

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pencemaran Udara dalam Ruang

Dalam Jurnal Kedokteran Yarsi tahun 2004 disebutkan bahwa penyakit akibat lingkungan semakin hari semakin menimbulkan problem kesehatan masyarakat, terutama pada kondisi lingkungan yang dibawah standar (Anies, 2002; Black *et al.*, 1990). Pencemaran udara dalam ruang adalah problema kesehatan yang serius dalam berbagai lingkungan non industri. Penelitian masalah kesehatan manusia dalam ruang telah berkembang, baik penelitian untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas dari informasi ilmiah dan teknis maupun untuk meningkatkan kemampuan dalam menginterpretasikan kesehatan masyarakat berdasarkan informasi yang telah ada.

Faktor utama yang mendorong kepedulian pada kualitas udara di dalam ruang adalah adanya keluhan tentang kualitas udara dan kenyamanan ruangan. Berbagai gejala atau keluhan mengenai kesehatan muncul seperti hidung mengeluarkan air bila berada dalam ruangan, pusing-pusing atau mual, dan sebagainya.

Menurut Samet dan Spengler, penemuan sejumlah zat pencemar dalam ruang yang diketahui dan diperkirakan (pada batas yang cukup) dapat meningkatkan ketidaknyamanan, ketidakberfungsian, timbulnya penyakit bahkan kematian. Bukti yang nyata pada kesehatan menunjukkan terjadinya penyakit pernafasan, alergi, iritasi membran mukus, kanker paru, dapat disebabkan oleh pencemar di dalam ruang (Pudjiastuti, 1998).

Berjangkitnya penyakit yang berhubungan dengan bangunan, timbul di berbagai tempat termasuk perkantoran, pabrik-pabrik, fasilitas-fasilitas perawatan kesehatan dan tempat-tempat tinggal. Keluhan-keluhan yang ada sering tidak spesifik dan hasil-hasil penelitiannya pun banyak yang tidak bisa disimpulkan. Bagaimanapun juga, terdapat keadaan-keadaan dimana gejala tertentu merujuk pada suatu diagnosa yang mempunyai implikasi mendalam bagi individu yang terjangkit dan bagi mereka yang berada dalam lingkungan yang terjangkit. Kategori gejala-gejala yang paling penting adalah gejala-gejala yang

menggambarkan reaksi sistem pernafasan terhadap keadaan terbuka. Sistem pernafasan adalah rute masuk yang penting dan juga organ utama bagi aspek penghirupan udara didalam ruangan. Identifikasi gejala-gejala pernafasan yang berhubungan dengan bangunan (*building-related respiratory*) harus menggunakan investigasi/ penelitian yang hati-hati, dengan memperhatikan sebab yang relevan (Pudjiastuti, 1998).

2.2. Kualitas Udara Dalam Ruang

Menurut Idham dalam Oktora (2008), *Indoor air quality* adalah salah satu aspek keilmuan yang memfokuskan pada kualitas atau mutu udara dalam suatu ruang yang akan dimasukkan ke dalam ruang atau gedung yang ditempati oleh manusia.

Kualitas udara dalam ruang yang baik didefinisikan sebagai udara yang bebas pencemar penyebab iritasi, ketidaknyamanan atau terganggunya kesehatan penghuni. Suhu udara ambien dan kelembaban relatif juga mempengaruhi kenyamanan dan kesehatan.

Menurut *Environmental Protection Agency* (1991), ada 4 elemen yang mempengaruhi *indoor air quality*, yaitu:

- 1) Sumber: merupakan asal dari kontaminan baik berasal dari dalam, luar, atau dari sistem/ operasional mesin yang berada dalam ruangan.
- 2) *Heating Ventilation and Air Conditioning System (HVAC)*
- 3) Media yaitu berupa udara
- 4) Pekerja yang berada dalam ruangan tersebut apakah mempunyai riwayat penyakit pernapasan atau alergi.

Kualitas udara didalam ruangan merupakan gambaran dari kondisi udara di dalam ruangan yang memadai untuk dihuni oleh manusia. Definisi dan standar mengenai kualitas udara dalam ruangan yang memadai yang umum digunakan adalah berdasarkan standar ASHRAE 62-2001 mengenai ventilasi untuk kualitas udara yang memadai (*ventilation for acceptable indoor air quality*). Pengertian kualitas udara dalam ruang yang memadai menurut standar tersebut adalah udara dimana tidak ada kontaminan pada konsentrasi yang membahayakan yang sudah

ditetapkan oleh para ahli dimana sebesar 80% atau lebih para penghuni suatu gedung merasakan ketidakpuasan dan ketidaknyamanan.

Hasil pemeriksaan *The National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH), menyebutkan ada 5 sumber pencemar di dalam ruangan (Aditama dalam Mukono, 2005) yaitu:

- 1) Pencemaran dari alat-alat di dalam gedung seperti asap rokok, pestisida, bahan-bahan pembersih ruangan.
- 2) Pencemaran di luar gedung meliputi masuknya gas buangan kendaraan bermotor, gas dari cerobong asap atau dapur yang terletak di dekat gedung, dimana kesemuanya dapat terjadi akibat penempatan lokasi lubang udara yang tidak tepat.
- 3) Pencemaran akibat bahan bangunan meliputi pencemaran formaldehid, lem, asbes, *fiberglass* dan bahan-bahan lain yang merupakan komponen pembentuk gedung tersebut.
- 4) Pencemaran akibat mikroba dapat berupa bakteri, jamur, protozoa dan produk mikroba lainnya yang dapat ditemukan di saluran udara dan alat pendingin beserta seluruh sistemnya.
- 5) Gangguan ventilasi udara berupa kurangnya udara segar yang masuk, serta buruknya distribusi udara dan kurangnya perawatan sistem ventilasi udara.

Pencemar yang terdapat di udara ada yang berasal dari benda mati seperti: debu, gas, asap, dan uap. Ada pula yang berasal dari mikroorganisme seperti: bakteri, virus, jamur, dan makhluk hidup seperti: tepung sari atau debu-debu yang berasal dari hewan atau tumbuhan. Pencemar yang berasal dari benda mati, yang dalam jumlah relatif sedikit berbahaya bagi kesehatan dan jiwa manusia, disebut racun (toksin). Sifat dan derajat racun dari pencemar tersebut tergantung dari sifat-sifat fisik dan kimianya, serta sifat-sifat lain seperti cara masuknya pencemar ke dalam tubuh dan kondisi manusianya.

Menurut Suma'mur (Pudjiastuti, 1998), dikatakan bahwa sifat-sifat fisik pencemar dibagi dalam 4 bagian sebagai berikut:

- 1) Gas, yaitu bentuk wujud yang tidak mempunyai bangun sendiri, melainkan mengisi ruang tertutup pada keadaan suhu dan tekanan normal. Tingkat wujudnya bisa diubah menjadi cair atau padat hanya dengan kombinasi

meninggikan tekanan dan menurunkan suhu. Sifat-sifat gas pada umumnya tidak terlihat, dalam konsentrasi rendah tidak berbau, tidak berwarna, dan berdifusi mengisi seluruh ruangan.

