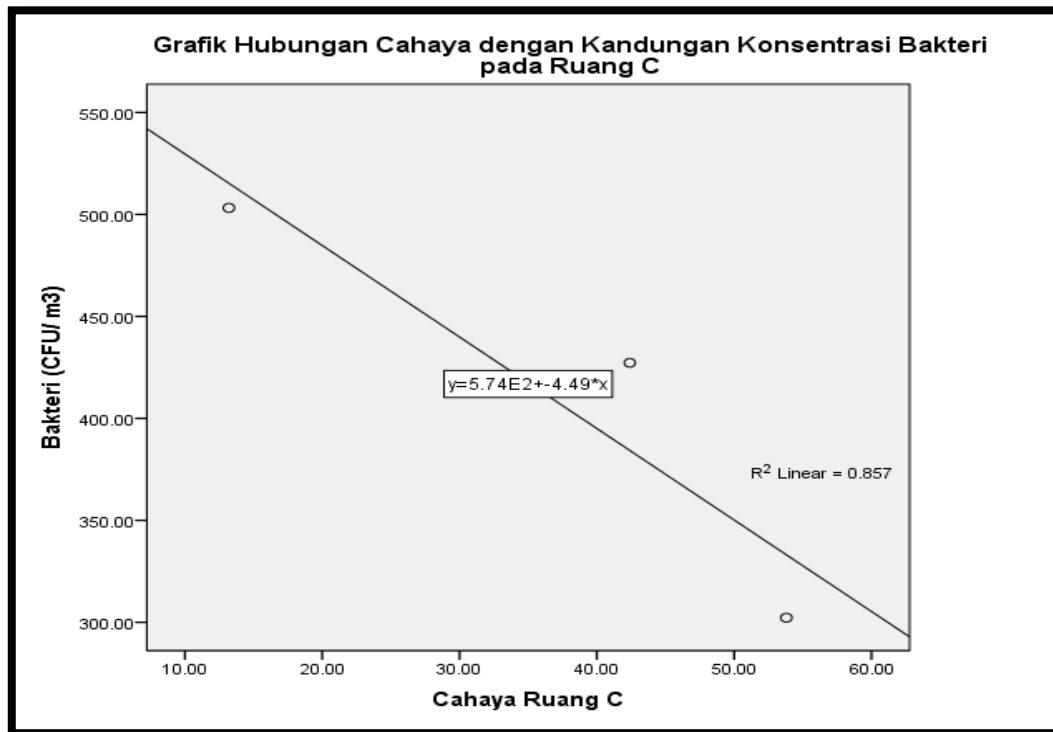


**Gambar 4.8 Grafik Hubungan Cahaya dengan Kandungan jumlah bakteri Ruangan B**

Uji hubungan pencahayaan dengan kandungan jumlah bakteri pada ruang B menunjukkan bahwa hubungan antara keduanya berada pada kategori sangat kuat berkorelasi ke arah positif. Hal ini dapat disebabkan oleh sinar matahari yang masuk ke dalam ruangan tidak terlalu maksimal. Meskipun ruangan B memiliki jendela yang cukup besar, namun sinar matahari yang masuk tidak terlalu maksimal, hal ini dapat disebabkan adanya tanaman yang cukup tinggi dan tumbuh hingga mendekati jendela, akibatnya, sinar matahari yang masuk akan terhalang. Jendela pada ruang B menghadap ke arah Barat Laut, sehingga sepanjang garis perputaran bumi, jendela ruangan B tidak mendapat sinar matahari langsung, dan ketika sore hari, ruangan B akan mendapat sedikit cahaya matahari masuk namun dengan durasi waktu yang sebentar. Korelasi berbanding lurus pada ruangan B dapat disebabkan oleh bakteri yang terbawa oleh pengunjung maupun penghuni ruangan, dan menempel pada permukaan karpet ruangan, namun ketika terdapat pergerakan angin, bakteri akan kembali tertiuap dan melayang di udara. Korelasi pada ruangan B menjelaskan bahwa apabila cahaya meningkat, maka kandungan jumlah bakteri juga akan ikut meningkat.

### 3. Ruang menggunakan AC (ruang C)

Berikut merupakan grafik kelembaban terhadap kandungan jumlah bakteri pada ruang menggunakan AC (ruang C).



Gambar 4.9. Grafik Hubungan Cahaya dengan Kandungan jumlah bakteri Ruangan C

Uji hubungan pencahayaan dengan kandungan jumlah bakteri pada ruang C menunjukkan terdapat hubungan sangat kuat dengan korelasi ke arah negatif antara cahaya dengan kandungan jumlah bakteri pada ruangan, hal ini dikarenakan bakteri tidak dapat bertahan hidup jika terkena sinar *ultraviolet* langsung yang dibawa oleh sinar matahari, peristiwa ini juga disebut sebagai sterilisasi alami dan secara spontan (Pratiwi, 2008). Meskipun ruangan C memiliki AC, namun tepat di sebelah meja kerja terdapat jendela yang cukup besar dan tertutup rapat, sehingga sinar matahari masih dapat masuk secara kontinu meskipun udara tidak dapat masuk. Korelasi negatif pada hubungan menjelaskan bahwa apabila intensitas cahaya yang masuk semakin banyak, maka kandungan jumlah bakteri akan semakin berkurang.

## 4.5 Dampak dan Rekomendasi

### A. Perbandingan jumlah bakteri ditiap titik pengukuran dalam ruang kerja

Meskipun jumlah kandungan bakteri yang terdapat dalam ruang kerja yang diukur masih di bawah baku mutu, namun identifikasi bakteri pada ruangan tidak dapat dilaksanakan, sehingga ada kemungkinan bakteri pada ruangan merupakan bakteri patogen. Berikut dampak dan rekomendasi yang dapat disarankan pada ruang kerja dalam tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Dampak dan Rekomendasi Kandungan Jumlah Bakteri

No	Ruangan	Koloni Bakteri (CFU/m <sup>3</sup> )	Kondisi	Dampak pada manusia	Rekomendasi
1	Tanpa AC ventilasi kurang baik	414,22	Masih di bawa baku mutu	-	- Meningkatkan hiegene perorangan - Memberikan desinfektan
2	Tanpa AC ventilasi baik	544,55	Masih di bawa baku mutu	-	- Membatasi waktu pajanan dari sumber - Menggunakan alat pelindung diri yang sesuai
3	Menggunakan AC	410,9	Masih di bawa baku mutu	-	

Dikarenakan penelitian tidak melakukan identifikasi bakteri pada ruangan kerja, maka direkomendasikan kepada pengguna dan pengunjung ruang kerja untuk menjaga dan meningkat higiene perorangan serta meningkatkan kebersihan ruangan kerja, karena berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Vidyautami (2015), dan Rachmatanri (2015), bakteri yang banyak ditemukan dalam udara baik ruang tanpa AC maupun tanpa AC adalah bakteri golongan *Staphylococcus sp* dan *streptococcus sp* seperti *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus saprophyticus*, *Alfa streptococcus* dan *Beta streptococcus*, dimana bakteri golongan ini merupakan bakteri golongan patogen.

## B. Suhu

Nilai suhu yang melebihi baku mutu memberikan dampak tersendiri baik pada pengguna atau penghuni ruang kerja, maupun pada bakteri yang berada pada ruangan. Berikut tabel 4.9 rekapitulasi dampak dan rekomendasi yang dapat disarankan kepada pengguna ruangan kerja.

