



LAPORAN PENELITIAN

**INVENTARISASI MIKROORGANISME UDARA
DALAM RUANGAN DENGAN SISTEM PENDINGIN SENTRAL**

STUDI KASUS DI KANTOR PT PLN (PERSERO) DISTRIBUSI JAWA TENGAH

Oleh :
YULIANI SETYANINGSIH
BAJU WIDJASENA
YUSNIAR HANANI
CAHYA TRI PURNAMI
PRABA GINANDJAR

Dibiayai oleh dana DIK Rutin Universitas Diponegoro
sesuai perjanjian pelaksanaan penelitian tanggal 4 Agustus 1997
Nomor 3157/PT09.H2/N/1997

**FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
UNIVERSITAS DIPONEGORO
JANUARI, 1998**

LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN

-
1. Judul Penelitian : Inventarisasi Mikroorganisme Udara dalam Ruangan dengan Sistem Pendingin Sentral (Studi Kasus di Kantor PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah).
2. Ketua Peneliti
- a. Nama lengkap dan Gelar : Yuliani Setyaningsih, SKM
 - b. Jenis Kelamin : Perempuan
 - c. Pangkat/Gol/NIP : Penata Muda/III-a/132 129 623
 - d. Jabatan Fungsional : Assisten Ahli Madya
 - e. Fakultas : Kesehatan Masyarakat
 - f. Universitas : Diponegoro
 - g. Bidang Ilmu yang diteliti : Kesehatan Kerja
3. Jumlah Tim Peneliti : 4 orang
4. Lokasi Penelitian : Kantor PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah
Jl. Teuku Umar No.47, Semarang
5. Jangka Waktu Penelitian : 6 bulan
6. Biaya yang Diperlukan : Rp 3.000.000,00 (tiga juta rupiah)
-

Semarang, 20 Januari 1998

Mengetahui,



Dr. Istiana Harsoyo, MPH
NIP. 130 345 798

Ketua Peneliti,

Yuliani Setyaningsih, SKM
NIP. 132 129 623

Mengetahui,



Ketua Lembaga Penelitian

Prof. Dr. dr. Satoto
NIP. 130 368 071

ABSTRAK

Lingkungan kerja yang baik akan mempengaruhi status kesehatan tenaga kerja yang pada akhirnya akan mendukung produktivitas tenaga kerja. Penggunaan fasilitas modern seperti sistem pendingin di ruang kerja dimaksudkan untuk menyesuaikan kondisi lingkungan yang nyaman untuk bekerja, namun di sisi lain juga dapat meningkatkan risiko kesehatan karena sistem pendingin dapat menjadi sumber mikroorganisme.

Dalam penelitian ini ingin diketahui jumlah dan jenis mikroorganisme serta hubungan antara suhu dan kelembaban dengan mikroorganisme dalam ruangan yang menggunakan sistem pendingin sentral.

Penelitian dilakukan di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah yang merupakan salah satu gedung perkantoran yang menggunakan sistem pendingin sentral. Penelitian ini adalah penelitian deskriptif korelasional dengan pendekatan cross sectional. Sampel diambil pada tiga titik sampling dari ruangan yang padat pekerja di tiap lantai gedung.

Dari hasil penelitian diperoleh data jenis mikroorganisme sebagai berikut : *Yeast*, *Mucor mucedo*, *Aspergillus niger*, *Penicillium notatum*, *Staphylococcus sp.* dan *Bacillus subtilis*. Semua mikroorganisme yang ditemukan merupakan flora normal tubuh dan mikroorganisme saprofit udara yang untuk menyebabkan terjadi penyakit masih membutuhkan beberapa faktor pendukung seperti ketahanan tubuh, jumlah kuman dan lingkungan fisik.

Berdasarkan uji hubungan yang dilakukan diperoleh hasil bahwa terdapat hubungan bermakna antara kelembaban udara dengan keberadaan *Aspergillus niger* pada taraf signifikansi 0,05 dengan nilai $r = 0,9880$ dan nilai $p = -0.0410$.

ABSTRACT

A good occupational environment will affect worker's health status that finally support their productivity. The use of modern facility in office rooms, like air conditioner system actually meant to create a comfortable environmental condition for working. But, it could also increase health risk because the air conditioner system might be act as a source of microorganisms.

This research want to know the amount and variety of microorganisms and also the relationship between temperature and humidity in rooms with central air conditioner system.

This research is done at "PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah" which is one of the office building using central air conditioner system. It is a descriptive correlation research with cross sectional design. Rooms with a large amount of workers inside in every floor of building are taken as sample.

From the result of this research, six variety of microorganisms are identified. They are : *Yeast*, *Mucor mucedo*, *Aspergillus niger*, *Penicillium notatum*, *Staphylococcus sp.* and *Bacillus subtilis*. All of them are normal flora of human body and air saprophyte which is need some supporting factors to cause disease, for example, body defense, the amount of microorganism and physical environmental.

Base on correlation test there is a relationship between humidity and *Aspergillus niger* with r value = 0,9880 and p = -0,0410.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmah dan hidayah-Nya sehingga laporan penelitian ini dapat terselesaikan.

Kami mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini mulai tahap persiapan hingga penulisan laporan.

Harapan kami, hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan serta dapat menjadi bahan masukan bagi seluruh instansi baik pemerintah maupun swasta untuk meningkatkan sanitasi industri dalam gedung, terutama bagi gedung-gedung yang menggunakan sistem pendingin sentral.

Kami menyadari bahwa penelitian ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu kritik dan saran sangat kami harapkan sebagai masukan serta penyempurnaan penelitian serupa di masa yang akan datang.

Semarang, 20 Januari 1998

Tim Peneliti

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	vii
I PENDAHULUAN	1
II TINJAUAN PUSTAKA	5
III KERANGKA KONSEPTUAL DAN DEFINISI OPERASIONAL	19
IV TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	22
V METODE PENELITIAN	24
VI HASIL DAN PEMBAHASAN	27
VII KESIMPULAN DAN SARAN	49
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.5.1.	Beberapa Penyakit Bawaan Udara	8
Tabel 6.3.1.	Distribusi Pegawai PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah Berdasarkan Lantai Tempat Kerja	30
Tabel 6.4.1.	Kondisi Gedung PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah	32
Tabel 6.5.1.1.	Hasil Pengukuran Suhu di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah	33
Tabel 6.5.2.1.	Hasil Pengukuran Kelembaban di PT PLN (Per- sero) Distribusi Jawa Tengah	35
Tabel 6.7.1.	Distribusi Hasil Pemeriksaan Suhu, Kelem- bahan dan Mikroorganisme di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah	39
Tabel 6.8.1.	Jumlah Mikroorganisme Rata-Rata per Meter Kubik Udara di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah	41
Tabel 6.10.1.	Distribusi Frekuensi Jumlah dan Jenis Mikro- organisme di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah	45
Tabel 6.11.1.	Jumlah Mikroorganisme Rata-Rata per Meter Kubik Udara di Ruang Pengendali Sistem Pen- dingin di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah	46
Tabel 6.12.1.	Distribusi Hasil Pengukuran Mikroorganisme Dalam Lift di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah	47

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Pembangunan kesehatan bertujuan untuk mencapai kemampuan hidup sehat bagi setiap penduduk agar dapat terwujud derajat kesehatan yang optimal.

Derajat/status kesehatan merupakan hasil interaksi dari empat buah faktor, yakni faktor lingkungan, faktor perilaku, faktor pelayanan kesehatan dan faktor keturunan. Menurut H.L. Blum, faktor yang pengaruhnya paling besar terhadap status kesehatan adalah lingkungan, sehingga dalam kaitannya dengan upaya peningkatan status kesehatan, faktor lingkungan harus ditangani terlebih dahulu.

Peningkatan status kesehatan masyarakat harus meliputi semua aspek, termasuk di dalamnya adalah peningkatan status kesehatan tenaga kerja. Sebab dengan adanya status kesehatan tenaga kerja yang baik akan sangat mendukung produktivitas tenaga kerja. Dalam hal ini faktor lingkungan yang mempengaruhi status kesehatan tenaga kerja adalah lingkungan kerjanya. Oleh karena itu perlu diupayakan agar tercipta suatu lingkungan kerja yang mengikuti persyaratan hyperkes, keselamatan kerja dan ergonomi.

Dalam era industrialisasi ini, pembangunan gedung-gedung bertingkat untuk perkantoran maupun perdagangan sudah dilengkapi dengan peralatan dan fasilitas berteknologi tinggi yang canggih, misalnya dilengkapi dengan sistem pemanas, ventilasi dan sistem pendingin (*heating, ventilation, air conditioning/ HVAC system*). Penggunaan fasilitas modern

tersebut di satu sisi dimaksudkan untuk meningkatkan kesesuaian antara kondisi fisik tenaga kerja dengan lingkungan kerjanya yaitu tempat dan alat kerja, sehingga daya kerja dan produktivitas dapat meningkat. Namun di sisi yang lain fasilitas modern tersebut juga dapat mendatangkan risiko, baik risiko terhadap kesehatan maupun keamanan.

Kurangnya perencanaan, teknik pengoperasian dan pemeliharaan terhadap sistem pemanas, ventilasi dan sistem pendingin (*heating, ventilation, air conditioning/ HVAC system*) antara lain dapat menyebabkan kualitas udara dalam ruangan kurang baik karena aliran udaranya tidak bebas. Apabila udara dalam ruangan tertutup atau udara yang tidak bebas tersebut tercemar maka bahan pencemar akan mempunyai banyak kesempatan untuk masuk ke dalam tubuh para tenaga kerja yang menghuni ruangan itu. Hal ini dapat menyebabkan timbulnya penyakit yang berhubungan dengan tempat kerja. Gejala tersebut merupakan bagian dari kumpulan gejala yang disebut sindroma tempat kerja atau *Sick Building Syndrome*.