- 2) Uap, yaitu hasil penguapan gas dari zat-zat, yang dalam keadaan biasa berbentuk zat padat atau zat cair yang dapat dikembalikan kepada tingkat wujud semula, baik hanya dengan meninggikan tekanan, maupun hanya dengan menurunkan suhu saja. Sifat-sifat uap pada umumnya tak kelihatan dan berdifusi mengisi seluruh ruang.
- 3) Debu, yaitu partikel-partikel zat padat, yang berasal dari bahan-bahan organik maupun anorganik. Contoh: debu batu, debu kapas, debu asbes, dan lain-lain. Sifat-sifat debu ini tidak berflokulasi, kecuali oleh gaya tarikan elektris, tidak berdifusi dan turun oleh tarikan gaya tarik bumi. Debu yang dapat terhisap oleh manusia (*Respirable Particulate Matter* = RPM) berukuran sampai dengan $10\mu\text{m}$ sedangkan debu yang berukuran lebih besar $10\mu\text{m}$ tidak dapat terhisap oleh manusia (non RPM).
- 4) Asap, biasanya dianggap partikel-partikel zat karbon yang ukurannya kurang dari $0,5\mu\text{m}$, sebagai akibat dari pembakaran tak sempurna bahan-bahan mengandung karbon.

Keberadaan pencemar udara dalam ruang ada yang dapat dihindari atau dikendalikan keberadaannya dan ada pula yang keberadaannya tidak dapat dihindari atau dikendalikan. Tipe pencemar yang tidak dapat dihindarkan keberadaannya berasal dari hasil proses metabolisme seperti karbondioksida, bau, dan aktivitas pokok penghuni rumah. Tipe pencemar yang dapat dihindarkan keberadaannya berasal dari emisi senyawa organik dari bangunan dan isinya (Pudjiastuti, 1998).

2.2.1. Kualitas Fisik

2.2.1.1. Cuaca Kerja

Menurut (Suma'mur, 1988), cuaca kerja adalah kombinasi dari suhu udara, kelembaban udara, kecepatan gerakan, dan suhu radiasi. Kombinasi keempat faktor tersebut dihubungkan dengan produksi panas oleh tubuh disebut tekanan panas. Cuaca kerja yang diusahakan dapat mendorong produktivitas adalah antara

lain “*air conditioning*” di tempat kerja. Kesalahan-kesalahan sering disebut dengan membuat suhu terlalu rendah yang berakibat keluhan-keluhan dan kadang-kadang diikuti meningkatnya penyakit pernafasan. Sebaiknya diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- Suhu distel pada 25-26°C
- Penggunaan AC di tempat kerja perlu disertai pemikiran tentang keadaan pengatutan suhu dirumah.
- Bila perbedaan suhu di dalam dan luar lebih 5°C, perlu adanya suatu kamar adaptasi.

Untuk menilai hubungan cuaca kerja dan efek-efek terhadap perorangan atau kelompok tenaga kerja, perlu diperhatikan seluruh faktor yang meliputi faktor lingkungan, faktor manusiawi dan faktor pekerjaan.

Faktor Lingkungan	Faktor Manusia	Pekerjaan
Suhu	Usia	Kompleksnya tugas
Kelembaban	Jenis kelamin	Lamanya tugas
Angin	Kesegaran jasmani	Beban fisik
Radiasi panas	Ukuran tubuh	Beban mental
Sinar matahari	Kesehatan	
Debu	Aklimatisasi	
Aerosol	Gizi	
Gas	Motivasi	
Fume	Pendidikan	
Tekanan barometris	Kemampuan fisik	
Pakaian	Kemampuan mental	
	Kemampuan emosi	
	Sifat-sifat kebangsaan	

Nilai Ambang Batas untuk cuaca (iklim) kerja adalah 21-20°C suhu basah.

a. Suhu/ Temperatur

Suhu udara sangat berperan dalam kenyamanan bekerja karena tubuh manusia menghasilkan panas yang digunakan untuk metabolisme basal dan muskuler. Namun dari semua energi yang dihasilkan tubuh hanya 20% saja yang dipergunakan dan sisanya akan dibuang ke lingkungan. Menurut Standar Baku Mutu sesuai Kep. Men kesehatan No. 261, suhu yang dianggap nyaman untuk suasana bekerja adalah 18-26 °C (Mukono, 2005).

Suhu yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan:

- *Heat cramps*
Heat cramps dialami dalam lingkungan yang suhunya tinggi, sebagai akibat bertambahnya keringat yang menyebabkan hilangnya garam Natrium dalam tubuh, dan sebagai akibat minum banyak air, tapi tidak diberi garam untuk mengganti garam Natrium yang hilang. *Heat cramps* terasa sebagai kejang-kejang otot tubuh dan perut yang sangat sakit
- *Heat exhaustion*
 Terjadi karena banyaknya kehilangan cairan tubuh melalui keringat yang disertai dengan kehilangan elektrolit tubuh
- *Heat stroke*
 Keadaan ini terjadi akibat tidak berfungsinya *thermoregulator* dan pengeluaran keringat yang terganggu
- *Heat collapse*
 Terjadi karena pekerja yang melakukan aktivitas di lingkungan kerja yang panas kurang bergerak dan terlalu lama berada pada kondisi yang diam
- *Heat rashes*
 Terjadi pada pekerja yang bekerja di area yang panas, kelembaban yang tinggi sehingga proses pengeluaran keringat menjadi terganggu yang dapat menyebabkan kulit menjadi basah dan lembab
- *Heat fatigue*
 Keadaan ini terjadi akibat pajanan panas karena tidak adanya proses aklimatisasi atau penyesuaian diri yang baik antara pekerja dengan lingkungan kerja yang panas (Suma'mur, 1988).

b. Kelembaban Udara

Pada lingkungan yang ada dalam ruangan, sekitar 25% dari panas tubuh diemisikan oleh transpirasi. Sebagai temperatur udara ambient dan meningkatnya aktivitas metabolisme, transpirasi yang hilang meningkat diantara 50-80% dari total emisi tubuh. Kehilangan panas karena transpirasi ditandai dengan tingginya kelembaban relatif, jadi menghasilkan panas yang tidak nyaman. Dengan kata lain udara kering pada temperatur rendah sampai dengan normal membuat kehilangan transpirasi dan mengakibatkan dehidrasi (Pudjiastuti, 1998). Kelembaban udara yang relatif rendah yaitu kurang dari 20% dapat menyebabkan kekeringan selaput lendir membran, sedangkan kelembaban tinggi akan meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme. Standar Baku Mutu kelembaban udara menurut Kep. Men Kesehatan No. 261 adalah 40-60% (Mukono, 2005).

c. Kecepatan udara

Kecepatan aliran udara mempengaruhi gerakan udara dan pergantian udara dalam ruang. Besarnya berkisar antara 0,15-1,5 meter/detik, dapat dikatakan nyaman. Kecepatan udara kurang dari 0,1 meter/detik atau lebih rendah menjadikan ruangan tidak nyaman karena tidak ada pergerakan udara. Sebaliknya, bila kecepatan udara terlalu tinggi akan menyebabkan kebisingan di dalam ruangan (Arismunandar dan Saito, 2002).