**Tabel 4.9 Dampak dan Rekomendasi Kondisi Suhu pada Ruangan**

No	Ruangan	Suhu Ruang Kerja (C)	Kondisi	Dampak		Rekomendasi
				Manusia	Bakteri	
1	Tanpa AC ventilasi kurang baik	28,6	Tidak memenuhi baku mutu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cepat lelah</li> <li>- Mengantuk</li> <li>- Panas berlebih</li> <li>- Pusing,</li> <li>- Rasa gatal akibat keringat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pertumbuhan golongan bakteri semakin banyak</li> <li>- Peluang paparan bakteri pada pengguna ruangan sangat besar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menyediakan sistem ventilasi</li> <li>- Penambahan alat pengatur suhu</li> </ul>
2	Tanpa AC ventilasi baik	28,2	Tidak memenuhi baku mutu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cepat lelah</li> <li>- Mengantuk</li> <li>- Pusing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pertumbuhan golongan bakteri semakin banyak</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Penambahan alat pengatur suhu</li> </ul>
3	Menggunakan AC	27,3	Tidak memenuhi baku mutu	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cepat lelah</li> <li>- Mengantuk</li> <li>- Pusing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pertumbuhan golongan bakteri semakin banyak</li> <li>- Peluang paparan bakteri kepada pengguna ruangan cukup besar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memposisikan AC pada posisi yang cukup strategis dalam ruangan</li> <li>- Mematikan AC secara berkala dan mengupayakan pergantian udara alamiah.</li> </ul>

No	Ruangan	Suhu Ruang Kerja	Kondisi	Dampak		Rekomendasi
						- Disarankan agar pengguna ruangan tidak bekerja tepat di bawah AC

### C. Kelembaban

Sama seperti suhu, nilai kelembaban pada ruang kerja yang diukur belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan. Kelembaban yang tinggi dalam ruangan dapat memberikan dampak baik pada pengguna ruangan maupun pada pertumbuhan bakteri. Berikut pada tabel 4.10 dampak rekomendasi yang dapat diberikan terkait kelembaban pada ruang kerja

**Tabel 4.10 Dampak dan Rekomendasi Kondisi Kelembaban Pada Ruangan**

No	Ruangan	Kelembaban Ruang Kerja (%)	Kondisi	Dampak		Rekomendasi
				Manusia	Bakteri	
1	Tanpa AC ventilasi kurang baik	68%	Tidak sesuai baku mutu	- Alergi pernafasan - Meningkatkan resiko penyakit TBC	Bakteri dapat bertahan meski di bawah 85 % atau bukan kelembaban optimal	- Memperbaiki sistem ventilasi ruangan - Menggunakan alat <i>demuhdifier</i>
2	Tanpa AC ventilasi baik	69%	Tidak sesuai baku mutu	- Sulit untuk berkonsentrasi	Bakteri	Menggunakan alat <i>demuhdifier</i>
3	Menggunakan AC	64%	Tidak sesuai baku mutu	- Mempengaruhi suasana hati dan mental		Menggunakan alat <i>demuhdifier</i> * - Pengoptimalan fungsi AC atau pendingin ruangan.

No	Ruangan	Kelembaban Ruang Kerja (%)	Kondisi	Dampak		Rekomendasi
				Manusia	Bakteri	
						Matikan AC secara periodik dan upayakan pergantian udara secara alamiah.

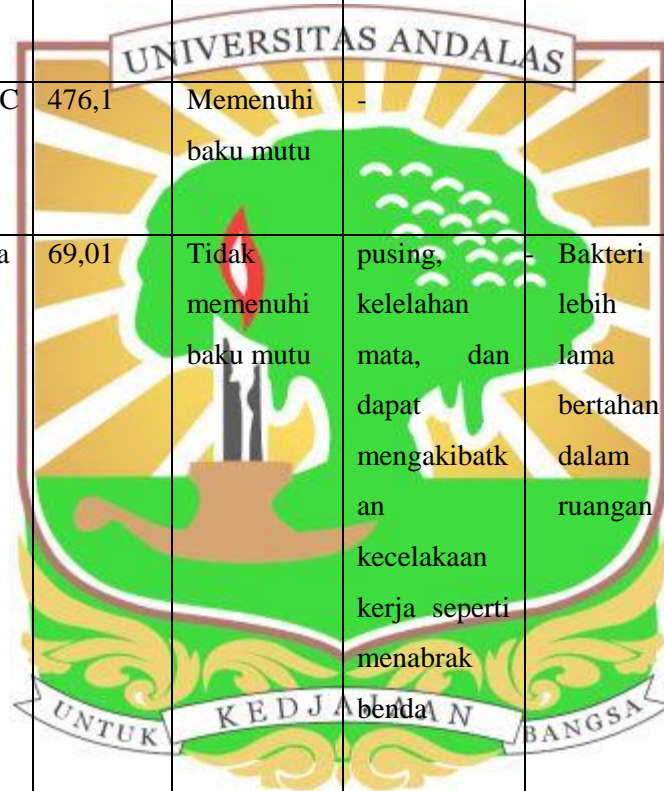
#### D. Cahaya

Nilai cahaya yang didapatkan berbeda antar ruang kerja, dimana pada ruang kerja yang belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan akan menimbulkan dampak tersendiri. Berikut tabel 4.11 dapat dilihat dampak dan rekomendasi terkait cahaya pada ruang kerja.

**Tabel 4.11 Dampak dan Rekomendasi Kondisi Cahaya pada Ruangan**

No	Ruangan	Cahaya Ruang Kerja (Lux)	Kondisi	Dampak		Rekomendasi
				Manusia	Bakteri	
1	Tanpa AC ventilasi kurang baik	109,5	Tidak memenuhi baku mutu	- Pusing, - kelelahan mata, - Dapat mengakibatkan kecelakaan kerja seperti menabrak benda	- Bakteri lebih lama bertahan dalam ruangan	- Mengganti bola lampu dengan yang lebih terang namun tidak menyebabkan panas yang berlebihan, - Memposisikan bola lampu secara tepat agar tidak silau dan sering

No	Ruangan	Cahaya Ruang Kerja (Lux)	Kondisi	Dampak		Rekomendasi
				Manusia	Bakteri	
						dibersihkan - Mengupayakan cahaya matahari masuk ke dalam ruangan
2	Tanpa AC ventilasi baik	476,1	Memenuhi baku mutu	-		-
3	Menggunakan AC	69,01	Tidak memenuhi baku mutu	pusing, kelelahan mata, dan dapat mengakibatkan kecelakaan kerja seperti menabrak benda	- Bakteri lebih lama bertahan dalam ruangan	- Mengganti bola lampu dengan yang lebih terang pada titik tertentu - Mengoptimalkan cahaya matahari yang masuk pada ruangan.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa:

1. Kandungan jumlah bakteri pada ruangan *Air Conditioner (AC)* adalah dan tanpa AC institusi pendidikan X yang telah diukur yaitu:

**Tabel 5.1 Konsentrasi Jumlah Bakteri Dalam Ruang Kerja**

No	Ruang Kerja	Rata - Rata Jumlah Koloni	Mikroba di Udara (CFU/m <sup>3</sup> )	Baku Mutu (CFU/m <sup>3</sup> )	Keterangan
1	Tanpa AC Ventilasi Kurang Baik	15,80	414,13	700	Dibawah syarat baku mutu maksimal
2	Tanpa AC Ventilasi Baik	20,78	544,55	700	Dibawah syarat baku mutu maksimal
3	Menggunakan AC	15,68	410,90	700	Dibawah syarat baku mutu maksimal

Baku mutu maksimal kandungan jumlah bakteri yang diizinkan adalah 700 CFU/ m<sup>3</sup> baik pada PERMENKES RI No 48 tahun 2016, tentang Standar Kesehatan dan Keselamatan Kerja Perkantoran, maupun PERMENAKER RI No 5 tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Lingkungan Kerja;



2. Kualitas fisik ruang kerja yang diukur berupa suhu, kelembaban, dan cahaya pada ruangan *Air Conditioner* (AC) adalah dan tanpa AC institusi pendidikan X yang telah diukur yaitu:

**Tabel 5.2 Rekapitulasi Kualitas Fisik Ruang Kerja**

No	Ruangan	Suhu (°C)	Baku Mutu (°C)	Kelembaban (%)	Baku Mutu (%)	Cahaya (Lux)	Baku Mutu
1	Tanpa AC ventilasi kurang baik	28,6	(23 – 26)	68	60	17,7	300* 200**
2	Tanpa AC ventilasi baik	28,2	(23 – 26)	69	60	476,1	300* 200**
3	Menggunakan AC	27,3	(23 – 26)	64	60	36,5	300* 200**

\*PERMENKES RI No 48 Tahun 2016

\*\*PERMENAKER RI 5 Tahun 2018

Kualitas fisik ruang kerja belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan, namun pengecualian pada cahaya di ruang tanpa AC dengan ventilasi baik dimana cahaya telah sesuai baku mutu Peraturan Menteri Ketenakerjaan Republik Indonesia No 5 Tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Lingkungan Kerja, dan Peraturan Menteri Kesehatan No 48 tahun 2016 tentang Standar Kesehatan dan Keselamatan Kerja Perkantoran

3. Hubungan antara parameter fisik dengan konsentrasi ruangan dipengaruhi oleh kondisi ventilasi pada ruangan, dimana pada penelitian didapatkan bahwa:

**Tabel 5.3 Rekapitulasi Hubungan Parameter Fisik dan Kandungan Jumlah Bakteri pada Masing – Masing Ruang Kerja**

No	Ruangan	Suhu	Kelembaban	Cahaya
1	Tanpa AC ventilasi kurang baik	Sangat kuat Berbanding lurus	Sangat kuat Berbanding terbalik	Kurang berarti Berbanding terbalik

No	Ruangan	Suhu	Kelembaban	Cahaya
2	Tanpa AC ventilasi baik	Menengah Berbanding terbalik	Menengah Berbanding terbalik	Sangat kuat Berbanding lurus
3	Menggunakan AC	Menengah Berbanding lurus	Kurang berarti Berbanding lurus	Sangat kuat Berbanding terbalik

4. Rekomendasi yang dapat diberikan berupa:

- a) Adanya ventilasi umum dan jendela yang dapat mengatur sirkulasi udara dan cahaya masuk ke ruangan;
- b) Membersihkan ruangan secara rutin;
- c) Menambah sumber penerangan;
- d) Kepada pengguna ruangan agar dapat menjaga kebersihan dan kesehatan diri dengan menggunakan sarung tangan jika diperlukan ketika bekerja, dan menggunakan cairan pembersih tangan instan seperti *handsanitizer*.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian analisis bakteri di udara dalam ruang kerja selanjutnya adalah:

1. Melakukan pengukuran parameter fisik dan jumlah bakteri pada ruangan yang memiliki kesamaan fungsi, ukuran dan sarana prasarana ruangan kerja;
2. Melakukan pengujian lebih lanjut terkait identifikasi bakteri yang berada dalam ruang kerja;

## DAFTAR PUSTAKA

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). (1998). A Manual of Recommended Practice: Industrial Ventilation. America*
- Aditama.T.Y.(2002) Kesehatan dan Keselamatan Kerja. Jakarta: Universitas Indonesia Press
- Anies. (2006). Waspada Ancaman Penyakit Tidak Menular Solusi Pencegahan dari Aspek Perilaku dan Lingkungan. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), & Water Environment Federal (WEF) Standard Methods No. 9020. (2005). Quality Assurance/Quality Control.*
- American Public Health Association (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. America: Water Environment Federation.*
- Budiyono, A. (2001). Pencemaran Udara: Dampak Pencemaran Udara pada Lingkungan. Berita Dirgantara, Volume (2). No 1
- Candrasari, C. R. dan Mukono. (2013). Hubungan Kualitas Udara dalam Ruang dengan Keluhan Penghuni Lembaga Pemasarakatan Kelas IIA Kabupaten Sidoarjo. Jurnal Kesehatan Lingkungan. 7(1):21 – 25
- Chan PMJE. (2008). Dasar - Dasar Mikrobiologi Jakarta: UI Press
- EPA. *Indoor Air Quality*. (Diakses pada 5 September 2020. <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/introduction-indoor-air-quality>)
- Ericsson, Mark. (2013). *What is Shipboard Ventilation, and Low and High Velocity System*. Diakses 21 Agustus 2021 dari <https://marinersgalaxy.com/2013/04/what-is-shipboard-ventilation-and-low.html>
- Fitria, L, Wulandari, RA, Hermawati, E. (2008). Kualitas Udara Dalam Ruangan Perpustakaan Universitas "X" Ditinjau Dari Kualitas Biologi, Fisik, Dan Kimiawi. Universitas Indonesia.
- Hadi A. (2007). Pemahaman dan Penerapan ISO/ICE 17025: 2005. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Handoko. (2008). Merawat dan Memperbaiki AC. Jakarta: Kawan Pustaka.

Harrington, JM, Gill, FS. (2005). Buku Kesehatan Kerja. Ed 1. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.

Harti, AS. (2015) Mikrobiologi Kesehatan Peran Mikrobiologi dalam Kesehatan. Jakarta.

Hasan, M Iqbal. (2010). Pokok – Pokok Materi Statistik 2. Ed 6. Jakarta: PT. Bumi Aksara

Hayleyesus dan Manaye. (2014). *Microbiological Quality of Indoor Air in University Libraries. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, vol. 4, hal. 312 - 317

Imaniar, E, Apriliana, E dan Rukmono, P. (2013). 'Kualitas mikrobiologi udara di inkubator unit perinatologi rumah sakit umum daerah Dr. Abdul Moeloek Bandar Lampung, *Journal Majority*, vol. 1, hal. 51-60

Irianto. (2007). Menguak Dunia Mikroorganisme. Ed 2. Bandung: Yrama Widya.

Irwan Z. (2009). Besarnya Eksploitasi Perempuan dan Lingkungan di Indonesia. Jakarta: Gramedia.

*International ISO Standard No 14698-1(2003). Cleanrooms and Associated Controlled Environments – Biocontamination Control: General Principles and Method.*

Khalfallah, Hind M., Omar M. Abukhres., Ali F. Hawad., Ibrahim A. Mukhtar., Hussien A. Alrasheed. (2016). *Air Conditioners as a Source of Bacterial Contamination in an Indoor Environment. International Journal of Applied medical and Biological Research. Volume (1): 20-26*

Lestari F. (2010). Bahaya Kimia Sampling dan Pengukuran Kontaminan Kimia di Udara. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.

Liyastuti, E. (2010). Jumlah Koloni Mikroorganisme Udara Dalam Ruang Dan Hubungannya Dengan Kejadian *Sick Building Syndrome* (SBS) Pada Pekerja Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur (B2tks) Bppt Di Kawasan Puspiptek Serpong.. (ID): Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia

Madigan, MT (2009). *Brock Biology of Microorganisms Twelfth Edition*. Pearson Benjammin Cummings



Moerdjoko. (2004). Kaitan Sistem Ventilasi Bangunan Dengan Keberadaan Mikroorganisme Udara. Puslit Journal.

Muchtaridi, J. (2007). Kimia 2. Jakarta: Penerbit Yudhistira.

Pepper, IL dan Gerba, CP. (2004). *Environmental Microbiology: A Laboratory Manual*. Amerika: Academic Press.

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No 48 tahun 2016 Standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja Kantor. Jakarta

Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 tahun 2018 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Lingkungan Kerja. Jakarta, 2018

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran udara. Jakarta 1999.

Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Jakarta 2021

Pratiwi, ST. (2008). Mikrobiologi Farmasi. Jawa Timur: Erlangga

Prawira E. (2011). Perbaikan Ventilasi Alami Pada Pemukiman Padat Penduduk Bentuk Dari Eko-Arsitektur. Universitas Tarumanegara.

Pribadi, SB. (2013). Ventilasi Alami. Diakses 30 Mei 2021 dari <https://www.google.com/septanabp.wordpress.com/2013/06/05/ventilasi-alami/amp.html>

Rachmatanri I. (2015). Pengaruh Penggunaan Ventilasi (AC Dan Non-AC) Terhadap Keberadaan Mikroorganisme Udara Di Ruang Perpustakaan. Universitas Diponegoro Semarang.