Seiring dengan meningkatnya jumlah tenaga kerja yang bekerja di gedung-gedung bertingkat terutama di kota-kota besar, sindroma tempat kerja ini juga semakin meningkat. Penelitian yang dilakukan oleh W. Duncan terhadap 4.373 orang staf dari sejumlah perusahaan yang menggunakan sistem pendingin menunjukkan bahwa 57% karyawan menderita hidung tersumbat, 43% kerongkongan kering, mata gatal, pilek dan menderita pegal di punggung. Selain itu gedung yang sangat rapat dengan ventilasi udara bersih yang kurang atau yang menggunakan resirkulasi udara dapat meningkatkan risiko terjadinya penyakit infeksi seperti campak, TBC dan penyakit pernafasan akut.

Salah satu jenis sistem pendingin yang digunakan di gedung-gedung perkantoran adalah sistem pendingin sentral. Sistem ini meresirkulasi sekitar 80-100% udara yang ada, sehingga kualitas udara dalam ruangan yang bersistem pendingin sentral ini tidak hanya tergantung pada jumlah udara yang bersih, melainkan juga pada campuran yang ada di dalamnya, termasuk mikroorganisme. Sistem pendingin ini dapat menjadi sumber bakteri, jamur dan beberapa spora, misalnya *Legionella pneumophila* yang dapat berkembang biak pada aerosol sistem pendingin, alat pengatur kelembaban dan kondensator.

Beberapa mikroorganisme juga dapat berkembang biak pada atap yang lembab, ubin, kran-kran pada kamar mandi maupun sekat ruangan. Penggunaan karpet untuk menutupi ruangan juga dapat menjadi tempat yang cocok bagi pertumbuhan mikroorganisme. Keadaan ini akan menjadi semakin berbahaya bila suatu ruangan menggunakan sistem pendingin sentral karena mikroorganisme yang ada dalam ruangan terus-menerus tersirkulasi dalam udara di ruangan tersebut.

PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah merupakan salah satu gedung perkantoran terdiri atas tujuh lantai yang menggunakan fasilitas sistem pendingin sentral yang tersirkulasi selama 24 jam. Fasilitas *rest room* (kamar mandi) yang terdapat di dalam ruangan pada setiap lantai, sebagian lantai gedung yang dilapisi karpet dan jumlah karyawan yang cukup banyak (yaitu ± 400 orang) merupakan suatu kondisi yang perlu diperhatikan karena memungkinkan terjadinya penyebaran mikroorganisme yang dapat mempengaruhi status kesehatan para tenaganya.

Dari poliklinik perusahaan didapatkan data bahwa kasus penyakit yang ditularkan lewat udara seperti infeksi saluran pernafasan akut (ISPA) cukup tinggi. Namun selama ini belum ada data yang menggambarkan jumlah dan jenis mikroorganisme

udara dalam ruang kantor dengan pendingin sentral. Oleh karena itu ingin diketahui bagaimana kondisi keragaman mikro organisme udara dalam ruang dengan sistem pendingin sentral.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas dirumuskan masalah : "Bagaimanakah keragaman dan kepadatan jenis-jenis mikroorganisme udara dalam ruangan dengan sistem pendingin sentral ?".

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Mikroorganisme

2.1.1. Definisi

Mikroorganisme adalah makhluk hidup sederhana yang terbentuk dari satu atau beberapa sel yang hanya dapat dilihat dengan mikroskop, berupa tumbuhan atau hewan yang biasanya dapat hidup baik secara parasit maupun saprofit.

Mikroorganisme mempunyai ukuran yang sangat kecil yaitu hanya beberapa mikron saja, bahkan ada yang lebih kecil lagi. Yang termasuk dalam kelompok mikroorganisme adalah bakteri, cendawan atau jamur tingkat rendah, ragi, ganggang, protozoa dan virus (D. Dwijoseputro, 1985).

2.1.2. Mikroorganisme Udara

Udara bukanlah merupakan medium tempat mikro organisme tumbuh, melainkan sebagai pembawa partikulat, debu dan tetesan cairan yang dapat dimuati oleh mikro organisme.

Udara dalam ruang tertutup mengandung lebih sedikit mikroorganisme dari jenis yang sama dibandingkan yang ditemukan di udara terbuka. Mikroorganisme tersebut sebagian besar adalah saprofit dan bersifat nonpatogenik. Akan tetapi dengan bertambahnya mikroorganisme nonpatogenik dalam jumlah yang relatif besar dapat

membuatnya mempunyai potensi yang sama seperti mikroorganisme patogenik.

Pada mulanya udara jarang mengandung mikro organisme patogenik, tetapi dalam perkembangan selanjutnya menjadi sasaran penularan sejumlah spesies utama yang menyebabkan infeksi pada saluran pernafasan.

Dalam hal ini droplet mungkin berperan sebagai sumber mikroorganisme patogen di udara. Bakteri dan virus dalam mulut yang keluar karena batuk atau bersin dapat tersebar sejauh 12 kaki, kemudian menguap pada waktu jatuh sehingga meninggalkan droplet nuklei (inti tetesan) yang mampu bertahan dalam sirkulasi udara di dalam ruangan selama berjam-jam, bahkan berhari-hari (A.H. Bryan, 1962).

Nasib akhir mikroorganisme ini diatur oleh beberapa kondisi di sekitarnya diantaranya : keadaan atmosfer, kelembaban, cahaya matahari, suhu, ukuran partikel dan ciri-ciri dari mikroorganisme itu sendiri terutama sifat kerentanannya terhadap keadaan fisik di atmosfer.

2.1.3. Jenis Mikroorganisme Udara

Jenis algae, protozoa, ragi jamur dan bakteri merupakan jenis mikroorganisme yang dapat ditemukan di udara dekat permukaan bumi. Spora jamur merupakan bagian terbesar dari mikroorganisme yang ditemukan di udara. Bakteri yang ditemukan pada umumnya dari jenis gram positif, baik spora maupun nonspora. Selain itu juga ditemukan kokus gram positif dan basil gram negatif (Pelczar dan Chan, 1988).

2.1.4. Jumlah Mikroorganisme Udara

Derajat kontaminasi mikroorganisme dalam ruangan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti luas ventilasi, kepadatan dan tingkat aktivitas individu yang berada dalam ruangan tersebut.

Berat droplet juga dapat mempengaruhi jumlah mikroorganisme udara, terutama jenis bakteri. Droplet dengan ukuran kecil akan tersuspensi di udara untuk periode waktu yang lama, sedangkan droplet yang lebih besar akan jatuh dengan cepat menjadi debu. Selama di dalam ruangan tersebut ada aktivitas, debu akan terus melayang-layang sebagai akibat dari gerak udara.

Kelembaban turut mempengaruhi jumlah bakteri udara. Udara pada musim panas/kering membawa bakteri lebih banyak daripada musim dingin atau hujan.

2.1.5. Mikroorganisme Udara Penyebab Penyakit

Beberapa mikroorganisme udara termasuk dalam golongan mikroorganisme yang patogen dan dapat menyebabkan penyakit pada manusia, terutama bila berada di suasana udara tidak bebas seperti di dalam perumahan penduduk, rumah-rumah sakit, gedung-gedung umum dan perkantoran, pabrik serta gedung-gedung lainnya.

Golongan ini terdiri atas berbagai jenis mikroorganisme patogen, baik jamur, metazoa, bakteri maupun virus. Penyakit yang disebabkan nya sering diklasifikasikan sebagai penyakit yang menyebar lewat udara (*airborne diseases*).

Beberapa mikroba beserta penyakit yang disebabkan nya dapat dilihat pada Tabel 2.1.5.1.

Tabel 2.1.5.1.

Beberapa Penyakit Bawaan Udara

Agen	Penyakit
<i>Corynebacterium diphtheriae</i>	Difteri
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Tuberculosis
<i>Bordetella Pertusis</i>	Pertusis
<i>Diplococcus Pneumoniae</i>	Pneumonia
<i>Parotitis epidemica virus</i>	Parotitis epidemica

Sumber : Juli Soemirat Slamet, 1994

Seperti telah diuraikan terdahulu, udara bukanlah habitat alamiah mikroorganisme, oleh karenanya ia tidak dapat bertahan lama di dalam udara. Keberadaannya di udara tak bebas dimungkinkan karena aliran udara tidak terlalu besar, sehingga ia dapat berada di udara dalam waktu yang relatif lama. Dengan demikian kemungkinan untuk memasuki tubuh pun menjadi semakin besar. Hal ini dibantu pula oleh taraf kepadatan penghuni ruangan, sehingga penularan penyakit infeksi lewat udara sebagian besar terlaksana lewat udara tak bebas.

2.2. Beberapa Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Mikroorganisme

2.2.1. Zat Makanan

Zat makanan yang digunakan untuk pertumbuhan mikroorganisme harus mengandung donor hidrogen dan penerima hidrogen, sumber karbon, sumber nitrogen, mineral

serta faktor-faktor pertumbuhan yang meliputi asam amino, purin dan pirimidin (E. Jawetz et al, 1986).

Persyaratan untuk pertumbuhan mikroorganisme akan beraneka ragam sesuai dengan jenis dan macam mikroorganismenya. Beberapa mikroorganisme dapat memperbanyak dirinya pada banyak jenis makanan, sedangkan yang lain mempunyai kekhususan dan hanya menghendaki jenis makanan tertentu untuk pertumbuhan dirinya (Saksono L, 1986).