d. Suhu Radiasi

Dalam hal pekerjaan-pekerjaan di lingkungan kerja yang panas, ACGIH telah menetapkan NAB untuk pola kerja yang diperbolehkan terhadap pemaparan panas sebagai berikut (nilai dalam Celsius):

Pengaturan kerja-istirahat	Beban Kerja		
	Ringan	Sedang	Berat
Pekerjaan terus menerus	30°	26.7°	25°
75% kerja - 25% istirahat, tiap jam	30.6°	28°	25.9°
50% kerja - 50% istirahat, tiap jam	31.4°	29.4°	27.9°

25% kerja - 75% istirahat, tiap jam	32.2°	31.1°	30°
-------------------------------------	-------	-------	-----

Sumber: Kusnoputranto (1995)

2.2.1.2. Kebisingan

Dalam Kusnoputranto (1995), ACGIH menetapkan NAB untuk kebisingan sebagai berikut:

Derajat Kebisingan (dBA)	Lama Pemaparan yang Diperbolehkan (Jam)
85	8
90	4
95	2
100	1
105	½
110	¼
115	⅛

2.2.1.3. Pencahayaan

Cahaya merupakan pancaran gelombang elektromagnetik yang melayang melewati udara. Illuminasi merupakan jumlah atau kuantitas cahaya yang jatuh ke suatu permukaan. Apabila suatu gedung tingkat iluminasinya tidak memenuhi syarat maka dapat menyebabkan kelelahan mata, sehingga dapat menimbulkan terjadinya kesalahan dalam melakukan pekerjaan serta kelelahan pada indera mata yang terus menerus dapat mengakibatkan gangguan kesehatan pada mata. NAB Surat Edaran Permenaker No. SE-01/MEN/1978 tentang besarnya iluminasi yaitu 300-900 lux.

2.2.1.4. Bau

Tujuan penyelidikan bau adalah untuk mengkaji kenyamanan yang berhubungan dengan bau. Bau sering menunjukkan indikator tentang buruknya kualitas udara di dalam ruangan (Pudjiastuti, 1998). Bau yang tidak sedap biasanya timbul akibat senyawa-senyawa organik dan sulfurik. Karakteristik bau dapat diterangkan dengan menggunakan deskriptor bau yang dapat diterima.

Konsentrasi bau umumnya dikenal sebagai *olfactory threshold* atau ambang bau. Intensitas bau merupakan ukuran stimulus yang dihasilkan dari ambang bau dari suatu konsentrasi *odorant* tertentu. Menurut hukum Weber dan Fechner, intensitas bau akan naik secara logaritmik dengan semakin tingginya konsentrasi *odorant* (Soedomo, 2001).

2.2.2. Kualitas Kimia

Pencemaran udara umumnya diartikan sebagai udara yang mengandung satu atau lebih bahan kimia dalam konsentrasi yang cukup tinggi untuk dapat menyebabkan gangguan atau bahaya terhadap manusia, binatang, tumbuh-tumbuhan, dan harta benda (Kusnoputranto, 1995).

Dalam jurnal yang dituliskan Boykin, James H; Ronald L (1996), disebutkan bahwa substansi kimia yang dapat mencemari suatu gedung yaitu *Volatile Organic Compounds* (VOCs), formaldehid, pestisida, nitrogen dioksida, nitrogen oksida, karbondioksida, karbon monoksida, sulfur dioksida, dan gas radon.

Beberapa jenis bahan pencemar antara lain:

a. Particulate Matter (PM₁₀)

Partikulat adalah padatan atau *liquid* di udara dalam bentuk asap, debu dan uap, yang dapat tinggal di atmosfer dalam waktu yang lama. Di samping mengganggu estetika, partikel berukuran kecil di udara dapat terhisap ke dalam sistem pernapasan dan menyebabkan gangguan pernapasan dan kerusakan paru-paru. Partikulat juga merupakan utama *haze* (kabut asap) yang menurunkan visibilitas. Partikel yang terhisap ke dalam sistem pernapasan akan disisihkan tergantung dari diameternya. Partikel berukuran besar akan tertahan pada saluran pernapasan atas, sedangkan partikel kecil akan masuk ke paru-paru (*inhalable*) dan bertahan didalam tubuh dalam waktu yang lama. Partikel *inhalable* adalah partikel dengan diameter dibawah 10 μ m (PM₁₀). PM₁₀ diketahui dapat meningkatkan angka kematian yang disebabkan oleh penyakit jantung dan pernapasan, pada konsentrasi 140 μ g/m³ dapat menurunkan fungsi paru-paru pada anak-anak, sementara pada konsentrasi 350 μ g/m³ dapat memperparah kondisi

penderita bronchitis. Toksisitas dari partikel *inhalable* tergantung dari komposisinya (Bappenas, 2007).

b. Volatile Organic Compound (VOC)

Kehadiran pencemar organik mungkin merupakan konstituen terbesar dari aerosol yang ada di dalam ruang. Dikarenakan jumlah spesies bahan kimia hadir di udara dalam ruang, dan kesulitan di dalam identifikasi dan kuantifikasi dari kimia organik yang tercampur, maka kontaminasi senyawa organik (VOC) di dalam ruang belum dapat diketahui dengan baik sampai saat ini. Menurut Bortoli (Pudjiastuti, 1998) dari senyawa-senyawa yang telah distudi, senyawa paling banyak teridentifikasi meliputi toluene, xylene dan apinene.

Beberapa senyawa organik *volatile* yang ditemukan di dalam ruangan telah menunjukkan adanya hubungan dengan sejumlah gejala penyakit. Beberapa gejala penyakit yang ada di dalam ruang yang banyak dijumpai yaitu sakit kepala, iritasi mata dan selaput lendir, iritasi sistem pernafasan, *drowsiness* (mulut kering), *fatigue* (kelelahan), malaise umum.

c. Formaldehid

Formaldehid merupakan salah satu pencemar udara dalam ruang dan dapat menyebabkan terganggunya kesehatan manusia yang berada di dalam ruang tersebut. Formaldehid banyak didapati pada perlengkapan dalam gedung. Selain itu, formaldehid merupakan molekul yang reaktif dan kovalen dengan protein serta formaldehid dapat menimbulkan alergi dengan kontak dermatitis. Kebanyakan akibat formaldehid yang dilaporkan adalah adanya iritasi pada sistem pernafasan, iritasi pada mata dan tenggorokan serta sakit kepala. Sifat-sifat iritan formaldehid sebagian besar merupakan penyebab sejumlah keluhan yang berhubungan dengan iritasi pada mata, saluran pernafasan atas, dan kulit. Menurut Molhave dalam suatu penyelidikan dan studi epidemiologi, iritasi membran mucus paling banyak dijumpai (Molhave, 1984). Ini termasuk iritasi mata, hidung dan sinus, tenggorokan, hidung yang berair, dan batuk. Gejala penyakit paru-paru termasuk sesak nafas, nyeri paru-paru, dan mendengkur juga sering dicatat (Pudjiastuti, 1998).