Rahmadani, A, Budiyono, Suhartono. (2017). Gambaran Keberadaan Bakteri Staphylococcus Aureus, Kondisi Lingkungan Fisik, Dan Angka Lempeng Total Di Udara Ruang Rawat Inap RSUD Prof. Dr. M.A Hanafiah Sm Batusangkar. Jurnal Kesehatan Masyarakat. Volume 5

Satwiko. (2009). Pengertian Kenyamanan Dalam Suatu Bangunan. Yogyakarta. Wingjosoebroto.

Slamet JS. (2002.) Kesehatan Lingkungan. Yogyakarta: Gajah Mada University Press

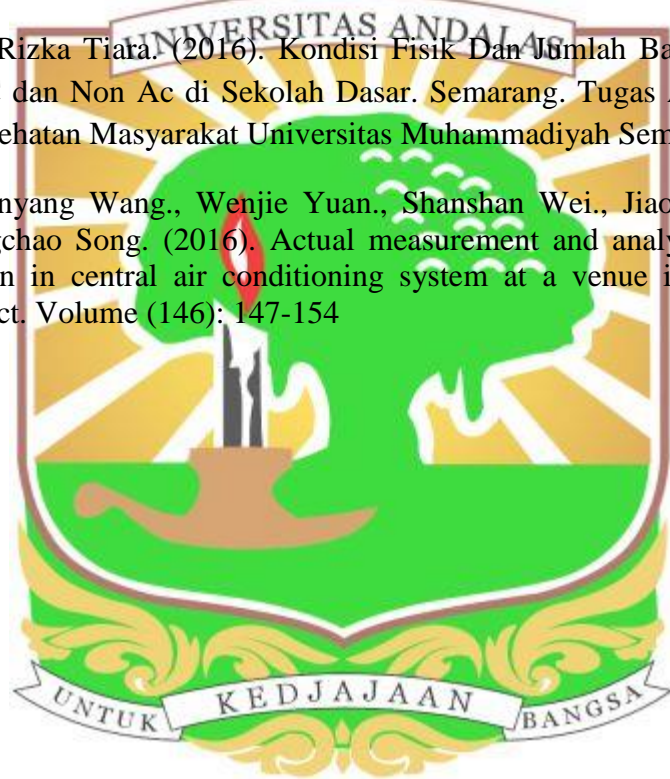
Suharyo, Widagdo. (2009). Kualitas Udara dalam Ruang Kerja. Sigma Epsilon. Volume 13

Syahrul Ramadhan, Muhammad. (2018). Hubungan Keberadaan Bakteriologis Udara Terhadap Kondisi Ruangan Di Ruang Kuliah Mahasiswa S1 Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin. Makassar. Tugas Akhir Mahasiswa Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Hasanuddin Makassar.

Vidyautami D. N., Huboyo H.S., Hadiwidodo M. (2015). Pengaruh Penggunaan Ventilasi (Ac Dan Non Ac) Dalam Ruangan Terhadap Keberadaan Mikroorganisme Udara. Universitas Diponegoro.

Vindrahapsari, Rizka Tiara. (2016). Kondisi Fisik Dan Jumlah Bakteri Udara pada Ruangan AC dan Non Ac di Sekolah Dasar. Semarang. Tugas Akhir Mahasiswa Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Muhammadiyah Semarang.

Yang Lv., Chunyang Wang., Wenjie Yuan., Shanshan Wei., Jiaoqi Gao., Boyuan Wang., Fangchao Song. (2016). Actual measurement and analysis on microbial contamination in central air conditioning system at a venue in Dalian, China. Science Direct. Volume (146): 147-154







# LAMPIRAN



# LAMPIRAN A

(Hasil Pemeriksaan Kualitas Fisik dan Jumlah Koloni bakteri pada Ruang Kerja)

## Hasil Pemeriksaan Kualitas Fisik Ruang Kerja

Tabel Hasil Pengukuran Kualitas Fisik Ruang Kerja

Titik	Lokasi	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Cahaya (Lux)
<b>Data ke - 1 (Senin 25 Januari 2021)</b>				
<b>Ruang Ventilasi Kurang Baik (A)</b>				
1	Meja Kerja	29,1	62%	11
2	Pintu	29,1	63%	12
3	Jendela	29,1	64%	26
4	Lemari	29,2	64%	9
5	Tengah Ruang	29,2	64%	13
Rata rata		29,14	63%	14,2
<b>Ruang Ventilasi Baik (B)</b>				
1	Meja Kerja	29	62%	323
2	Pintu	29,1	62%	250
3	Jendela	28,9	63%	1021
4	Ruang Barang	29	63%	80
5	Tengah Ruang	29	63%	422
Rata rata		29	63%	419,2
<b>Ruang AC (C)</b>				
1	Meja Kerja	28,3	62%	42
2	Pintu	27,9	61%	57
3	Jendela	28,2	61%	44
4	Lemari	28,1	61%	27
5	Tengah Ruang	28,1	61%	42
Rata rata		28,12	61%	42,4
<b>Data ke - 2 (Rabu 27 Januari 2021)</b>				
Titik	Lokasi	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Cahaya (Lux)
<b>Ruang Ventilasi Kurang Baik (A)</b>				
1	Meja Kerja	28	74%	14
2	Pintu	27,9	74%	11
3	Jendela	28,1	77%	17
4	Lemari	28	74%	9
5	Tengah Ruang	28,3	77%	10
Rata rata		28,06	75%	12,2
<b>Ruang Ventilasi Baik (B)</b>				
1	Meja Kerja	27,9	80%	281

Titik	Lokasi	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Cahaya (Lux)
2	Pintu	28	77%	238
3	Jendela	27,9	74%	1048
4	Ruang Barang	27,9	73%	95
5	Tengah Ruang	27,9	73%	409
Rata rata		27,92	75%	414,2
<b>Ruang AC (C)</b>				
1	Meja Kerja	27,1	68%	8
2	Pintu	27	68%	17
3	Jendela	27	65%	13
4	Lemari	26,9	64%	13
5	Tengah Ruang	27	68%	15
Rata rata		27	67%	13,2
<b>Data ke- 3 (Jumat 29 Januari 2021)</b>				
Titik	Lokasi	Suhu (°C)	Kelembaban (%)	Cahaya (Lux)
<b>Ruang Ventilasi Kurang Baik (A)</b>				
1	Meja Kerja	28,4	66%	16
2	Pintu	28,6	66%	30
3	Jendela	29,1	69%	57
4	Lemari	28,6	66%	17
5	Tengah Ruang	28,9	67%	14
Rata rata		28,72	67%	26,8
<b>Ruang Ventilasi Baik (B)</b>				
1	Meja Kerja	27,2	69%	476
2	Pintu	27,4	68%	348
3	Jendela	27,7	68%	1652
4	Ruang Barang	27,9	67%	90
5	Tengah Ruang	28	66%	408
Rata rata		27,64	68%	594,8
<b>Ruang AC (C)</b>				
1	Meja Kerja	26,8	65%	49
2	Pintu	26,8	66%	51
3	Jendela	26,8	65%	64
4	Lemari	26,7	66%	70
5	Tengah Ruang	26,7	66%	35
Rata rata		26,76	66%	53,8