2.2.2. Karbondioksida

Semua mikroorganisme secara umum memerlukan sejumlah kecil karbondioksida dalam pertumbuhannya. Karbondioksida telah tersedia di atmosfer atau dihasilkan oleh adanya reaksi metabolisme yang terjadi dalam tubuh mikroorganisme itu sendiri. Akan tetapi ada beberapa jenis mikroorganisme yang membutuhkan karbondioksida dengan konsentrasi yang tinggi, sekitar 5-10% (Ramnik Sood, 1987).

2.2.3. Cahaya

Cahaya yang berasal dari sinar matahari dapat mempengaruhi mikroorganisme. Misalnya untuk bakteri, kondisi gelap lebih disukai karena terdapatnya sinar matahari secara langsung dapat menghambat pertumbuhan bakteri.

2.2.4. Suhu

Suhu optimal untuk pertumbuhan bagi mikroorganisme sangat bervariasi tergantung pada jenis mikroorganisme itu

sendiri. Pada suhu yang tepat (optimal) sebuah sel dapat memperbanyak dirinya dan tumbuh sangat cepat. Sedangkan pada suhu yang lebih rendah atau lebih tinggi, masih dapat memperbanyak diri, tetapi dalam jumlah yang lebih kecil dan tidak secepat jika dibandingkan dengan pertumbuhan pada suhu optimalnya (Saksono L, 1986)

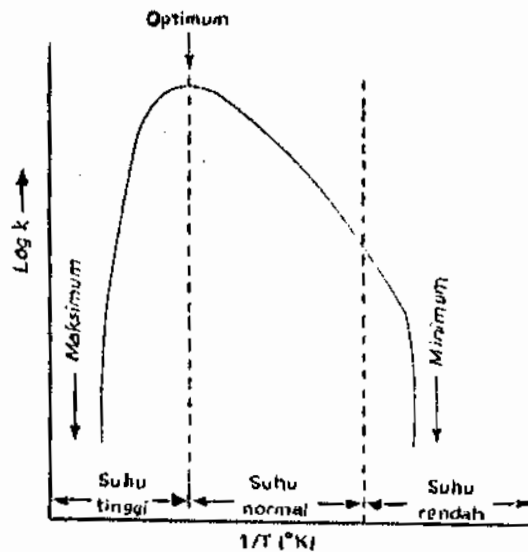
Suhu pertumbuhan bakteri terdiri dari :

- 1) Bentuk *psikhophilik* tumbuh paling baik pada suhu rendah yaitu 15-20° Celcius,
- 2) Bentuk *mesophilik* tumbuh paling baik pada suhu 30-37° Celcius,
- 3) Bentuk *termophilik* tumbuh paling baik pada suhu 50-60° Celcius,

Sedangkan jamur pada umumnya membutuhkan suhu 20-30° Celcius untuk pertumbuhan dan pembentukan spora.

Hubungan antara suhu dengan laju pertumbuhan untuk setiap bakteri dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini yang merupakan bagan Arrhenius yang khas.

Gambar 1.
Bentuk Umum Bagas Arrhenius Pertumbuhan Kuman



Sumber : E. Jawetz, J.L. Melnick dan E.A. Adelberg; *Mikrobiologi Untuk Profesi Kesehatan*, EGC, Jakarta, 1986, hal. 101

2.2.5. Kelembaban

Kelembaban sangat penting untuk pertumbuhan mikroorganismenya. Pada umumnya mikroorganismenya berjenis bakteri membutuhkan kelembaban yang tinggi. Udara yang sangat kering dapat memusnahkan bakteri. Tetapi kadar kelembaban minimum yang diperlukan untuk mendukung pertumbuhan bakteri bukanlah merupakan nilai pasti. Kandungan air atau kelembaban yang terjadi dan tersedia, bukan total kelembaban yang ada, juga bisa mempengaruhi perbanyakan bakteri (Saksono L, 1986).

Sedangkan untuk jamur, pada umumnya membutuhkan kelembaban udara sekitar 65% untuk pertumbuhan dan pembentukan spora.

2.2.6. Kebutuhan Oksigen

Kebutuhan akan adanya oksigen untuk pertumbuhan ragi mikroorganisme sangat bervariasi tergantung pada jenis mikroorganisme itu sendiri.

Beberapa jenis mikroorganisme yang untuk pertumbuhannya memerlukan sejumlah oksigen digolongkan dalam kelompok aerob, yaitu mikro organisme dengan pengetatan suasana udara yang harus mengandung oksigen. Termasuk dalam golongan ini adalah jamur lendir dan jamur ragi serta beberapa jenis bakteri.

Jenis mikroorganisme yang untuk pertumbuhannya tidak memerlukan oksigen digolongkan dalam kelompok anaerob, yaitu mikroorganisme tanpa pengetatan kondisi udara yang dapat memperbanyak dirinya pada saat udara dasingkan, kecuali apabila substansi yang kuat hadir atau apabila bergabung dengan mikroorganisme yang memerlukan udara.

Mikroorganisme yang dapat tumbuh dan memperbanyak dirinya baik dalam keadaan ada atau tidak ada oksigen termasuk golongan anaerob fakultatif. Banyak bakteri yang termasuk dalam golongan ini. Sedangkan mikroorganisme yang tidak memerlukan oksigen sama sekali termasuk dalam golongan anaerob obligatif.

2.2.7. Sistem HVAC

Sistem HVAC (*Heating, Ventilation, Air Conditioning*) mempunyai fungsi untuk mengkondisikan temperatur dan kualitas udara dalam suatu ruangan agar sesuai dengan suhu tubuh.

Sistem pemanas, ventilasi dan sistem pendingin dapat menjadi sumber bakteri, jamur, kuman dan spora, bila pemeliharannya kurang baik karena mikro organisme dapat tumbuh dan berkembang biak pada air yang terkumpul pada sistem tersebut.

Suhu dan kelembaban yang ada pada sistem itu juga akan mempercepat pertumbuhan mikroorganisme.

2.3. Lingkungan dan Potensinya Terhadap Penyakit

Kondisi lingkungan sangat mempengaruhi kondisi sehat. Kondisi sehat merupakan hasil interaksi antara manusia dan lingkungannya secara serasi dan dinamis. Selama interaksi antara komponen lingkungan dengan masyarakat dalam kondisi seimbang, maka tidak akan menimbulkan sakit. Namun bila terjadi perubahan-perubahan dalam lingkungan akan terjadi pula perubahan dalam proses interaksi dimana akhirnya berpengaruh terhadap pola kesehatan atau penyakit.

Beberapa komponen lingkungan yang memiliki potensi sebagai penyebab penyakit dapat berupa benda hidup seperti : bakteri, virus, jamur, cacing dan lain-lain. Sedangkan komponen lingkungan yang termasuk golongan fisik dapat berupa radiasi, kebisingan, energi (kekuatan), panas, suhu, kelembaban dan lain-lain.

Pada umumnya penyakit masuk ke dalam tubuh (berinteraksi) melalui perantara makanan, air, udara, vektor/binatang penular ataupun secara langsung melalui manusia (Achmadi, 1994). Hubungan interaktif berbagai komponen lingkungan tersebut berinteraksi melalui : jalan nafas, jalan pencernaan dan kulit. Agen penyakit yang melalui satu atau dua jalan tersebut kemudian diabsorpsi (diserap oleh tubuh) dan masuk ke dalam sistem sirkulasi tubuh.

Dalam sirkulasinya, "benda asing" yang masuk ke dalam tubuh tersebut akan mengalami biotransformasi atau penangkalan. Bila tubuh gagal melakukannya maka benda-benda asing tersebut baik kimia maupun biologi akan merusak organ dan menimbulkan gangguan kesehatan.

2.4. Penyakit yang Ditularkan Lewat Udara

Penyakit dapat dipindahkan melalui udara dengan melewati jalan pernafasan yaitu hidung, faring, laring, trakea, bronkhi dan paru-paru.

Salah satu ciri khas penyakit yang dapat ditularkan lewat udara adalah kecenderungannya untuk berjangkit secara epidemi, muncul secara eksplosif dan menyerang banyak orang dalam waktu yang relatif singkat. Contoh khas infeksi bakterial yang ditularkan lewat udara adalah penyakit difteri dan streptokokal. Sedangkan penyakit yang khas disebabkan oleh virus dan disebarkan melalui jalan pernafasan antara lain influenza dan selesma. Penyakit yang disebabkan oleh jamur dan cendawan juga merupakan infeksi yang ditularkan lewat udara.

Bila seseorang batuk, bersin atau meludah maka terhembuslah percikan titik air besar maupun kecil. Titik-titik air ini bisa jadi mengandung mikroorganisme yang dapat

menyebabkan penyakit yang ditularkan lewat udara. Titik air yang besar dapat mencemari pakaian dan benda mati lainnya termasuk debu. Titik air yang halus menguap dan membentuk inti titik air, yang dapat terhisap langsung. Penyebaran infeksi asal debu ini menjadi semakin bertambah bila orang bergerak di tempat yang ventilasinya kurang baik.

Tingkat pencemaran udara di dalam ruangan oleh mikroorganisme dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain ventilasi, padatnya orang di dalam ruangan dan sifat serta taraf kegiatan orang yang menempati ruangan tersebut (Pelczar dan Chan, 1988).

2.5. Pendingin/Penyegaran Udara (AC)

2.5.1. Definisi

Pendinginan/penyegaran udara adalah suatu proses untuk mendinginkan udara sehingga dapat mencapai temperatur dan kelembaban yang sesuai dengan yang dibutuhkan pada kondisi udara dalam suatu ruangan tertentu. Selain itu juga untuk mengatur laju aliran udara dan kebersihannya.