d. Nitrogen Oksida

Kedua bentuk nitrogen oksida, yaitu NO dan NO₂ sangat berbahaya terhadap manusia. Penelitian aktivitas mortalitas kedua komponen tersebut menunjukkan bahwa NO₂ empat kali lebih beracun daripada NO. selama ini belum pernah dilaporkan terjadinya keracunan NO yang mengakibatkan kematian. Pada konsentrasi yang normal ditemukan di atmosfer, NO tidak mengakibatkan iritasi dan tidak berbahaya, tetapi pada konsentrasi udara ambient yang normal NO dapat mengalami oksidasi menjadi NO₂ yang lebih beracun (Fardiaz, 1992).

e. Nitrogen Dioksida

NO₂ adalah kontributor utama *smog* dan deposisi asam. NO₂ bereaksi dengan senyawa organik *volatile* membentuk ozon dan oksidan lainnya seperti peroksiasetilnitrat (PAN) di dalam *smog* fotokimia dan dengan air hujan menghasilkan asam nitrat dan menyebabkan hujan asam. *Smog* fotokimia berbahaya bagi kesehatan manusia karena menyebabkan kesulitan bernafas pada penderita asma, batuk-batuk pada anak-anak dan orang tua, dan berbagai gangguan sistem pernapasan, serta menurunkan visibilitas. Deposisi asam basah (hujan asam) dan kering (bila gas NO_x membentuk partikel aerosol nitrat dan terdeposisi ke permukaan bumi) dapat membahayakan tanam-tanaman, pertanian, ekosistem perairan dan hutan. Hujan asam dapat mengalir memasuki danau dan sungai lalu melepaskan logam berat dari tanah serta mengubah komposisi kimia air. Hal ini pada akhirnya dapat menurunkan dan bahkan memusnahkan kehidupan air. NO₂ diproduksi terutama dari proses pembakaran bahan bakar fosil, seperti bensin, batu bara, dan gas alam (Bappenas, 2007). Sekitar 10% pencemar udara setiap tahun adalah nitrogen oksida. NO₂ merupakan gas beracun berwarna coklat-merah, berbau seperti asam nitrat. Nitrogen oksida yang terdapat dalam udara ambient dapat masuk ke dalam ruang yang akan mempengaruhi kualitas udara dalam ruang (Pudjiastuti, 1998).

f. Karbon Monoksida (CO)

Gas CO adalah gas yang dihasilkan dari proses oksidasi bahan bakar yang tidak sempurna. Gas ini bersifat tidak berwarna, tidak berbau, tidak menyebabkan

iritasi. Gas CO memasuki tubuh melalui pernafasan dan diabsorpsi di dalam peredaran darah. Gas CO akan berikatan dengan haemoglobin (yang berfungsi untuk mengangkut oksigen ke seluruh tubuh) menjadi *carboxyhaemoglobin*. Gas CO mempunyai kemampuan berikatan dengan haemoglobin sebesar 240 kali lipat kemampuannya berikatan dengan O₂. Secara langsung kompetisi ini akan menyebabkan pasokan O₂ ke seluruh tubuh menurun tajam, sehingga melemahkan kontraksi jantung dan menurunkan volume darah yang didistribusikan. Konsentrasi rendah (<400 ppmv ambient) dapat menyebabkan pusing-pusing dan keletihan, sedangkan konsentrasi tinggi (>200 ppmv) dapat menyebabkan kematian. Gas CO diproduksi dari pembakaran bahan bakar fosil yang tidak sempurna, seperti bensin, minyak dan kayu bakar. Selain itu juga diproduksi dari pembakaran produk-produk alam dan sintesis, termasuk rokok. Konsentrasi CO dapat meningkat di sepanjang jalan raya yang padat lalu lintas dan menyebabkan pencemaran lokal. CO sebagai parameter kritis di lokasi pemantauan di kota-kota besar dengan kepadatan lalu lintas yang tinggi. CO dapat menyebabkan masalah pencemaran udara dalam ruang (*indoor air pollution*) pada ruang-ruang tertutup seperti garasi, tempat parkir bawah tanah, terowongan dengan ventilasi yang buruk, bahkan mobil yang berada di tengah lalu lintas (Bappenas, 2007).

g. Sulfur Dioksida

SO₂ adalah gas yang tidak berbau bila berada pada konsentrasi rendah tetapi akan memberikan bau yang tajam pada konsentrasi pekat. SO₂ berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, seperti minyak bumi dan batu bara. Pembakaran batu bara pada pembangkit listrik adalah sumber utama pencemaran SO₂. Selain itu berbagai proses industri seperti pembuatan kertas dan peleburan logam-logam dapat mengemisikan SO₂ dalam konsentrasi yang relatif tinggi. SO₂ adalah kontributor utama hujan asam. Di dalam awan dan air hujan SO₂ mengalami konversi menjadi asam sulfur dan aerosol sulfat di atmosfer. Bila aerosol asam tersebut memasuki sistem pernafasan dapat terjadi berbagai penyakit pernafasan seperti gangguan pernafasan kerusakan permanen pada paru-paru (Bappenas, 2007).

h. Radon

Radon merupakan gas yang tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa dan secara kimiawi tidak reaktif, terbentuk dari radium uranium yang ada di dalam batu tanah dan air. Penggunaan bahan-bahan tambang seperti asbes dan sisa-sisa hasil pengolahan bahan tambang sebagai bahan bangunan untuk perumahan maupun gedung dapat memperbesar kadar radon (Anies, 2004). Radon adalah gas radioaktif yang terjadi secara alamiah yang dapat menyebabkan kanker paru-paru (Pudjiastuti, 1998).

i. Asbestos

Asbes adalah campuran berbagai silikat dengan komponen utama magnesium silikat. Penyakit yang disebabkan oleh pengaruh debu asbes disebut asbestosis. Penyakit ini dapat terjadi di dalam ruangan yang menggunakan asbes sebagai bagian dari bangunannya.

Bahaya asbes terhadap kesehatan telah diketahui dengan jelas, terutama pemajanan yang berhubungan dengan pekerjaan. Menurut Godish, empat jenis penyakit yang secara jelas diketahui sehubungan dengan pemajanan asbes yaitu kanker paru-paru, mesothelioma, asbestosis, dan pleural. Penyakit-penyakit itu termasuk yang tidak menular. Mesothelioma adalah kanker selaput dada atau pengikisan lambung. Asbestosis merupakan penyakit profresif yang menyerang paru-paru dan berakibat tidak berfungsinya organ paru-paru serta dapat menyebabkan kematian (Pudjiastuti, 1998).

2.2.3. Kualitas Mikrobiologi

Mikroorganisme dapat menyebabkan alergi pernafasan, seperti infeksi pernafasan dan asma. Mikroorganisme yang tersebar bersama-sama dengan aerosol yang ada di udara dikenal dengan istilah bioaerosol. Dampak kesehatan dari bioaerosol, pada dasarnya berbeda-beda tergantung dari bahan-bahan kimia didalamnya. Kebanyakan dari bioaerosol adalah non patogen dan hanya dirasakan oleh orang-orang yang sensitif. Setiap mikroorganisme *pathogen*, selalu dapat menulari hanya pada keadaan panas tertentu. Selain itu, tingkatan penyakit yang

dihasilkan baik oleh *saprophyt* atau pathogen itu berbeda, tergantung dari masing-masing tipe partikel dan kebanyakan tidak diketahui.