## Hasil Pemeriksaan Jumlah Koloni Bakteri

Tabel Hasil Pengukuran Jumlah Bakteri Dalam Ruang Kerja

Titik	Lokasi	Koloni Bakteri (Koloni)
<b>Data ke - 1 (Senin 25 Januari 2021)</b>		
<b>Ruang Ventilasi Kurang Baik (A)</b>		
1	Meja Kerja	43 (n=2)
2	Pintu	14 (n=3)
3	Jendela	11,67 (n=3)
4	Lemari	16 (n=3)
5	Tengah Ruang	23 (n=3)
Rata rata		21,53
<b>Ruang Ventilasi Baik (B)</b>		
1	Meja Kerja	9 (n=3)
2	Pintu	19,33 (n=3)
3	Jendela	18,33 (n=3)
4	Ruang Barang	19,33 (n=3)
5	Tengah Ruang	32,33 (n=3)
Rata rata		19,66
<b>Ruang AC (C)</b>		
1	Meja Kerja	20,33 (n=3)
2	Pintu	21,67 (n=3)
3	Jendela	14,33 (n=3)
4	Lemari	9,67 (n=3)
5	Tengah Ruang	15,50 (n=2)
Rata rata		16,30
<b>Data ke - 2 (Rabu 27 Januari 2021)</b>		
<b>Ruang Ventilasi Kurang Baik (A)</b>		
1	Meja Kerja	19,33 (n=3)
2	Pintu	14 (n=3)
3	Jendela	9 (n=3)
4	Lemari	9,67 (n=3)
5	Tengah Ruang	8,67 (n=3)
Rata rata		12,13
<b>Ruang Ventilasi Baik (B)</b>		
1	Meja Kerja	11,67 (n=3)
2	Pintu	14 (n=3)
3	Jendela	9 (n=3)
4	Ruang Barang	21 (n=3)

Titik	Lokasi	Koloni Bakteri (Koloni)
5	Tengah Ruang	22,33 (n=3)
Rata rata		15,60
<b>Ruang AC (C)</b>		
1	Meja Kerja	15,67 (n=3)
2	Pintu	12 (n=3)
3	Jendela	12 (n=3)
4	Lemari	15,33 (n=3)
5	Tengah Ruang	41 (n=3)
Rata rata		19,20
<b>Data ke- 3 (Jumat 29 Januari 2021)</b>		
<b>Ruang Ventilasi Kurang Baik (A)</b>		
1	Meja Kerja	11,33 (n=3)
2	Pintu	20 (n=3)
3	Jendela	9 (n=3)
4	Lemari	13,67 (n=3)
5	Tengah Ruang	14,67 (n=3)
Rata rata		13,73
<b>Ruang Ventilasi Baik (B)</b>		
1	Meja Kerja	19 (n=3)
2	Pintu	32 (n=3)
3	Jendela	22 (n=3)
4	Ruang Barang	29 (n=3)
5	Tengah Ruang	33,33 (n=3)
Rata rata		27,07
<b>Ruang AC (C)</b>		
1	Meja Kerja	7,33 (n=3)
2	Pintu	15 (n=2)
3	Jendela	10,33 (n=3)
4	Lemari	10 (n=3)
5	Tengah Ruang	15 (n=2)
Rata rata		11,53



# LAMPIRAN B

(Hasil Uji Statistik Parameter Fisik dan Jumlah Bakteri pada Ruang Kerja)

## I. Uji Normalitas Data

		Tests of Normality					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	ruangan	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
kelembaban	ruang tanpa AC ventilasi kurang baik	.253	3	.	.964	3	.637
	ruang tanpa AC ventilasi baik	.211	3	.	.991	3	.817
	ruang AC	.328	3	.	.871	3	.298
suhu	ruang tanpa AC ventilasi kurang baik	.230	3	.	.981	3	.736
	ruang tanpa AC ventilasi baik	.311	3	.	.897	3	.375
	ruang AC	.324	3	.	.878	3	.317
cahaya	ruang tanpa AC ventilasi kurang baik	.339	3	.	.851	3	.242
	ruang tanpa AC ventilasi baik	.376	3	.	.771	3	.046
	ruang AC	.278	3	.	.940	3	.527

a. Lilliefors Significance Correction

## II. Uji perbandingan konsentrasi bakteri berdasarkan titik persebaran

		Tests of Normality					
		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Ruang	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Titik	Tanpa AC ventilasi kurang baik	.285	5	.200*	.917	5	.510
	Tanpa AC ventilasi baik	.164	5	.200*	.976	5	.910
	Menggunakan AC	.256	5	.200*	.850	5	.195

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

### Test of Homogeneity of Variances

Titik

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.226	2	12	.801

### ANOVA

Titik

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	761.685	2	380.842	1.370	.291
Within Groups	3336.717	12	278.060		
Total	4098.402	14			

### III. Uji Hubungan Suhu dengan konsentrasi Bakteri

#### a. Ruangan tanpa AC dengan ventilasi kurang baik (Ruang A)

		Suhu A	Bakteri A
suhuA	Pearson Correlation	1	.882
	Sig. (2-tailed)		.313
	Sum of Squares and Cross-products	.593	126.539
	Covariance	.296	63.270
	N	3	3
bakteriA	Pearson Correlation	.882	1
	Sig. (2-tailed)	.313	
	Sum of Squares and Cross-products	126.539	34750.672
	Covariance	63.270	17375.336
	N	3	3

#### b. Ruangan tanpa AC ventilasi baik (Ruang B)

		Suhu B	Bakteri B
suhuB	Pearson Correlation	1	-.355
	Sig. (2-tailed)		.769
	Sum of Squares and Cross-products	1.031	-77.648
	Covariance	.516	-38.824
	N	3	3
bakteriB	Pearson Correlation	-.355	1
	Sig. (2-tailed)	.769	
	Sum of Squares and Cross-products	-77.648	46431.594
	Covariance	-38.824	23215.797

N	3	3
---	---	---

**c. Ruang menggunakan AC (Ruang C)**

**Correlations**

		suhuC	bakteriC
suhuC	Pearson Correlation	1	.301
	Sig. (2-tailed)		.805
	Sum of Squares and Cross-products	1.054	44.357
	Covariance	.527	22.179
	N	3	3
bakteriC	Pearson Correlation	.301	1
	Sig. (2-tailed)	.805	
	Sum of Squares and Cross-products	44.357	20594.147
	Covariance	22.179	10297.074
	N	3	3

**IV. Uji hubungan Kelembaban dengan konsentrasi bakteri**

**a. Ruang tanpa AC ventilasi kurang baik**

**Correlations**

		kelembabanA	bakteriA
kelembabanA	Pearson Correlation	1	-.850
	Sig. (2-tailed)		.353
	N	3	3
bakteriA	Pearson Correlation	-.850	1
	Sig. (2-tailed)	.353	
	N	3	3

**b. Ruang tanpa AC ventilasi baik**

**Correlations**

		kelembabanB	bakteriB
kelembabanB	Pearson Correlation	1	-.438
	Sig. (2-tailed)		.712
	N	3	3
bakteriB	Pearson Correlation	-.438	1
	Sig. (2-tailed)	.712	
	N	3	3

**c. Ruang AC**

**Correlations**

		kelembabanC	bakteriC
kelembabanC	Pearson Correlation	1	.016
	Sig. (2-tailed)		.990
	N	3	3
bakteriC	Pearson Correlation	.016	1
	Sig. (2-tailed)	.990	
	N	3	3

**V. Uji hubungan Cahaya dengan konsentrasi bakteri**

**a. Ruang Tanpa AC ventilasi kurang baik**

**Correlations**

		cahayaA	bakteriA
cahayaA	Pearson Correlation	1	-.235
	Sig. (2-tailed)		.849
	N	3	3
bakteriA	Pearson Correlation	-.235	1
	Sig. (2-tailed)	.849	
	N	3	3

**b. Ruang tanpa AC ventilasi baik**

**Correlations**

		cahayaB	bakteriB
Spearman's rho	cahayaB	Correlation Coefficient	1.000
		Sig. (2-tailed)	.
		N	3
	bakteriB	Correlation Coefficient	1.000**
		Sig. (2-tailed)	.
		N	3

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**c. Ruang menggunakan AC**

**Correlations**

		cahayaC	bakteriC
cahayaC	Pearson Correlation	1	-.926
	Sig. (2-tailed)		.247
	N	3	3
bakteriC	Pearson Correlation	-.926	1
	Sig. (2-tailed)	.247	
	N	3	3