2.5.2. Penggolongan

Sistem pendingin udara umumnya dibagi menjadi dua golongan utama menurut fungsinya, yaitu :

1. Untuk kenyamanan

Menyegarkan ruangan udara untuk memberikan kenyamanan kerja bagi orang yang melakukan kegiatan tertentu.

2. Untuk industri

Menyegarkan udara ruangan karena diperlukan oleh proses, bahan dan peralatan.

Kebanyakan unit pendingin/penyegaran udara ruangan digunakan untuk kenyamanan. Di wilayah beriklim panas, sistem pendingin/penyegaran udara menciptakan suasana kerja yang lebih efektif dibandingkan dengan yang tidak menggunakannya. Untuk mempermudah pengoperasian, pada bangunan besar biasanya digunakan sistem pendingin udara secara sentral.

2.5.3. Proses Pendinginan/Penyegaran Udara

Dalam banyak instalasi pendingin udara untuk kenyamanan, kadar udara ventilasi dari luar minimum adalah 10-20% dari laju aliran suplai udara total. Udara ventilasi dari luar yang dicampurkan dengan udara daur ulang dialirkan ke dalam sistem pendingin udara menuju ke ruang yang dikondisikan. Udara balik kemudian terbagi, sebagian dibuang keluar dan sebagian didaur ulang.

Laju aliran udara diatur oleh pintu pengatur (*dumper*). Pintu pengatur jalur udara luar dan udara buang ini membuka dan menutup serempak, berlawanan dengan pintu pengatur udara daur ulang. Pada suhu tinggi pintu pengatur membatasi laju udara luar yang masuk, namun bila suhu udara luar lebih rendah dari 24^o Celcius akan lebih ekonomis bila 100% menggunakan udara luar.

Untuk pendinginan, perlu dijaga agar suhu udara campuran dalam sistem berkisar pada suhu sekitar 13-14^o Celcius dengan menggunakan alat pengatur suhu udara luar yang standar.

2.5.4. Perawatan Sistem Pendingin/Penyegar Udara

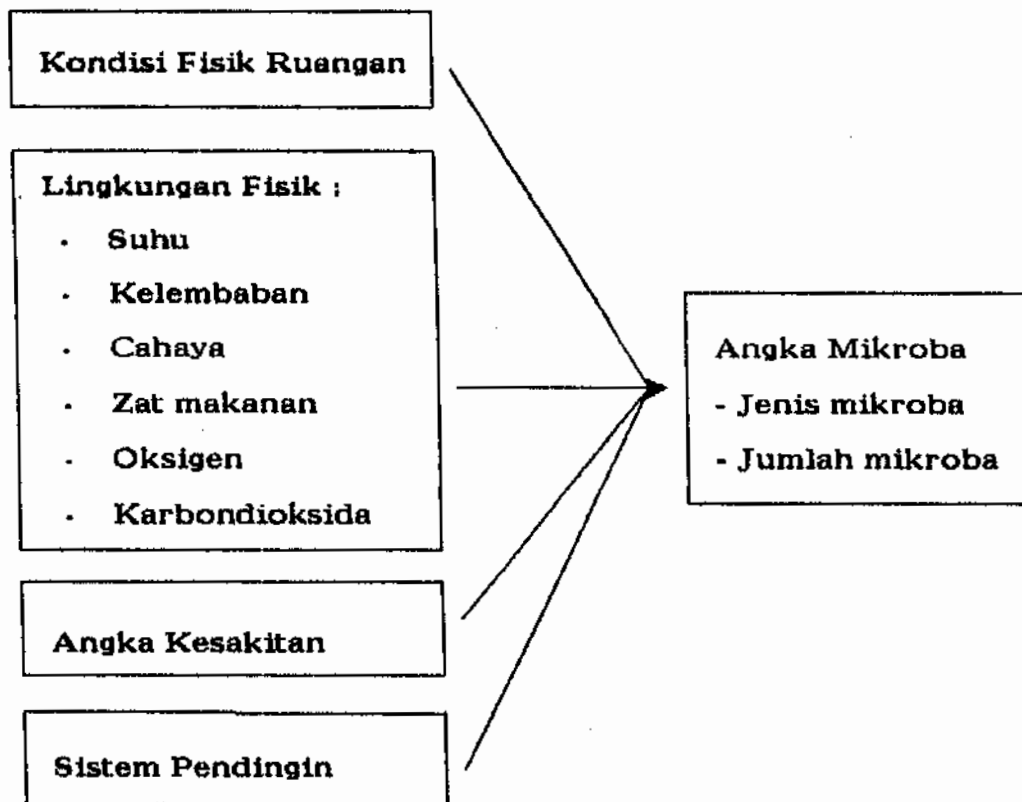
Perawatan sistem pendingin udara meliputi pekerjaan untuk mempertahankan agar semua peralatan yang ada dalam keadaan sebaik-baiknya. Untuk menghindari kerusakan dan kecelakaan, maka semua peralatan dan alat keamanan harus diperiksa secara periodik. Kegiatan itu disebut perawatan pencegahan.

Pemeriksaan dan perawatan harus meliputi :

- membersihkan saluran udara
- terminal rangkaian harus kokoh
- tegangan tali kipas diperiksa
- penyetelan tekanan
- saklar pelindung tekanan minyak pelumas
- pemeriksaan baut kendur
- pemeriksaan kebocoran gas
- membersihkan kotoran dan debu dari pipa pembuangan
- diberi catatan perawatan.

2.6. Kerangka Teoritis

Berdasarkan tinjauan pustaka di atas maka dibuat kerangka teoritis sebagai berikut :

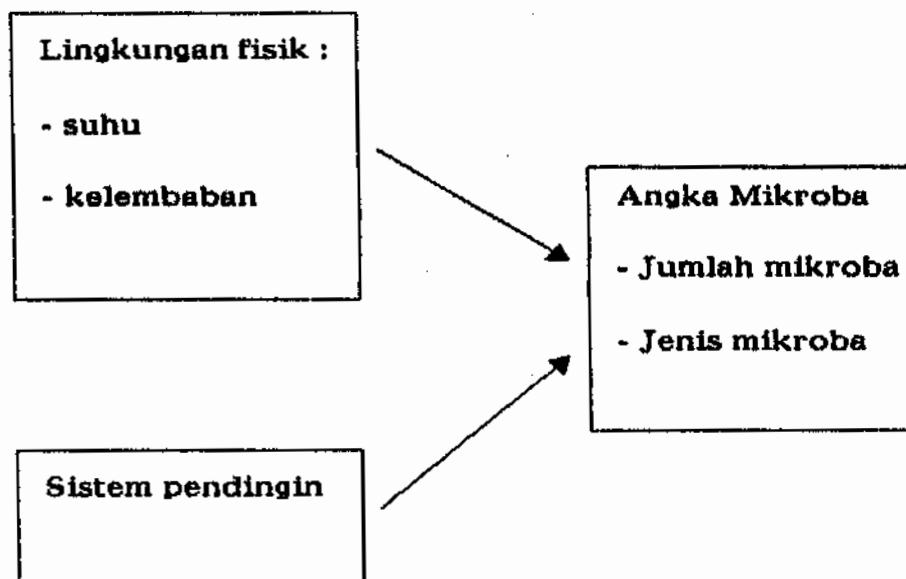


BAB III

KERANGKA KONSEPTUAL DAN DEFINISI OPERASIONAL

3.1. Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



3.2. Definisi Operasional

3.2.1. Jenis Mikroorganisme

- Adalah jenis-jenis bakteri dan jamur udara dalam ruangan kerja di kantor PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah yang berhasil diidentifikasi.
- Jenis data : Nominal.

3.2.2. Jumlah Mikroorganisme

- Adalah jumlah masing-masing jenis bakteri dan jamur udara dalam ruangan kerja di kantor PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah yang telah berhasil diidentifikasi dan dihitung dengan menggunakan alat Automatic Colony Counting.
- Jenis data : Rasio

3.2.3. Sistem Pendingin Sentral

- Sistem pendingin sentral merupakan sistem pendingin udara yang dikendalikan dari suatu tempat tertentu untuk seluruh ruangan dan berfungsi untuk mengatur temperatur/ kelembaban udara suatu ruangan sesuai dengan kebutuhan.

3.2.4. Suhu

- Suhu adalah derajat panas/dingin di dalam ruangan yang diukur dalam satuan derajat celcius dengan menggunakan alat Heat Stres Monitor merk Quest.
- Jenis data : Interval

3.2.5. Kelembaban

- Kelembaban udara adalah kadar air dalam udara di dalam ruangan tempat kerja yang diukur dalam satuan % dengan menggunakan alat Heat Stres Monitor merk Quest.
- Jenis data : Interval

BAB IV

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

4.1. Tujuan Penelitian

4.1.1. Tujuan Khusus

Secara umum ingin diketahui bagaimana kondisi keragaman dan kepadatan jenis-jenis mikroorganisme udara dalam ruang kantor di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah yang menggunakan sistem pendingin sentral pada seluruh gedung.

4.1.2. Tujuan Khusus

1. Mengetahui ragam/jenis-jenis mikroorganisme udara yang terdapat dalam ruangan pada setiap lantai gedung.
2. Mengetahui penyebaran kepadatan masing-masing jenis mikroorganisme udara dalam ruangan pada setiap lantai gedung.
3. Mengetahui kondisi suhu dan kelembaban dalam ruangan pada setiap lantai gedung.
4. Mengetahui kondisi suhu dan kelembaban dalam ruangan yang mempengaruhi keragaman dan kepadatan mikroorganisme pada setiap lantai gedung.