Sumber-sumber mikroorganisme yang menyebabkan kualitas udara di dalam ruangan tercemar mikroorganisme:

- Pemeriksaan berkala dari pembersihan sederhana pada komponen pemanas, ventilasi, AC (HVAC) ke *replacement* total pada keseluruhan sistem pemanas ruangan.
- Sistem pemanas udara yang terkontaminasi
- Kelembaban yang terkontaminasi

2.2.4. Asap Rokok

Sebagai pencemar dalam ruang asap rokok merupakan bahan pencemar yang biasanya mempunyai kuantitas paling banyak dibandingkan dengan bahan pencemar lain. Hal ini disebabkan oleh besarnya aktivitas merokok di dalam ruangan yang sering dilakukan oleh mereka yang mempunyai kebiasaan merokok. Asap rokok yang dikeluarkan oleh seorang perokok pada umumnya terdiri dari bahan pencemar berupa karbon monoksida dan partikulat. Bagi perokok pasif (mereka yang tidak merokok tetapi merasakan akibat asap rokok) hal ini juga merupakan bahaya yang selalu mengancam. Dalam jumlah tertentu asap rokok ini sangat mengganggu bagi kesehatan, seperti: mata pedih, timbul gejala batuk, pernafasan terganggu, dan sebagainya. Untuk mengenal lebih jauh tentang asap rokok di lingkungan (ETS= *Environmental Tobacco Smokes*), dikenal istilah yang digunakan antara lain:

1. Aliran Samping (*side stream*) yaitu asap yang tidak berasal dari asap buangan sigaret yang keluar dari mulut perokok tetapi dari ujung rokok yang terbakar, melalui kertas dan lain-lain. Definisi ini terbatas pada sistem asap rokok tertutup dan dipakai untuk keperluan analisa.
2. Aliran utama (*main stream*) yaitu asap rokok yang berasal dari hasil buangan mulut selama fase pembakaran rokok (Pudjiastuti, 1998).

2.3. Pengertian SBS

Menurut Finnegan dan Pickering dalam jurnal yang dibuat oleh Wawolumaya (1996), dilaporkan bahwa SBS merupakan kumpulan dari berbagai penyakit seperti penyakit alergi, infeksi bakteri, virus, dan jamur. Gejala-gejala penyakit yang muncul antara lain sakit kepala, letih lesu, gangguan nasal, dan membran mukosa. Juga dihubungkan dengan berbagai faktor seperti efek biologis dari ion-ion dalam udara; peningkatan ion negatif udara memanjangkan waktu reaksi sedangkan meningkatnya ion positif di udara dapat dihubungkan dengan efek deleterious, gangguan saluran pernafasan atas, gangguan mata/penglihatan, pening, kesukaran bernafas dan sakit kepala, juga gejala penyakit bersifat seperti asmatis, alergi alveolitis. Dikatakan SBS apabila lebih dari 20% penghuni gedung mengalami gejala gangguan pernafasan, iritasi mata, sakit kepala dan *fatigue* (University of North Carolina at Chapel Hill, 2002).

Banyak peneliti setuju bahwa *sick building syndrome* menggambarkan kumpulan dari gejala yang asal usulnya tidak diketahui dengan jelas, ditambah lagi dengan adanya pengaruh khususnya dari lingkungan gedung. Dari informasi yang telah dikumpulkan, para peneliti (Levin 1989 dan Raw 1994) telah berusaha mengklarifikasi penggunaan beberapa istilah yang berbeda atau bermakna ambigu, contohnya "*building sickness*", "*building-related occupant complaint syndrome*", "*nonspecific building-related illness*", "*office eye syndrome*", "*sick office syndrome*", and "*tight building syndrome*" (Spengler, 2001).

Berbagai keluhan dan gejala yang timbul pada saat seseorang berada didalam gedung dan kondisi membaik setelah tidak berada didalam gedung, besar kemungkinan karena menderita "*sick building syndrome*" (SBS) atau "sindrom gedung sakit". Kasus-kasus SBS memang tidak menunjukkan gejala-gejala yang khas dan secara objektif tidak dapat diukur. Keluhan dan tanda berupa sakit kepala, lesu, iritasi mata maupun kulit serta berbagai problem pernapasan, seringkali sulit diperoleh penyebab yang nyata dan kadang-kadang dihubungkan dengan SBS apabila terdapat riwayat tinggal di gedung dengan kualitas ruangan yang buruk (Anies, 2004)

Wawolumaya (1996) dalam Majalah Kesehatan Masyarakat Indonesia menyebutkan bahwa sebuah hasil penelitian di Australia melaporkan bahwa SBS

dapat dihubungkan dengan terjadinya akumulasi bakteri, virus dan mikroorganisme lainnya dalam saluran AC, *cooling towers* atau menara pendingin sistem saluran air dan lain-lain yang termasuk dalam sistem pendingin gedung. Gejala yang terjadi berjenis-jenis mulai dari *common cold* sampai penyakit *legionnaires* yang disebabkan oleh kuman *legionella*. Hal yang sama dilaporkan oleh penelitian-penelitian di Inggris dari *Sherwood Burge of the Occupational Lung Disease Unit East Birmingham Hospital England* tahun 1988 pada 4000 karyawan kantor. Dilaporkan bahwa SBS dapat dihubungkan dengan sistem alat pendingin atau alat penyejuk ruangan yang kurang bersih.

Menurut EPA (1991), *sick building syndrome* didefinisikan sebagai situasi dimana penghuni gedung (bangunan) mengeluhkan permasalahan kesehatan dan kenyamanan yang akut, yang penyebabnya tidak dapat diidentifikasi. Manusia menghabiskan 90% waktunya dalam lingkungan konstruksi, baik itu didalam bangunan kantor ataupun rumah yang mungkin sekali kualitas udara dalam ruangnya tercemar oleh *chemical* yang berasal dari dalam maupun luar ruangan, tercemar oleh mikroba ataupun disebabkan karena ventilasi udara yang kurang baik. Contoh polutan yang bisa mencemari ruangan misalnya asap rokok; ozone yang berasal dari mesin fotocopi dan printer; *volatile organic compounds* yang berasal dari karpet, *furniture*, cat, *cleaning agents*, debu, karbon monoksida, formaldehid, dll (Kurniadi, 2009).

ASHRAE menyebutkan bahwa standar ventilasi yang baik adalah tersedianya minimal 15 ft³/m (cfm) udara dari luar gedung untuk satu orang, dengan 20 cfm/orang pada ruang kerja dan sampai dengan 60 cfm pada ruangan lain, tergantung dari aktivitas yang biasanya terjadi di tempat tersebut (Alan, 2007).