# LAMPIRAN C

(Peraturan Terkait)



MENTERI KETENAGAKERJAAN  
REPUBLIK INDONESIA

SALINAN

PERATURAN MENTERI KETENAGAKERJAAN  
REPUBLIK INDONESIA  
NOMOR 5 TAHUN 2018  
TENTANG  
KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA  
LINGKUNGAN KERJA

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

MENTERI KETENAGAKERJAAN REPUBLIK INDONESIA,

- Menimbang : a. bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 5 dan Pasal 6 Undang-Undang Nomor 3 Tahun 1969 tentang Persetujuan Konvensi Organisasi Perburuhan Internasional Nomor 120 Mengenai Hygiene dalam Perniagaan dan Kantor-Kantor serta ketentuan Pasal 2 ayat (2), Pasal 3 ayat (1) huruf i, huruf j, huruf k, huruf l, dan huruf m Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja, perlu mengatur keselamatan dan kesehatan kerja lingkungan kerja;
- b. bahwa dengan perkembangan teknologi dan pemenuhan syarat keselamatan dan kesehatan kerja lingkungan kerja serta perkembangan peraturan perundang-undangan, perlu dilakukan perubahan atas Peraturan Menteri Perburuhan Nomor 7 Tahun 1964 tentang Syarat Kesehatan, Kebersihan serta Penerangan dalam Tempat Kerja dan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor PER.13/MEN/X/2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia di Tempat Kerja;

Bagian Ketiga  
Kebutuhan Udara

Pasal 39

- (1) Kebutuhan atas udara yang bersih dan sehat sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 ayat (3) huruf c harus dipenuhi pada setiap Tempat Kerja.
- (2) Pemenuhan kebutuhan udara di Tempat Kerja sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan melalui:
  - a. KUDR;
  - b. ventilasi; dan
  - c. ruang udara.

Pasal 40

- (1) Tempat Kerja untuk melakukan jenis pekerjaan administratif, pelayanan umum dan fungsi manajerial harus memenuhi KUDR yang sehat dan bersih.
- (2) KUDR sebagaimana dimaksud pada ayat (1) ditentukan oleh suhu, kelembaban, kadar oksigen dan kadar kontaminan udara.
- (3) Suhu ruangan yang nyaman harus dipertahankan dengan ketentuan:
  - a. Suhu Kering 23°C (dua puluh tiga derajat celsius) - 26°C (dua puluh enam derajat celsius) dengan kelembaban 40% (empat puluh persen) - 60% (enam puluh persen).
  - b. perbedaan suhu antar ruangan tidak melebihi 5°C (lima derajat celsius).
- (4) Kadar oksigen sebagaimana dimaksud pada ayat (2) sebesar 19,5% (sembilan belas koma lima persen) sampai dengan 23,5% (dua puluh tiga koma lima persen) dari volume udara.

2. STANDAR PENCAHAYAAN

NO	KETERANGAN	INTENSITAS (Lux)
1.	Penerangan darurat	5
2.	Halaman dan jalan	20
3.	Pekerjaan membedakan barang kasar seperti : a. Mengerjakan bahan-bahan yang kasar b. Mengerjakan arang atau abu. c. Menyisihkan barang-barang yang besar. d. Mengerjakan bahan tanah atau batu. e. Gang-gang, tangga di dalam gedung yang selalu dipakai. f. Gudang-gudang untuk menyimpan barang-barang besar dan kasar	50
4.	Pekerjaan yang membedakan barang- barang kecil secara sepiintas lalu seperti: a. Mengerjakan barang-barang besi dan baja yang setengah selesai ( <i>semi-finished</i> ). b. Pemasangan yang kasar. c. Penggilingan padi. d. Pengupasan/pengambilan dan penyisihan bahan kapas. e. Pengerjakan bahan-bahan pertanian lain yang kira-kira setingkat dengan d. f. Kamar mesin dan uap. g. Alat pengangkut orang dan barang. h. Ruang-ruang penerimaan dan pengiriman dengan kapal. i. Tempat menyimpan barang-barang sedang dan kecil. j. Toilet dan tempat mandi	100
5.	Pekerjaan membeda-bedakan barang-barang kecil yang agak teliti seperti: a. Pemasangan alat-alat yang sedang (tidak besar). b. Pekerjaan mesin dan bubut yang kasar. c. Pemeriksaan atau percobaan kasar terhadap barang-barang. d. Menjahit textil atau kulit yang berwarna muda. e. Pemasukan dan pengawetan bahan-bahan makanan dalam kaleng. f. Pembungkusan daging. g. Mengerjakan kayu. h. Melapis perabot.	200
6.	Pekerjaan pembedaan yang teliti daripada barang-barang kecil dan halus seperti: a. Pekerjaan mesin yang teliti. b. Pemeriksaan yang teliti. c. Percobaan-percobaan yang teliti dan halus.	300

## 5. STANDAR FAKTOR BIOLOGI

Faktor biologi di tempat kerja adalah faktor yang dapat mempengaruhi aktivitas tenaga kerja yang disebabkan oleh makhluk hidup dan produknya yang dapat menyebabkan penyakit pada tenaga kerja, meliputi mikroorganisma dan toksinnya (virus, bakteri, fungi & produknya), Arthropoda (*crustacea, arochmid, insect*), alergen & toksin tumbuhan tingkat tinggi (dermatitis kontak, rhinitis, asma) serta protein alergen dari tumbuhan tingkat rendah (*lichen, liverwort, fern*) & hewan invertebrata (*protozoa, ascaris*).

Pengendalian dilakukan dengan cara sanitasi ruangan tempat kerja.

Bakteri : 700 cfu/m<sup>3</sup> (Batas maksimum) dan bebas mikroba patogen

Jamur : 1000 cfu/m<sup>3</sup> (Batas maksimum)



MENTERI KESEHATAN  
REPUBLIK INDONESIA

PERATURAN MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA  
NOMOR 48 TAHUN 2016  
TENTANG  
STANDAR KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA PERKANTORAN

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

UNIVERSITAS ANDALAS  
MENTERI KESEHATAN REPUBLIK INDONESIA,

- Menim ba ng : a. ba hwa perka n tora n sebagai sala h sat u tem pat kerja, tidak terlepas dari berbagai poten si ba h aya lingk u nga n kerja ya ng dapat mem penga r u hi kesela m a t a n dan kesehatan para karyawa n didala mnya;
- b. bahwa dalam rangka mendukung terwuju dnya upaya keselamatan dan kesehatan kerja di gedung perka n tora n diperlu kan standar penyelenggaraa n keselamatan, kesehatan kerja, lingkungan kerja, sanitasi dan ergonomi perka n tora n;
- c. bahwa berdasarka n pertim banga n sebagai m a n a dimaksud dalam huruf a dan huruf b, perlu menetapkan Peraturan Menteri Kesehata n tentang Standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja Perka n tora n;

- Mengingat : 1. Un dang-Un dang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja (Lem baran Negara Rep u blik In donesia Ta h u n 1970 Nomor 1 , Ta m bah a n Lem baran Negara Republik Indonesia Nomor 2918);

6 . OZON

Untuk mendapatkan tingkat kesehatan dan kenyamanan dalam ruang perkantoran kandungan Nilai Ambang Batas untuk ozon adalah  $0,08 \text{ ppm}$ , namun ozon tidak terakumulasi di udara melainkan berubah menjadi oksigen segera setelah berada di udara.

7 . VOCs (*Volatile Organic Compounds* /Senyawa Organik yang Mudah Menguap)

VOCs kadar maksimal yang diperbolehkan adalah  $3 \text{ ppm}$  dalam waktu 8 jam. Bahan-bahan yang ada di gedung perkantoran dapat menjadi sumber emisi *volatile organic compounds* seperti cat, bahan pelapis (*coating*), perekat (*adhesive*), bahan pembersih, penyegar udara, dan furnitur (misalnya dari bahan pengawet kayu dan furnitur lainnya).