4.2. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan akan mampu memberikan informasi tentang keragaman dan kepadatan mikroorganisme udara yang ada dalam gedung dengan sistem

pendingin sentral serta kondisi suhu dan kelembaban udara dalam ruangan sebagai bahan masukan untuk kantor PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah dan instansi lain yang terkait.

BAB V

METODE PENELITIAN

5.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif korelasional, karena akan menggambarkan penyebaran dan keragaman mikroorganisme udara dalam tiap ruang kantor di gedung yang menggunakan fasilitas sistem pendingin sentral serta berusaha untuk mengetahui apakah ada hubungan antara kondisi lingkungan yaitu suhu dan kelembaban dengan jenis dan jumlah mikroorganisme melalui pengujian hubungan.

Untuk pelaksanaan penelitian digunakan pendekatan cross sectional karena variabel-variabel yang diteliti diobservasi pada saat yang sama dan diukur berdasarkan keadaan pada waktu diobservasi (Ahmad Watik Pratiknya, 1990).

5.2. Daerah Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kantor PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah, yang terletak di Jalan Teuku Umar No. 47 Semarang.

5.3. Populasi dan Sampel

Populasi penelitian ini adalah seluruh ruang yang berada di tujuh lantai dalam gedung PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah.

Sampel penelitian ditentukan secara purposif berdasarkan karakteristik tertentu (Suharsimi Arikunto, 1989) yaitu dipilih

ruangan-ruangan yang padat pekerja pada setiap lantai gedung. Namun khusus untuk lantai pertama, ruangan-ruangannya tidak diambil sebagai sampel penelitian karena pada lantai tersebut tidak digunakan untuk perkantoran.

5.4. Pengumpulan Data

Data tentang mikroorganisme diambil dengan cara meletakkan lima belas buah cawan petri dengan lima macam agar pada satu titik di tiap ruang. Tiap ruang diambil tiga titik. Tiap lantai diambil ruang yang paling padat pekerja di dalamnya. Jenis agar yang digunakan adalah *Nutrient Agar*, *Potato Dextrose Agar*, *SS Agar*, *Cetrimide Agar* dan *Manitol Salf Phenol Red Agar*. Cawan petri diletakkan dalam keadaan terbuka selama 5 menit, kemudian ditutup dan dibawa ke Laboratorium Sucofindo Semarang untuk diinkubasikan pada suhu 37° Celcius selama 24 jam.

Cawan petri yang telah diinkubasi akan memperlihatkan adanya koloni mikroorganisme. Kemudian dihitung dengan menggunakan alat yang disebut "Automatic Colony Counting". Mikroorganisme diidentifikasi secara makroskopis dengan melihat koloni meliputi bentuk, ukuran, warna, elevasi, konsistensi dan tes biokimia. Analisa secara mikrobiologis dilakukan di Laboratorium Sucofindo Semarang.

Sedangkan data tentang kondisi suhu dan kelembaban dilakukan dengan melakukan pengukuran di satu titik pengamatan. Untuk pengukuran suhu dan kelembaban ini digunakan alat Heat Stres Monitor merk Quest.

5.5. Pengolahan dan Analisa Data

Data yang telah diperoleh dari hasil pemeriksaan terhadap mikroorganisme diolah dan dianalisa secara deskriptif dengan membuat tabel distribusi frekuensi serta menghitung rata-rata jumlah mikroorganisme dan prosentase jenis mikroorganisme udara.

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran suhu dan kelembaban diolah dan dianalisa secara deskriptif dengan membuat tabel serta menghitung rata-rata kondisi suhu dan kelembaban tersebut.

Sedangkan untuk melihat bagaimana hubungan antara kondisi suhu dan kelembaban dalam ruangan terhadap penyebaran dan keragaman mikroorganisme dilakukan analisa menggunakan uji hubungan dan diolah dengan Statgraph.

BAB VI

HASIL DAN PEMBAHASAN

6.1. Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di gedung PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah yang terletak di Jalan Teuku Umar Nomor 47 Semarang, yang merupakan salah satu gedung perkantoran dengan fasilitas sistem pendingin sentral. Pengambilan data dilakukan selama satu hari yaitu pada tanggal 9 Oktober 1997.

Data pada hasil penelitian ini terdiri dari dua macam data primer yaitu :

- (1) hasil pemeriksaan laboratorium terhadap jenis dan jumlah mikroorganisme, dan
- (2) data hasil pemeriksaan kondisi lingkungan fisik dalam ruangan yang meliputi suhu dan kelembaban.

Sesuai dengan prosedur yang telah ditentukan, maka diperoleh jumlah sampel sebanyak 16 ruangan yang padat pekerja, meliputi Ruang Komputer, Ruang Sistem Informasi, Ruang Perencanaan, Ruang Administrasi Kendaraan, Ruang Tata Usaha Pengadaan, Ruang Kontrol Intern, Ruang Sekretaris Umum, Ruang Operasi Jaringan (Renus/Kalus), Ruang Listrik Pedesaan (Pemasaran), Ruang Keuangan /Pengusahaan, Ruang Tata Usaha Langgan, Ruang Renkon/Kalkon, Ruang Administrasi Proyek, Ruang Kepegawaian dan Ruang Sekretariat Bikad. Sampel ini tersebar dari lantai kedua hingga lantai ketujuh.

6.2. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini mempunyai beberapa keterbatasan antara lain :

- Kurangnya data pendukung.
- Mengingat keterbatasan dana dan sarana, tidak semua ruangan dapat diukur.
- Mengingat keterbatasan waktu yang tersedia, pengukuran suhu dan kelembaban udara hanya dilakukan dua kali.
- Tidak dapat mengukur luas tiap ruangan karena pengaturan ruangan yang tidak dibagi secara permanen.

6.3. Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Gedung PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah dibangun pada tahun 1989-1990 dengan menempati areal seluas 6.083 meter persegi dan selama kurun waktu sejak dibangunnya sampai sekarang belum pernah mengalami renovasi. Terdiri dari tujuh lantai dengan penggunaan sebagai berikut :

Lantai 1 : Ruang Poliklinik, Ruang Koperasi (Waserba), Ruang Bank, Ruang Kendaraan, Ruang Kantin, Ruang Piket, Ruang Dapur, Ruang Mushola, Ruang Kamar Mandi/WC.

Lantai 2 : Ruang Koperasi, Ruang Komputer, Ruang Sistem Informasi, Ruang Fotokopi, Ruang D. Biren, Ruang Renus/Rensis, Ruang KB Renus, Ruang KB Rensis, Ruang Dapur, Ruang Mushola, Ruang Pool (sopir), Ruang Kamar Mandi/WC.

- Lantai 3 :** Ruang Sekretaris Umum, Ruang KB Sekmum, Ruang Rapat PD, Ruang PD (Pemimpin), Ruang Kontrin, Ruang Pengadaan, Ruang Kendaraan, Ruang Arsip, Ruang Perpustakaan, Ruang Dapur, Ruang Mushola, Ruang Operator, Ruang Kamar Mandi/WC.
- Lantai 4 :** Ruang Teknisi/Kalus, Ruang Pemasaran/Lisder, Ruang KB Lisdes, Ruang KB Pemasaran, Ruang Komputer, Ruang D. Bius, Ruang Dapur, Ruang Mushola, Ruang Kamar Mandi/WC.
- Lantai 5 :** Ruang KB Anggaran, Ruang KB TUL, Ruang TUL/ Anggaran/Keuangan, Ruang KB Keuangan, Ruang Kasir Pengusahaan, Ruang Kasir Konstruksi, Ruang Komputer, Ruang Arsip, Ruang Koperasi, Ruang D. Bikeu, Ruang Akuntansi, Ruang KB Akuntansi, Ruang Dapur, Ruang Mushola, Ruang Kamar Mandi/WC.
- Lantai 6 :** Ruang KB Kalkon, Ruang KB Renkon, Ruang Kalkon /Renkon, Ruang KB Adpro, Ruang Adpro, Ruang D. Bikon, Ruang Dalkon, Ruang Dapur, Ruang Mushola, Ruang Kamar Mandi/WC.
- Lantai 7 :** Ruang D.Bikad, Ruang KB Kumas, Ruang KB Renpegfas, Ruang KB Kepeg, Ruang Kumas/ Renpegfas/Kepeg, Ruang Lisdes, Ruang Komputer, Ruang Teknisi Komputer, Ruang Arsip, Ruang Pejabat Ahli, Ruang Teknisi AC, Ruang Aula, Ruang Dapur, Ruang Mushola, Ruang Kamar Mandi/WC.

Jumlah pegawai PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah adalah 418 orang yang tersebar di tujuh lantai dengan distribusi sebagaimana tercantum pada Tabel 6.3.1. berikut.

Tabel 6.3.1.

**Distribusi Frekuensi Pegawai PT PLN (Persero)
Distribusi Jawa Tengah
Berdasarkan Lantai Tempat Kerja**

No.	Lantai ke-	Frekuensi	
		Jumlah	Prosentase
1.	1	10	2,4
2.	2	45	10,8
3	3	63	15,1
4	4	77	18,4
5	5	87	20,8
6	6	67	16,0
7	7	69	16,5
Jumlah		418	100,0

Untuk menjaga kebersihan dan kenyamanan di setiap ruang kerja, PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah mempunyai rekanan untuk tiap spesifikasi pekerjaan dengan sistem kontrak, yaitu :

1. **Cleaning Service** : PT BPLI dengan jumlah karyawan 29 orang.
2. **Sistem AC** : PT Mitra Jaya dengan jumlah karyawan 3 orang

6.4. Keadaan Fisik Gedung

Gedung PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah berdinding tembok dan berlantai marmer. Pada beberapa lantai terdapat sekat antar bagian yang menggunakan rangka kayu. Selain ruang-ruang kerja utama, tiap lantai juga mempunyai ruang mushola, kamar mandi yang terpisah antara kamar mandi pria dan wanita, ruang *cleaning service*, ruang dapur dan ruang pengendali sistem pendingin.