2.4. Gejala-gejala SBS

Menurut WHO (1983) yang dikutip oleh Anies (2004) dikatakan bahwa:

- Banyak kasus SBS menunjukkan gejala yang tidak jelas secara klinis, sehingga tidak dapat diukur. Sebagian besar penderita adalah para pekerja rutin di gedung-gedung. Meskipun keluhan dan tanda yang dikemukakan oleh para penderita bersifat kronis dan mencapai 80% dari para pekerja

dilaporkan menderita SBS, tetapi seringkali tidak ditemukan polusi yang jelas. Para penghuni gedung yang tidak sehat ini umumnya mengalami gejala-gejala SBS yang bervariasi. Gejala-gejala tersebut meliputi sakit kepala, pening, mual, iritasi, pada mata, hidung maupun tenggorokan yang disertai dengan batuk kering. Gejala khas pada kulit, berupa kulit kering dan gatal-gatal. Keluhan SBS yang sering dikemukakan antara lain kelelahan, peka terhadap bau yang tidak sedap serta sulit untuk berkonsentrasi (Burge *et al.*, 1987)

- Gejala dan keluhan diatas berkaitan dengan penyakit-penyakit spesifik dan non spesifik. Penyakit-penyakit spesifik tersebut antara lain infeksi standar dalam ruangan seperti *tuberculosis* atau *legionellosis*, alergi terhadap bahan-bahan penyebab alergi dalam ruangan seperti tungau, produk tumbuh-tumbuhan serta jamur. Iritasi biasanya disebabkan oleh bahan-bahan kimia mudah menguap yang dilepaskan dari lingkungan. Karbon monoksida yang berkaitan dengan asap rokok serta gas-gas buang lain mempunyai andil cukup besar dalam menimbulkan gejala dan keluhan pada SBS (Menzies and Bourbeau, 1997).
- Penyakit-penyakit non spesifik meskipun dapat bermanifestasi gejala serta keluhan seperti telah disebutkan, tetapi berhubungan dengan berbagai faktor seperti usia yang lebih muda, jenis kelamin wanita, asap rokok serta jenis pekerjaan (pekerjaan fotokopi), tingkat keramaian kantor, penggunaan karpet di dalam ruangan serta banyak atau sedikitnya ventilasi ruangan, ikut berperan dalam menimbulkan gejala dan keluhan SBS (Hedge, 1989; Mendell, 1993).
- Gejala-gejala SBS sering dihubungkan dengan tingkat stres emosional seseorang (Morris and Hawkins, 1987). Faktor-faktor pekerjaan seperti jenjang jabatan dalam pekerjaan, lama menggunakan komputer, tekanan pekerjaan maupun kepuasan kerja, mempunyai andil dalam menimbulkan SBS. Dalam studi terhadap hampir 4.500 pekerja kantor dalam gedung yang ruangnya menggunakan AC, kualitas udara ruangan yang diterima, pemakaian komputer, kepuasan kerja, tekanan pekerjaan serta jenis kelamin, menunjukkan secara signifikan pengaruhnya terhadap jumlah

gejala SBS yang dikeluhkan oleh para pekerja (Hedge *et al.*, 1992; Hedge *et al.*, 1995; Hedge *et al.*, 1996).

2.5. Faktor-faktor yang menimbulkan SBS

Anies (2004) mengatakan bahwa kualitas udara, ventilasi, pencahayaan serta penggunaan berbagai bahan kimia di dalam gedung, merupakan penyebab yang sangat potensial bagi timbulnya SBS (Burge, 1987). Kondisi semakin buruk jika gedung yang bersangkutan menggunakan *air-conditioned* (AC) yang tidak terawat dengan baik (Apter *et al.*, 1994; Mendell, 1993). Namun, disamping karena penyebab yang bersumber pada lingkungan, ternyata keluhan-keluhan pada SBS juga dipengaruhi oleh faktor-faktor diluar lingkungan, seperti problem pribadi, pekerjaan dan psikologis yang dianggap mempengaruhi kepekaan seseorang terhadap SBS (Hedge, 1995).

Untuk mengerti penyebab dari sakit karena gedung telah dilakukan dengan melakukan penyelidikan terhadap banyak parameter. Penyelidikan ini cenderung difokuskan pada kinerja ventilasi, kontaminan, dan berbagai variasi parameter lainnya. Tipikal parameter yang telah diselidiki dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.1
Parameter yang Diselidiki pada SBS

Parameter	Keterangan
Sistem Ventilasi	<ul style="list-style-type: none"> • Kecepatan ventilasi (terlalu cepat, terlalu lambat) • Buruknya distribusi udara • Sistem ventilasi yang tidak beroperasi • Pengatur suhu udara (<i>air conditioner</i>) • Buruknya penyaringan • Buruknya perawatan
Kontaminan Gedung	<ul style="list-style-type: none"> • Asbestos • Karbondioksida • Karbonmonoksida • Debu

	<ul style="list-style-type: none"> • Formaldehid • Spora jamur • Kelembaban (terlalu tinggi, terlalu rendah) • Ions • Bau • Polutan dari luar • Ozon • <i>Pollen</i> • Radon • Asap • Senyawa organik (<i>volatile</i>)
Penghuni	<ul style="list-style-type: none"> • Usia • Gender • Status kesehatan • Pekerjaan
Lain-lain	<ul style="list-style-type: none"> • Bentuk gedung • Radiasi elektromagnetik • Tidak ada kontrol lingkungan • Pencahayaan • Kebisingan • Faktor psikologi • Stres • Terminal display

Sumber: Liddament (1990) dikutip dari Pudjiastuti (1998)

Dalam buku Kualitas Udara dalam Ruang (1998) dituliskan bahwa tidak satupun penyebab telah dapat diidentifikasi secara sempurna dan banyak dari kejadian lainnya mengenai penyebab sakit karena gedung tidak dapat disimpulkan. Kumpulan makalah yang dituliskan oleh Sundell (1994) termasuk membahas kajian ekstensif dari topik ini dan hasil-hasil dari beberapa studi. Diantara studinya Sundell menyimpulkan beberapa kejadian menunjukkan bahwa

lambatnya aliran udara pada ventilasi di dalam kantor, dikombinasikan dengan kehadiran berbagai polutan dapat meningkatkan masalah-masalah yang berhubungan sakit gedung, walaupun gejala yang ditemukan untuk kejadian pada seluruh jenis ventilasi. Penggunaan sistem ventilasi secara berkala (*intermittent*) juga meningkatkan resiko. Oleh karena itu perlu dicatat bahwa berbagai hubungan dengan SBS adalah berkaitan dengan penggunaan ventilasi untuk mengalirkan udara, baik dalam kondisi aliran besar atau kecil.

Mendell meninjau dari 32 penelitian yang dilakukan antara tahun 1984 dan 1992 mempertimbangkan bahwa ada 37 faktor potensial yang berhubungan dengan gejala-gejala pada pekerja kantor. Mendell menyiapkan sebuah ringkasan laporan hubungan antara prevalensi gejala dengan pengukuran lingkungan, faktor gedung, faktor tempat kerja dan faktor pekerjaan atau faktor pribadi. (Spengler, 2001).

2.6. Cara Penanggulangan SBS

Untuk mengurangi dampak keluhan kesehatan akibat berada dalam ruangan ber-AC yang tertutup, maka disarankan agar membuka jendela ruangan selama 1 jam dalam satu hari kerja, serta menjaga kondisi tubuh dengan minum air hangat saat tubuh mulai terasa dingin atau menggunakan jaket saat bekerja (Asrul, 2009).