8 . Carbon Monoksida

Carbon Monoksida di ruang perkantoran harus memenuhi aspek kesehatan dan kenyamanan pemakai ruangan. Untuk mendapatkan tingkat kesehatan kerja dalam ruang perkantoran konsentrasi CO maksimal  $10 \text{ ppm}$ . Untuk kandungan CO di dalam udara ruang kerja perkantoran agar memenuhi persyaratan kesehatan maka perlu dilakukan upaya, seperti jendela ruang perkantoran tertutup, dan ventilasi secara mekanik dengan sirkulasi pertukaran udara yang cukup sesuai standar.

9 . Formaldehid

Untuk mendapatkan tingkat kesehatan kerja dalam ruang perkantoran konsentrasi Formaldehid maksimal  $0.1 \text{ ppm}$ . Bahan-bahan yang ada di gedung perkantoran dapat menjadi sumber emisi formaldehid seperti cat, bahan pelapis (*coating*), perekat (*adhesive*), bahan pembersih, penyegar udara, dan furnitur (misalnya dari bahan pengawet kayu dan furnitur lainnya).

10 . Biologi

Untuk mendapatkan tingkat kesehatan dan kenyamanan dalam ruang perkantoran kandungan jumlah bakteri maksimum  $700 \text{ cfu/m}^3$  udara bebas mikroorganisme patogen. Sedangkan Jamur/Kapang :  $1000 \text{ cfu/m}^3$

- c. pemeliharaan unit pendingin udara dan system ventilasi lain, termasuk pembersihan secara regular;
- d. pencegahan adanya halangan/obstruksi pada ventilasi;
- e. menempatan peralatan yang menggunakan bahan pelarut (*solvent*) pada area yang dilengkapi dengan *local exhaust ventilation (LEV)*;

Tabel 6

Persyaratan Minimum Kualitas Udara Dalam Ruang Perkantoran.

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Metode	Keterangan
I	<b>FISIKA</b>				
1.	Kebisingan	dBA		Direct Reading	Batas minimum & maksimum
a.	Ruang kantor (umum /terbuka)		55-65		
b.	Ruang kantor (pribadi)		50-55		
c.	Ruang umum & kantin		65-75		
d.	Ruang pertemuan & rapat		65-75		
2.	Pencahayaan	Lux		Direct Reading	Batas minimum
a.	Ruang Kerja		300		
b.	Ruang Gambar		750		
c.	Resepsionis		300		
d.	Ruang Arsip		150		
e.	Ruang Rapat		300		
f.	Ruang Makan		250		
3.	Suhu	C		Direct Reading	Batas minimum & maksimum
a.	Ruang Kerja		23 – 26 °C		
b.	Lobi & Koridor		23 – 28 °C		
4.	Kelembaban	%		Direct Reading	
a.	Ruang Kerja		40 – 60		
b.	Lobi & Koridor		30 – 70		
5.	Pergerakan Udara	m/dtk		Direct Reading	
			0,15 - 0,5		
6.	EMF	mT		Direct Reading	Batas Maksimum
			0.5		
7.	UV	Mw/cm		Direct	Batas
			0,0001		

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu	Metode	Keterangan
		2		Reading	Maksimum
II	KIMIA				
	1. Oksigen (O <sub>2</sub> )	%	19,5 - 22,0	Direct Reading	Batas min & maksimum
	2. Karbon Monoksida (CO)	ppm / 8jam	10,0	NDIR, electrotechnical	Batas maksimum
	3. Karbon Dioksida (CO <sub>2</sub> )	ppm	1000	Direct Reading	Batas maksimum
	4. Volatile Organic Compounds (VOCs)	ppm	3	Direct Reading	Batas Maksimum
	5. Formaldehid	ppm	0,1	Gas Chromatography	Batas Maksimum
	6. Ozon	ppm	0,5	Direct Reading	Batas Maksimum
	7. Debu Respirabel (PM <sub>10</sub> )	mg / m <sup>3</sup>	0,15	Gravimetri	Batas maksimum
8. Asbes bebas	f/cc	0.1	PCM	Batas maksimum	
III	MIKROBIOLOGI				
	1. Angka Mikroorganisme	koloni / m <sup>3</sup>	700	cfu / m <sup>3</sup>	Batas maksimum
	2. Angka Kapa ng / Jamur	Koloni / m <sup>3</sup>	1000	cfu / m <sup>3</sup>	Batas maksimum

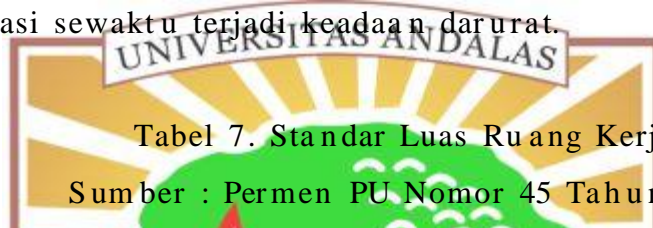
Jika persyaratan sudah terpenuhi tetapi masih terjadi SBS (*Sick Building Syndrome*), maka perlu dilakukan investigasi.

BAB V  
STANDAR ERGONOMI PERKANTORAN

A. Luas Tempat Kerja

Setiap ruang kerja harus dibuat dan diatur sedemikian rupa, sehingga tiap orang yang bekerja dalam ruangan itu mendapat ruang udara yang sedikit-dikitnya  $10 \text{ m}^3$  sebaiknya  $15 \text{ m}^3$ .

Luas tempat kerja staf paling sedikit  $2,2 \text{ m}^2$  merujuk peraturan tentang Pedoman Teknis Pembangunan Bangunan Gedung Negara sehingga tiap pekerja dapat bergerak secara bebas dan memudahkan untuk evakuasi sewaktu terjadi keadaan darurat.



Tabel 7. Standar Luas Ruang Kerja

Sumber : Permen PU Nomor 45 Tahun 2007

JABATAN	LUAS RUANG ( $\text{m}^2$ )										KETERANGAN
	RG. KERJA	RG. TAMU	RG. RAPAT	RG. RAPAT UMUM	RG. SEKRET	RG. TUNGGU	RG. SIMPAN	RG. ISTIRAHAT	RG. TOILET	JUMLAH	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 Menteri	28.00	40.00	40.00	140.00	58.00	60.00	14.00	20.00	6.00	406.00	Standar luas ruang tersebut merupakan acuan dasar, yang dapat disesuaikan berdasarkan fungsi/ sifat tiap eselon/ jabatan
2 Eselon IA	16.00	14.00	20.00	90.00	20.00	18.00	5.00	10.00	4.00	197.00	
3 Eselon IB	16.00	14.00	20.00	0.00	10.00	9.00	5.00	5.00	3.00	82.00	
4 Eselon IIA	14.00	12.00	14.00	0.00	10.00	12.00	3.00	5.00	3.00	73.00	
5 Eselon IIB	14.00	12.00	10.00	0.00	5.00	6.00	3.00	5.00	3.00	58.00	
6 Eselon IIIA	12.00	6.00	0.00	0.00	3.00	0.00	3.00	0.00	0.00	24.00	
7 Eselon IIIB	12.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.00	21.00	
8 Eselon IV	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	10.00	
9 Eselon V	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	6.00	
10 Staf	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.20	



B. Tata Letak Peralatan Kantor

Tata Letak Peralatan Kantor memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. Sesuaikan tinggi tempat duduk dengan tinggi monitor sehingga jarak antara mata dengan monitor 20 – 40 inchi dan sudut 15 – 20 derajat dibawah horizontal.
2. . Sesuaikan tinggi sandaran punggung dan tangan sehingga tersangga dengan baik.
3. . Sesuaikan meja dengan posisi *keyboard* dan *mouse* yang sejajar.