Sistem pendingin ini dibersihkan setiap satu bulan sekali. Sedangkan pada malam hari setelah seluruh karyawan pulang, sistem pendingin tersebut dimatikan dan pada pukul 06.00 WIB dihidupkan kembali dengan suhu awal 20° Celcius.

Gedung PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah memiliki tiga buah lift untuk digunakan sebagai sarana transportasi antar lantai yang setiap hari diganti karpetnya. Namun demikian di samping adanya lift, gedung tersebut juga memiliki tangga yang bisa digunakan dalam keadaan darurat.

Kondisi Gedung PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 6.4.1.**Kondisi Gedung PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah**

No.	Kondisi Gedung	Lantai ke-							Jumlah
		1	2	3	4	5	6	7	
1.	Menggunakan bahan Kimia (pengharum ruangan, dsb)	x	x	x	x	x	x	x	7
2	Terawat	x	x	x	x	x	x	x	7
3	Bersih	x	x	x	x	x	x	x	7
4	Dilapisi karpet			x		x		x	3
5	Terdapat asap rokok	x		x			x		3
6	Berbau menyengat								0
7	Ada mesin fotokopi	x	x		x	x	x	x	6
8	Berdebu								0
9	Ada tumpukan arsip		x			x		x	3

Dari tabel tersebut di atas dapat dilihat bahwa di dalam gedung PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah, seluruh lantai menggunakan bahan kimia, misalnya untuk pengharum ruangan dan sebagainya, mesin fotokopi terdapat di enam lantai, terdapat tiga lantai yang dilapisi karpet dan terdapat tiga lantai yang memiliki tumpukan arsip serta tiga lantai yang ada asap rokoknya di dalam gedung. Walaupun demikian seluruh lantai dalam gedung tersebut berada dalam keadaan terawat dan bersih.

6.5. Gambaran Khusus Hasil Penelitian

6.5.1. Suhu

Suhu di kantor PT PLN (Persero) diukur sebanyak dua kali yaitu pada pagi hari (pemeriksaan I) dan sore hari (pemeriksaan II). Tabel 6.5.1.1. berikut ini menggambarkan suhu di setiap ruangan yang diteliti.

Tabel 6.5.1.1.
Hasil Pengukuran Suhu
di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah
Tanggal 9 Oktober 1997

Lantai	No.	Ruang	Pemeriksaan	
			I	II
2	1.	Komputer	25,50	26,20
	2.	Sistem Informasi	25,50	26,20
	3.	Perencanaan	21,80	22,20
3	1.	Adm Kendaraan	22,40	24,20
	2.	TU Pengadaan	24,10	26,10
	3.	Kontrol Intern	22,90	23,20
	4.	Sekretaris Umum	22,60	23,20
4	1.	Opjar (Renus Kalus)	22,60	23,30
	2.	Listrik Pedesaan (Pemasaran)	22,20	24,50
5	1.	Keuangan/Pengusa- haan	23,40	24,90
	2.	Akuntansi	23,00	24,70
	3.	TU Langgan	23,10	24,50
6	1.	Renkon/Kalkon	22,60	22,60
	2.	Adm Proyek	23,10	23,80
7	1.	Kepegawaian	21,10	24,70
	2.	Sekretariat Bikad	23,10	25,50
Rata-rata			21,63	24,36

Berdasarkan pemeriksaan yang telah dilakukan seperti tercantum dalam Tabel 6.5.1.1 diperoleh hasil bahwa kondisi suhu dalam gedung PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah berkisar antara 21,1-26,2^o Celcius.

Rata-rata hasil pengukuran suhu pada pemeriksaan pertama adalah 21,63^o Celcius. Angka tersebut lebih kecil dibandingkan dengan hasil pengukuran suhu pada pemeriksaan kedua yaitu 24,36^o Celcius. Kenaikan tersebut kemungkinan karena pengaruh panas matahari.

6.5.2. Kelembaban

Kelembaban di seluruh ruang kerja yang diperiksa di gedung kantor tersebut, baik yang diukur pada pemeriksaan pertama yang dilakukan pada pagi hari sebelum kegiatan maupun pada pemeriksaan kedua yang dilakukan sore hari menunjukkan kelembaban berkisar antara 58-69%.

Hasil pengukuran kelembaban di tiap ruang yang diperiksa dapat dilihat pada Tabel 6.5.2.1. berikut ini.

Tabel 6.5.2.1.**Hasil Pengukuran Kelembaban
di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah
Tanggal 9 Oktober 1997**

Lantai	No.	Ruang	Pemeriksaan	
			I	II
2	1.	Komputer	58,00	54,00
	2.	Sistem Informasi	58,00	54,00
	3.	Perencanaan	64,00	62,00
3	1.	Adm Kendaraan	65,00	58,00
	2.	TU Pengadaan	58,00	52,00
	3.	Kontrol Intern	68,00	62,00
	4.	Sekretaris Umum	64,00	59,00
4	1.	Opjar (Renus Kalus)	67,00	68,00
	2.	Listrik Pedesaan (Pemasaran)	64,00	59,00
5	1.	Keuangan/Pengusa- haan	63,00	58,00
	2.	Akuntansi	68,00	58,00
	3.	TU Langgan	68,00	58,00
6	1.	Renkon/Kalkon	69,00	60,00
	2.	Adm Proyek	65,00	59,00
7	1.	Kepegawaian	63,00	58,00
	2.	Sekretariat Blkad	59,00	58,00
Rata-rata			64,06	58,64

Rata-rata hasil pengukuran kelembaban pada pemeriksaan kedua adalah 58,64%. Angka tersebut lebih rendah daripada rata-rata hasil pemeriksaan pertama yaitu sebesar 64,06%. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh

kenaikan suhu dalam ruangan dan panas matahari yang menerpa dinding gedung.

6.6. Analisis Mikroorganisme

Udara tidak mengandung mikroorganisme secara alamiah, tetapi butiran-butiran kecil debu serta tetes-tetes air di udara dapat mengandung mikroorganisme. Oleh karena itu, udara dapat bertindak sebagai tempat persinggahan mikroorganisme pencemar.

Macam dan jenis mikroorganisme yang hadir di udara bisa berubah-ubah dan beraneka ragam. Jumlah dan macam mikroorganisme tersebut bergantung pada banyak faktor, antara lain lokasi dan iklim.

Tetes-tetes embun dari pembicaraan orang, batuk dan bersin, bisa menyebabkan mikroorganisme berkeliaran di udara. Tanah yang melekat pada sepatu atau bagian-bagian tertentu pakaian lainnya serta kotoran yang melekat pada benda yang terbawa ke dalam suatu ruangan adalah contoh sumber mikroorganisme yang dapat disalurkan ke udara. Oleh karena itu pada ruangan yang menggunakan karpet ditemukan organisme yang biasa terdapat dalam tanah (*Bacillus subtilis*). Dalam penelitian ini angka *Bacillus subtilis* terbanyak terdapat di dalam lift. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh penggunaan karpet/keset di dalam lift.

Selain itu, jumlah mikroorganisme di udara juga dipengaruhi oleh gerakan udara yang terbawa oleh hembusan nafas dari orang yang sedang berjalan melintas.

Kulit manusia tidak pernah bebas dari mikroorganisme. Bahkan kulit yang bersih sekalipun masih tetap membawa beberapa mikroorganisme. Bila kulit tidak bersih, sejumlah besar

dan bermacam-macam mikroorganisme ada padanya, termasuk bakteri, protozoa, jamur lendir dan jamur ragi.

Mikroorganisme yang melekat pada kulit bisa memperbanyak dirinya, khususnya di daerah yang dekat dengan kelenjar lemak. Walaupun dengan melalui cuci tangan kemungkinan dapat terlepas dari kulit, namun beberapa jenis mikroorganisme tetap tinggal dan melekat. Karena manusia menggunakan tangannya untuk keperluan yang bermacam-macam, manusia dapat menyentuh berbagai benda. Benda-benda yang tersentuh itu kemudian dapat berfungsi sebagai tempat yang baik bagi pertumbuhan mikroorganisme.

Daerah mulut, hidung dan tenggorokan manusia yang sehat juga merupakan tempat yang berlimpah dengan bermacam-macam mikroorganisme. Lembab serta hangat ditambah dengan adanya zat gizi berupa sisa-sisa makanan yang dikonsumsi oleh manusia merupakan tempat tumbuh yang baik bagi mikroorganisme.

Berdasarkan hal-hal tersebut di atas dapat diketahui bahwa manusia juga merupakan sumber penyebaran mikro organisme udara. Oleh karena itu dalam penelitian ini diperoleh hasil bahwa ruangan yang tingkat kepadatan mikroorganismenya tinggi antara lain disebabkan karena tingkat mobilitas manusia yang ada di dalamnya juga tinggi, baik mobilitas karyawan itu sendiri maupun banyaknya jumlah pengunjung yang datang untuk bertamu atau keperluan lainnya.