Menurut Seppanen *et al.* dalam Spengler (2001), dikatakan bahwa prevalensi SBS dapat menurun dengan meningkatkan kecepatan ventilasi yaitu 20L/detik per orang.

Pada tahun 2003 dilakukan studi penelitian pada pekerja *call center*, dikatakan bahwa pekerja yang duduk dekat dengan jendela akan lebih cepat kerjanya sekitar 6-12%, dan memiliki masalah kesehatan yang lebih sedikit dibandingkan dengan teman kerjanya (Aston, 2007).

Menurut Mohun J, penanggulangan SBS dapat dilakukan dengan membuat taman hijau di sekitar bangunan yang dapat mengurangi stres dari karyawan dan Mckee menyarankan untuk gedung yang sehat adalah jendela yang cukup dapat memasukkan udara segar dan cahaya alamiah; plafon yang tinggi untuk kenyamanan udara sejuk; bila menggunakan penerangan buatan supaya

distribusinya merata, ventilasi sederhana dan penggunaan komputer yang ergonomik (Wawolumaya, 1996).

Menurut Kusnopranto (Wahyuni, 2004), dalam hubungannya dengan kejadian *sick building syndrome*, ada beberapa faktor yang dapat diperhatikan dalam upaya pencegahannya:

a. Pemilihan lokasi gedung

Polusi udara dapat berasal dari sumber yang dekat atau yang jauh dari lokasi gedung. Oleh karena itu, sebelum mendirikan bangunan harus diperhatikan hal-hal:

- Data tentang tingkat polusi di daerah tersebut
- Analisis sumber polusi di sekitar lokasi
- Tingkat polusi air dan tanah, meliputi gas radon dan komponen radioaktif lainnya
- Informasi tentang cuaca dan iklim yang dominan di lokasi

b. Desain arsitektur

Dalam merancang sebuah gedung harus diperhitungkan faktor kelembaban dalam ruang, perubahan temperatur, pergerakan udara, radiasi, serangan bahaya kimia dan agen biologi atau bencana alam. Hal tersebut dapat dilakukan dengan memperhatikan:

- Bagian gedung yang terbuka harus terletak jauh dari sumber polusi dan tidak terletak pada posisi berlawanan dengan arah angin
- Perlu diperhatikan tentang pembuangan air
- Tempat parkir kendaraan harus dibangun jauh dan tidak terletak pada sumber *intake* udara gedung

c. Pengaturan jendela

Dalam membangun sebuah gedung, pengaturan jendela termasuk dalam perencanaan proyek arsitektural. Keuntungannya adalah untuk menyediakan ventilasi tambahan untuk daerah-daerah yang membutuhkan. Selain itu, keuntungan kedua adalah bersifat psikososial yaitu memberikan pemandangan keluar ruangan untuk para karyawan.

d. Perlindungan kelembaban

Hal ini merupakan cara penting untuk melakukan pengendalian terhadap kejadian SBS, terdiri dari usaha penurunan kelembaban pada pondasi bangunan dimana mikroorganisme terutama jamur dapat menyebar dan berkembang. Isolasi dan pengendalian area yang paling rawan kelembaban perlu dipertimbangkan karena kelembaban dapat merusak bahan-bahan perlengkapan gedung dan biasanya bahan yang rusak tersebut menjadi sumber kontaminan mikrobiologis.

e. Perencanaan jarak dalam ruangan

Untuk menghindari efek SBS perlu diketahui berbagai aktivitas yang dapat menjadi sumber kontaminasi. Contoh aktifitas yang dapat menjadi sumber kontaminasi yaitu bagian penyiapan makanan (dapur), percetakan, penggunaan mesin fotokopi dan merokok. Pengetahuan ini dapat digunakan untuk membatasi dan mengendalikan sumber-sumber potensial polusi.

f. Pemilihan bahan

Karakteristik bahan yang digunakan untuk konstruksi, dekorasi dan perabotan, aktivitas kerja sehari-hari serta cara gedung dibersihkan harus diperhatikan dalam rangka mencegah timbulnya masalah polusi udara dalam gedung. Beberapa produsen bahan perlengkapan kantor tidak mempelajari produk mereka dan telah melakukan pelabelan "*environmentally safe*", "*nontoxic*", dan sebagainya. Hal ini tentu akan memudahkan pengelola gedung dalam pemilihan bahan yang kadar polutannya rendah untuk digunakan sebagai bahan perlengkapan gedungnya.

g. Sistem ventilasi dan pengendalian suhu dalam ruangan

Dalam ruangan yang luasnya terbatas, ventilasi adalah salah satu metode untuk pengendalian kualitas udara. Ventilasi adalah metode pengendalian yang biasanya digunakan untuk melarutkan, mengencerkan dan menghilangkan kontaminan dari dalam ruangan yang terkena polusi. Beberapa hal yang harus diperhatikan untuk mendesain sistem ventilasi:

- Kualitas udara luar yang akan digunakan

- Adanya polutan tertentu yang harus diperhatikan tentang kemampuan penyebarannya
- Sumber-sumber yang mungkin mengkontaminasi
- Distribusi udara di dalam ruangan

Didalam jurnal yang berjudul *sick building syndrome solution* Arnold (2001) mengatakan bahwa solusi untuk mengatasi SBS yaitu memindahkan sumber polutan atau memodifikasinya, meningkatkan kecepatan ventilasi dan distribusi udara, pembersihan udara, edukasi dan komunikasi merupakan elemen yang penting dalam program manajemen *indoor air quality*.