Dimensi peralatan kerja harus mengacu pada antropometri atau dimensi tubuh manusia sebagai referensi. Data dimensi penduduk Indonesia secara umum dapat dilihat pada website [www.antropometriindonesia.org](http://www.antropometriindonesia.org) yang dirangkum sebagai berikut:

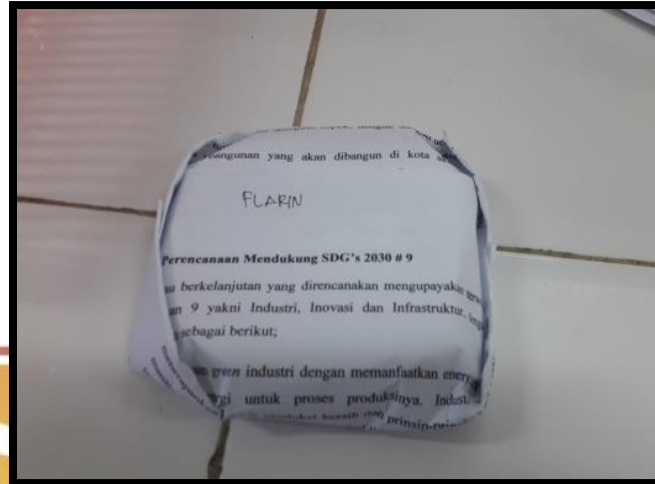


# LAMPIRAN D

(Dokumentasi Cara Kerja Penelitian)

## I. Persiapan Penelitian

Peralatan yang telah dicuci bersih dikeringkan, pada cawan petri, cawan petri dibungkus dengan kertas HVS dan disimpan dalam oven

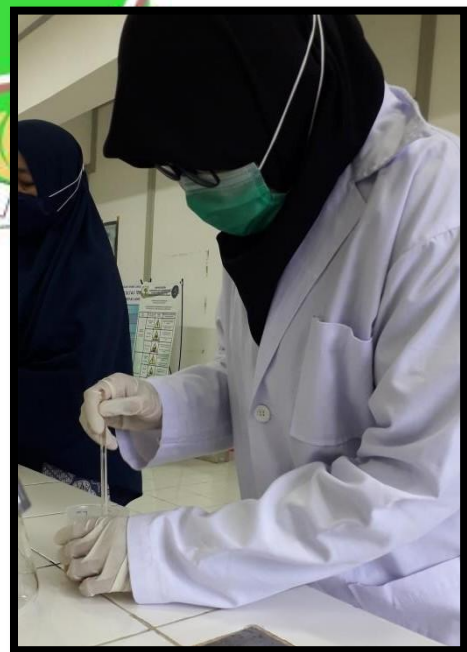


## II. Pembuatan Media Agar

1. *Beaker glass* dan neraca analitik yang telah dikalibrasi digunakan untuk menimbang media bubuk NA sebanyak 20 gram



2. Meja kerja dibersihkan menggunakan alkohol 96% dan NA yang telah ditimbang dibawa ke meja kerja untuk dicairkan menggunakan *aquadest*



3. Sebanyak 1 liter *aquadest* dituangkan ke dalam erlenmeyer yang berisi NA yang dicairkan dan diaduk hingga NA bubuk larut



4. NA yang telah cair dipanaskan menggunakan *hot plate* dan diaduk hingga mendidih



5. NA yang telah mendidih diturunkan, mulut erlenmeyer yang panas ditutup menggunakan *aluminium foil* dan dibungkus menggunakan plastik dan diikat



6. Erlenmeyer yang berisi NA mendidih dimasukkan ke *auto clave* untuk lanjut disterilkan, hingga selesai

7.



8. Cawan petri yang telah disterilkan dikeluarkan dari open, kertas koran pembungkus cawan petri dilepaskan dan cawan petri didinginkan

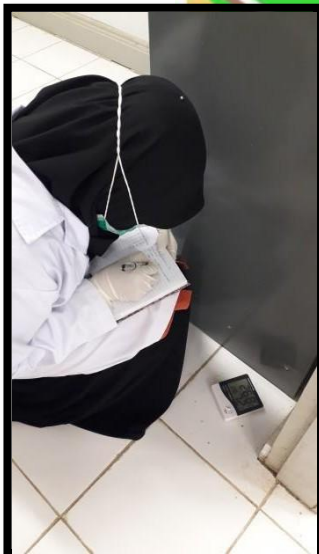


9. Media NA dikeluarkan dari *auto clave* dan dituangkan ke dalam cawan petri, hanya sedikit dibuka untuk menuangkan NA, proses pekerjaan dilakukan dekat dengan api, media dihomogenkan secara perlahan. Media dibiarkan hingga mengeras



### III. Pengukuran Data Parameter Fisik

1. Suhu



2. Kelembaban



### 3. Cahaya

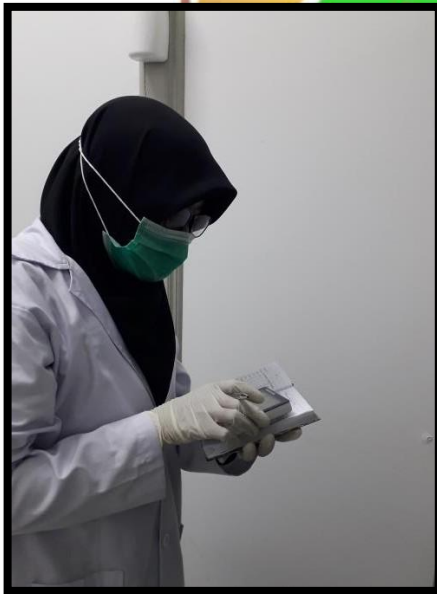


### 4. Ukuran ruangan

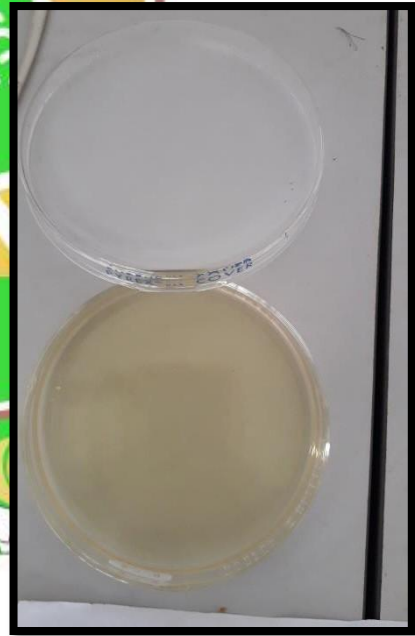


## IV. Cara kerja pengambilan sampel penelitian

1. Semua parameter fisik yang diukur dicatat dan dilanjutkan dengan isolasi bakteri di udara



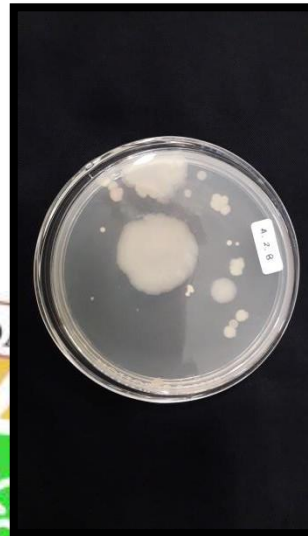
2. Setelah semua pengukuran parameter fisik pada tiap titik dalam ruangan selesai, cawan petri dengan media NA padat dibiarkan terbuka 30 menit



3. Setelah cukup 30 menit, cawan petri diambil dan dibungkus kembali, lalu diinkubasi dalam inkubator selama 1 x 24 jam



4. Setelah 24 jam, cawan petri dikeluarkan dari inkubator dan diamati pertumbuhan koloni



5. Bentuk koloni-koloni diperhatikan dan dihitung menggunakan *colony counter*



6. Hasil perhitungan jumlah koloni dicatat