Mikroorganisme yang biasa terdapat di udara adalah golongan bakteri dan jamur. Bakteri dapat disebarkan melalui batuk dan bersin sampai sejauh ± 15 kaki. Bakteri yang terdapat di udara dapat diencerkan atau diperlemah dengan membuka jendela dan membiarkan udara segar masuk ke dalam ruangan, Namun dalam ruangan yang menggunakan sistem pendingin,

jendela-jendela di ruangan tersebut boleh dikatakan hampir tidak pernah dibuka. Bahkan pintu ruangan juga diusahakan agar selalu dalam keadaan tertutup. Hal ini bertujuan agar sistem pendingin ruangan dapat bekerja secara optimal, namun kondisi tersebut menyebabkan udara segar yang mengalir di dalam ruangan menjadi sangat terbatas.

6.7. Identifikasi Mikroorganisme

Dari hasil penelitian yang telah dilaksanakan ditemukan enam jenis mikroorganisme yang terdapat dalam ruangan. Tabel 6.7.1. berikut ini memperlihatkan jenis dan jumlah mikroorganisme tersebut.

Tabel 6.7.1.

**Distribusi Hasil Pengukuran Suhu, Kelembaban dan Mikroorganisme
di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah
Tanggal 9 Oktober 1997**

Lantai	No.	Ruang	Hasil Pemeriksaan										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2	1.	Komputer	25,50	26,20	58,00	54,00	1	-	-	-	-	-	1
	2.	Sistem Informasi	25,50	26,20	58,00	54,00	6	-	1	-	1	2	10
	3.	Perencanaan	21,80	22,20	64,00	62,00	7	-	-	-	1	2	10
3	1.	Adm Kendaraan	22,40	24,20	65,00	68,00	2	-	-	-	2	-	4
	2.	TU Pengadaan	24,10	26,10	68,00	62,00	5	1	1	1	1	3	12
	3.	Kontrol Intern	22,90	23,20	68,00	62,00	1	-	-	-	-	-	1
	4.	Sekretaris Umum	22,60	23,30	64,00	59,00	1	-	-	-	1	-	2
4	1.	Opjar (Renus Kalus)	22,60	23,30	67,00	68,00	3	-	1	-	3	4	11
	2.	Listrik Pedesaan (Pemasaran)	22,20	24,50	64,00	59,00	9	1	1	-	5	5	21
5	1.	Keuangan/Pengusa- han	23,40	24,90	63,00	68,00	6	-	-	-	2	2	10
	2.	Akuntansi	23,00	24,70	68,00	68,00	4	-	-	-	3	4	11
	3.	TU Langganan	23,10	24,60	68,00	68,00	1	-	-	-	1	-	2
6	1.	Renkon/Kalkon	22,60	22,60	69,00	60,00	3	-	3	-	-	-	6
	2.	Adm Proyek	23,10	23,90	65,00	59,00	4	-	-	-	-	-	4
7	1.	Kepegawalan	21,10	24,70	63,00	68,00	2	-	-	-	5	4	11
	2.	Sekretariat Ekad	23,10	24,60	69,00	68,00	9	-	2	1	6	1	19
Jumlah							60	2	8	2	31	27	

Keterangan :

1. Suhu pemeriksaan I ^o Celcius
2. Suhu pemeriksaan II ^o Celcius
3. Kelembaban udara pemeriksasn I %
4. Kelembaban udara pemeriksasn II %
5. Yeast
6. *Mucor mucedo*
7. *Aspergillus niger*
8. *Penicillium notatum*
9. *Staphylococcus*
10. *Bacillus subtilis*
11. Total mikroorganisme

Kondisi di dalam gedung kantor PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah dengan suhu udara yang berkisar antara 21,1-26,2° Celcius dan kelembaban udara yang berkisar antara 58-69% merupakan keadaan yang optimum untuk pertumbuhan bakteri maupun jamur.

6.8. Kepadatan Mikroorganisme

Berdasarkan Tabel 6.7.1. yang menunjukkan hasil pengukuran jumlah dan jenis mikroorganisme dalam tiap ruangan di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah, bila dilihat dari tingkat jumlah kepadatan mikroorganisme, maka ruang Pemasaran adalah ruangan yang paling banyak jumlahnya, yaitu dengan total mikroorganisme 21. Hal ini dimungkinkan karena pada bagian ini mobilitasnya tinggi, baik mobilitas para karyawan sendiri maupun mobilitas para pengunjung yang datang dari luar sehingga kemungkinan kontaminasi udara lebih tinggi.

Tingkat jumlah kepadatan mikroorganisme dalam ruangan tertinggi selanjutnya adalah ruang Sekretariat Bikad dengan total mikroorganisme sebanyak 19. Ruang Sekretariat Bidad ini merupakan ruang penerima tamu sebelum menemui Deputi, yang lantainya dilapisi karpet. Kemungkinan karena banyaknya kunjungan dari tamu-tamu ini dan ditambah adanya karpet dalam ruangan dapat berfungsi sebagai deposit debu.

Tabel 6.8.1.

**Jumlah Mikroorganisme Rata-Rata per Meter Kubik Udara
DI PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah**

Jenis Mikroorganisme	Rata-rata
<i>Yeast</i>	2,17
<i>Mucor mucedo</i>	0,07
<i>Aspergillus niger</i>	0,33
<i>Penicillium notatum</i>	0,07
<i>Staphylococcus sp.</i>	1,10
<i>Bacillus subtilis</i>	1,03

Secara umum angka kepadatan *Yeast* dalam tiap ruangan adalah yang tertinggi, yaitu sebesar 2,17/meter kubik udara. Hal ini disebabkan karena kondisi suhu dan kelembaban yang ada di dalam gedung tersebut merupakan kondisi yang tepat bagi *Yeast* untuk tumbuh dan berkembang dengan baik.

6.9. Keragaman Mikroorganisme

Berdasarkan Tabel 6.7.1. yang menunjukkan hasil pengukuran jumlah dan jenis mikroorganisme dalam tiap ruangan dapat terlihat bahwa ruang TU Pengadaan adalah ruangan yang paling banyak ditemukan jenis mikroorganismenya, yaitu sebanyak enam jenis, kemudian diikuti ruang Pemasaran dan ruang Sekretariat Bikad, masing-masing sebanyak lima jenis.

Jenis mikroorganisme yang ditemukan terdiri dari kelompok bakteri dan kelompok jamur. Kelompok bakteri yang berhasil diidentifikasi pada penelitian ini adalah *Staphylococcus sp.* dan *Bacillus subtilis*. Sedangkan dari kelompok jamur yang ditemukan yaitu *Yeast*, *Mucor mucedo*, *Aspergillus niger* dan *Penicillium notatum*.

Yeast dan *Staphylococcus* adalah mikroorganisme yang merupakan flora normal bagi tubuh manusia. Sedangkan *Mucor mucedo*, *Aspergillus niger*, *Penicillium notatum* dan *Bacillus subtilis* adalah mikroorganisme saprofit di udara bebas.

Penicillium notatum, *Mucor mucedo* dan *Aspergillus niger* tergolong jamur lendir. Pada umumnya jamur jenis ini tidak memilih-milih dan tidak memandang dasar dimana ia tumbuh, baik itu kering atau basah, asam atau tidak asam, maupun rendah atau tinggi kadar gula dan garamnya. Selain itu jamur lendir dapat tumbuh dan berkembang pada berbagai tingkat suhu. Oleh karena itu hampir setiap saat dan dimana saja kita dapat menemukan golongan jamur lendir tersebut.

Yeast/jamur ragi juga sangat mungkin hadir dimana-mana namun jamur ini perlu kelembaban untuk kegiatan fisiknya. Sebagai flora normal tubuh manusia, *Yeast* diketemukan pada selaput lendir pernafasan, saluran pencernaan dan genitalia wanita. Mikroorganisme ini dapat berkembang menjadi dominan dan pada akhirnya menyebabkan penyakit pada individu yang mengalami penurunan kekebalan tubuh.

Mucor mucedo sebagai mikroorganisme saprofit di udara bebas, kadang-kadang ditemukan juga pada jaringan tubuh manusia yang lemah. Pada beberapa penderita *Diabetes mellitus*, leukimia, limfoma, penyakit menahun dan penyakit penurunan kekebalan lainnya, mikroorganisme ini dapat masuk dan

berkembang biak dalam pembuluh darah sehingga menyebabkan terjadinya penyumbatan pembuluh darah.

Aspergillus niger lebih sering ditemukan di udara bebas dan hidup sebagai saprofit. Namun spesies ini pun dapat pula menimbulkan kelainan pada manusia bila terdapat faktor-faktor predisposisi seperti pada *Mucor mucedo*.

Staphylococcus sp. dicirikan sebagai suatu bakteri berbentuk bulat yang bergabung seperti seikat buah anggur yang berkelompok. Terdapat dua species *Staphylococcus* yang sering dijumpai yaitu *Staphylococcus epidermidis* dan *Staphylococcus aureus*. Ketahanan tubuh terhadap *Staphylococcus sp.* berbeda-beda karena keganasan mikroorganisme tersebut dan ketahanan jaringan tubuh yang diserang juga berbeda-beda.

Staphylococcus epidermidis adalah flora normal tubuh manusia. Biasanya terdapat pada kulit dan saluran pernafasan. Mikroorganisme ini secara teratur ditemukan di udara bebas dan lingkungan sekitar manusia. Mudah tumbuh dalam kondisi aerobik dengan suhu optimum untuk perkembangbiakannya berkisar antara 20-37⁰ Celcius. Patogenitasnya tergantung dari gabungan faktor ekstraseluler dan toksin dengan sifat invasif strain.