BAB III

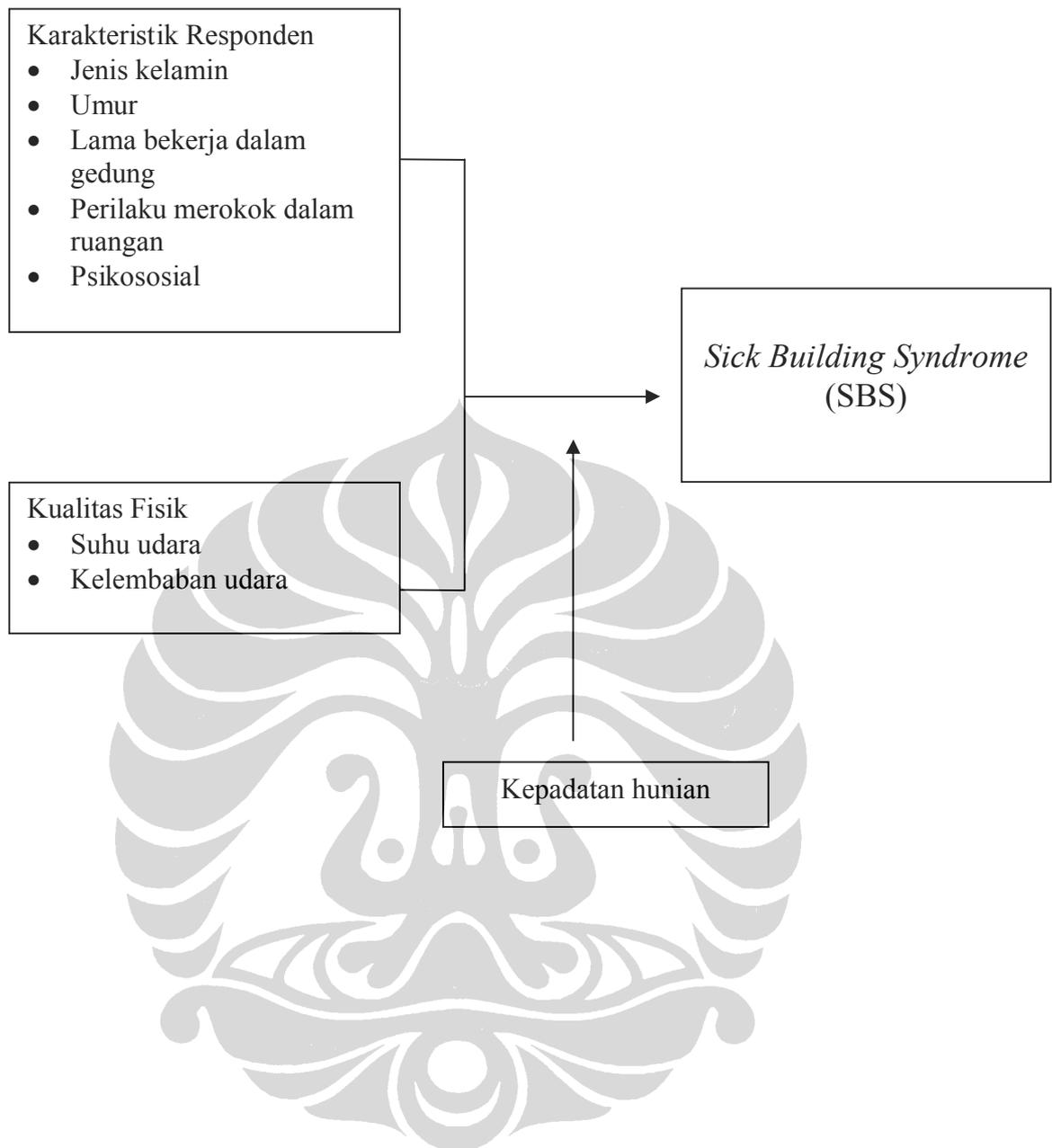
KERANGKA KONSEP DAN DEFINISI OPERASIONAL

3.1. Kerangka Konsep

Prestasi kerja seorang karyawan sangat dipengaruhi oleh lingkungan kerjanya. Ruangan kerja yang baik tidak hanya nyaman tetapi juga harus menyehatkan. Pada kenyataannya kualitas udara dalam suatu ruangan dari gedung-gedung rata-rata sudah tidak memenuhi persyaratan. Kualitas udara yang tidak memenuhi persyaratan dapat mempengaruhi kenyamanan lingkungan kerja dan membawa dampak negatif terhadap karyawan berupa keluhan kesehatan. Keluhan tersebut biasanya tidak terlalu parah dan tidak diketahui penyebabnya, tetapi dapat mengganggu kenyamanan sehingga mengurangi produktivitas karyawan dalam bekerja.

Sick Building Syndrome menggambarkan keluhan-keluhan non-spesifik dari penghuni gedung. Keluhan itu mencakup iritasi selaput lendir (mata pedih, merah dan berair), iritasi hidung, bersin gatal, gangguan neurotoksik (sakit kepala, lemah/ capai, mudah tersinggung, sulit berkonsentrasi), gangguan pernapasan (batuk, sesak napas, rasa berat di dada, napas berbunyi/ mengi), gangguan kulit (kulit kering, kulit gatal), gangguan saluran cerna (diare), serta keluhan terhadap suhu dan kelembaban udara ruangan. Keluhan-keluhan tersebut hilang apabila penderita keluar dari gedung atau bila yang bersangkutan tidak berada di dalam gedung tersebut.

Selain faktor fisik dari lingkungan, karakteristik seperti jenis kelamin, umur, lama bekerja dalam gedung, perilaku merokok dalam ruangan dan psikososial juga dapat menyebabkan terjadinya SBS. Secara rinci dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.1
Kerangka Konsep Penelitian

No	Variabel	Definisi Operasional	Hasil Ukur	Skala Ukur	Cara Ukur	Alat Ukur
	<u>Variabel Dependen</u>					
1	Sick Building Syndrome (SBS)	Dikatakan SBS apabila setidaknya terdapat tiga gejala dari pengelompokan gangguan kesehatan, minimal 1 gejala pada masing-masing gangguan (gangguan kulit, mata, pernafasan, neurotoksik, pencernaan). (Aditama, 2002)	1 = Kasus SBS 2 = Bukan Kasus SBS	Ordinal	Wawancara	Kuesioner
	<u>Variabel Independen</u>					
2	Jenis Kelamin	Sifat jasmani yang membedakan responden	1 = Laki-laki 2 = Perempuan	Nominal	Wawancara	Kuesioner
3	Umur	Jumlah tahun sejak responden lahir hingga penelitian berlangsung	1 = 21-30 tahun 2 = 31-40 tahun 3 = 41-50 tahun 4 = \geq 51 tahun	Ordinal	Wawancara	Kuesioner
4	Lama Bekerja dalam Gedung	Masa kerja responden didalam Bangunan sekarang sampai waktu	1 = \leq 5 tahun 2 = $>$ 5 tahun	Ordinal	Wawancara	Kuesioner

		penelitian (dalam tahun)				
5	Perilaku Merokok dalam Ruang	Kebiasaan merokok responden dalam ruangan	1 = Ya 2 = Tidak	Ordinal	Wawancara	Kuesioner
6	Suhu Udara	Derajat panas atau dingin di dalam ruangan	21,5 - 25,5°C	Rasio	Pengukuran	Hygrometer
7	Kelembaban Udara	Kandungan uap air di udara dalam ruangan kerja	42,5 - 55%	Rasio	Pengukuran	Hygrometer
8	Kepadatan Hunian	Jumlah karyawan yang ada di ruangan tempat kerja dibagi luas ruangan	Orang (karyawan)/ m ²	Rasio	Observasi	Data perusahaan
9	Psikososial	Aspek hubungan yang dinamis antara dimensi psikologis/kejiwaan dan sosial (Apip, 2008). Dikatakan baik, jika skor 18-28 dan dikatakan buruk, jika skor 7-17	1 = Baik 2 = Buruk	Ordinal	Wawancara	Kuesioner

3.3. Hipotesis Penelitian

1. Adanya hubungan antara karakteristik responden (jenis kelamin, umur, lama bekerja dalam gedung, perilaku merokok dalam ruangan dan psikososial) dengan kejadian SBS pada karyawan PT. Elnusa Tbk di kantor pusat Graha Elnusa tahun 2009
2. Adanya hubungan antara kualitas fisik (suhu udara dan kelembaban udara) dengan kejadian SBS pada karyawan PT. Elnusa Tbk di kantor pusat Graha Elnusa tahun 2009