Staphylococcus aureus termasuk jenis mikroorganisme yang dapat memperbanyak dirinya pada makanan. Berbagai jenis *Staphylococcus aureus* menghasilkan sejumlah racun yang termasuk sebagai racun luar, karena dapat menebar dan dipisahkan dari sel hidup ke dalam substrat. Walaupun tidak membentuk spora, namun relatif tahan sekali terhadap keadaan yang merugikan. Di debu, kotoran, makanan beku, kain, lantai dan dinding, mampu bertahan hidup dalam waktu yang cukup lama, bahkan bulanan.

Mikroorganisme ini dapat berdiam di daerah pernafasan manusia yang sehat. Jenis yang ganas dari mikroorganisme jenis ini berhubungan erat dengan penyakit seperti sinusitis atau radang pada rongga-rongga hidung, mulut dan dada. *Staphylococcus aureus* juga sering berhubungan dengan infeksi di mata dan telinga. Orang yang telah sembuh dari menderita infeksi di daerah pernafasan, mata maupun telinga akibat mikroorganisme tersebut mungkin masih bisa menjadi pembawa *Staphylococcus* selama beberapa waktu.

Bacillus subtilis merupakan kuman gram positif yang berupa batang besar dan membentuk rantal serta bersifat aerob. Mikroorganisme ini lazim ditemukan di tanah, air, udara bebas dan tumbuh-tumbuhan. Termasuk dalam jenis mikroorganisme yang jarang menimbulkan penyakit pada manusia.

6.10. Jumlah dan Jenis Mikroorganisme

Tabel berikut ini menggambarkan distribusi frekuensi jumlah dan jenis mikroorganisme yang berhasil diidentifikasi berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan.

Tabel 6.10.1.

Distribusi Frekuensi Jumlah dan Jenis Mikroorganisme di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah

Jenis Mikroorganisme	Jumlah	Prosentase
<i>Yeast</i>	60	46,15
<i>Mucor mucedo</i>	2	1,54
<i>Aspergillus niger</i>	8	6,15
<i>Penicillium notatum</i>	2	1,54
<i>Staphylococcus sp.</i>	28	21,54
<i>Bacillus subtilis</i>	30	23,08
Jumlah	130	100,00

Dari keenam jenis mikroorganisme yang diketemukan, *Yeast* merupakan jenis yang ditemukan dalam jumlah paling besar yaitu 46,15%. Hal ini dapat dimaklumi karena jenis jamur adalah mikroorganisme yang relatif dapat bertahan lama bahkan di alam bebas yang tak menguntungkan sekalipun dibanding mikroorganisme lainnya.

Yeast dapat hidup dalam suasana udara aerob maupun anaerob dengan kelembaban udara lebih dari 65% untuk pertumbuhan spora yang baik. Seperti juga jenis jamur lainnya, kisaran suhu optimum untuk hidupnya lebih luas. Suhu optimum pertumbuhan jamur spesies saprofit adalah 22-30^o Celcius dan spesies patogen pada 30-37^o Celcius. Sedangkan untuk bakteri, kebanyakan hidup dalam suasana aerob dengan suhu optimum berkisar antara 20-37^o Celcius.

6.11. Ruang Pengendali Sistem Pendingin

Tabel 6.11.1 berikut ini menggambarkan angka rata-rata kepadatan kuman di ruang pengendali sistem pendingin

Tabel 6.11.1.
Jumlah Mikroorganisme Rata-Rata per Meter Kubik Udara
di Ruang Pengendali Sistem Pendingin
PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah

Jenis Mikroorganisme	Rata-rata
<i>Yeast</i>	16
<i>Mucor mucedo</i>	1
<i>Aspergillus niger</i>	3
<i>Penicillium notatum</i>	0
<i>Staphylococcus sp.</i>	0
<i>Bacillus subtilis</i>	0

Jenis mikroorganismem dalam ruang pengendali sistem pendingin sentral yang paling besar angka kepadatannya adalah *Yeast*. Besarnya angka kepadatan *Yeast* yang ditemukan tersebut adalah 16/meter kubik.

6.12. Lift

Di gedung PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah terdapat tiga buah lift yang berfungsi sebagai sarana transportasi antar lantai selama jam kerja. Dari hasil pemeriksaan mikroorganisme di dalam ketiga lift tersebut didapatkan hasil sebagaimana tercantum pada Tabel 6.12.1.

Tabel 6.12.1

**Distribusi Hasil Pengukuran Mikroorganisme dalam Lift
di PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah
Tanggal 9 Oktober 1997**

No.	Jenis Mikroorganisme	Lift		
		I	II	III
1.	<i>Yeast</i>	20	19	19
2.	<i>Penicillium notatum</i>	2	-	-
3.	<i>Aspergillus niger</i>	3	2	2
4.	<i>Staphylococcus sp.</i>	7	7	8
5.	<i>Bacillus subtilis</i>	14	12	15
Angka Lempeng Total		44	40	46

Berdasarkan Tabel 6.12.1. di atas terlihat bahwa mikroorganisme yang terdapat dalam jumlah besar di dalam lift adalah *Yeast* dan *Bacillus subtilis*. *Yeast* banyak terdapat pada ketiga buah lift tersebut karena mobilitas karyawan tiap lantai tinggi. Sedangkan *Bacillus subtilis* ditemukan dalam jumlah besar karena sesuai dengan tempat hidupnya yang lazim terdapat di tanah, kemungkinan mikroorganisme tersebut tertinggal di keset yang terdapat dalam lift.

Karena lift digunakan sebagai alat transportasi utama antar lantai maka dimungkinkan terjadi penyebaran mikro organisme melalui lift tersebut.

6.13. Hasil Analisis Uji Hubungan

Berdasarkan uji korelasi dengan taraf signifikansi 0,05 yang dilakukan (lihat lampiran), terlihat adanya hubungan yang

bermakna dengan tingkat korelasi kuat antara kelembaban udara dengan keberadaan *Aspergillus niger* dengan nilai $r = 0,9880$ dan nilai $p = -0,0410$. Hasil tersebut dapat dijelaskan secara teoritis bahwa *Aspergillus niger* membutuhkan kondisi kelembaban udara sekitar 65% untuk dapat tumbuh dengan baik.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa :

1. Ditemukan bahwa data mikroorganisme dalam tiap ruangan yang berhasil diidentifikasi adalah sebagai berikut : *Yeast*, *Mucor mucedo*, *Aspergillus niger*, *Penicillium notatum*, *Staphylococcus sp.* dan *Bacillus subtilis*.
2. Semua mikroorganisme yang ditemukan merupakan flora normal tubuh dan mikroorganisme saprofit udara, artinya biasa terdapat di alam bebas. Untuk menyebabkan terjadinya suatu penyakit dibutuhkan beberapa faktor pendukung seperti ketahanan tubuh, jumlah mikroorganisme dan lingkungan fisik yang mendukung.
3. Mikroorganisme yang kepadatannya tinggi adalah *Yeast*. Dari data hasil penelitian mikroorganisme dapat diketahui bahwa jumlah *Yeast* yang besar ditemukan dalam sistem pendingin sentral dan lift.
4. Ruangan dengan kepadatan mikroorganisme tinggi adalah ruang Pemasaran, disusul ruang Sekretariat Bikad
5. Kondisi di dalam gedung kantor PT PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah dengan suhu udara yang berkisar antara 21,1-26,2^o Celcius dan kelembaban udara yang berkisar antara 58-

69% merupakan keadaan yang optimum untuk pertumbuhan bakteri maupun jamur.

6. Berdasarkan uji hubungan yang dilakukan diperoleh hasil bahwa terdapat hubungan bermakna antara kelembaban udara dengan keberadaan *Aspergillus niger* pada taraf signifikansi 0,05 dengan nilai $r = 0,9880$ dan nilai $p = -0,0410$.

7.2. Saran

1. Kaset tidak diletakkan di dalam lift melainkan di luar untuk mengurangi berkembangnya mikroba yang berasal dari tanah (menempel pada sepatu karyawan).
2. Perlu peningkatan suhu awal sistem pendingin sentral menjadi 24° Celcius untuk lebih meningkatkan kenyamanan kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsimi, 1989, *Prosedur Penelitian, Suatu Pendekatan Praktik*, PT Bina Aksara, Jakarta.
- Arismunandar W., Saito, H., 1991, *Penyegaran Udara*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Daryanto, 1995, *Masalah Pencemaran*, Tarsito, Bandung.
- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1990, *Kamus Besar Bahasa Indonesia, Cetakan III*, Balai Pustaka, Jakarta.
- Mukono, J., 1993, "Kualitas Udara Ruangan (Indoor Air Quality) Kehidupan Mikroorganisme di Dalam Ruangan dan Frekuensi Terjadinya Infeksi Nosokomial di RSUD Dr. Sutomo Surabaya" dalam *Majalah Lingkungan dan Pembangunan, Volume 15 Nomor 1*.
- Pratiknya, Ahmad Watik, 1991, *Dasar-Dasar Metodologi Penelitian Kedokteran dan Kesehatan*, Rajawali, Jakarta.
- Jawetz, E., J.L Melnick dan E.A. Adelberg, 1986, *Mikrobiologi Untuk Profesi Kesehatan*, EGC, Jakarta.
- Pelczar, Michael J. dan E.C.S. Chan, 1988, *Dasar-Dasar Mikrobiologi, Jilid 2*, Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Saksono L., 1986, *Pengantar Sanitasi Makanan*, Alumni, Bandung.
- Soemirat, Juli, 1994, *Kesehatan Lingkungan*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Stoecher, M.F., Jones, J.W., Alih Bahasa Hara S., 1994, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, Edisi III*, Erlangga, Jakarta.
- Suma'mur, 1988, *Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja*, CV Haji Mas Agung, Jakarta.
- Zens, Carl et al, *Occupational Medicine*, Mosby, Philadelphia.