

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pencemaran Udara

Udara adalah kumpulan atau campuran gas, yang terbanyak adalah nitrogen dan oksigen. Oksigen sangat penting untuk mendukung kehidupan makhluk hidup dan memungkinkan terjadinya pembakaran bahan bakar. Komposisi udara bersih sangat bervariasi dari satu tempat dengan tempat yang lain di seluruh dunia. Rata-rata persentase (per volume) gas dalam udara bersih dan kering yaitu nitrogen 78%, oksigen 20,8%, argon 0,9%, karbondioksida 0,03%, dan gas lainnya 0,27%.

Pencemaran udara adalah suatu kondisi di mana kualitas udara menjadi rusak dan terkontaminasi oleh zat-zat, baik yang tidak berbahaya maupun yang membahayakan kesehatan tubuh manusia. Pencemaran udara biasanya terjadi di kota-kota besar dan juga daerah padat industri yang menghasilkan gas-gas yang mengandung zat di atas batas kewajaran.

Menurut Chambers (1976) dan Masters (1991), yang dimaksud dengan pencemaran udara adalah bertambahnya bahan atau substrat fisik atau kimia ke dalam lingkungan udara normal yang mencapai sejumlah tertentu, sehingga dapat dideteksi oleh manusia (atau dapat dihitung dan diukur) serta dapat memberikan efek pada manusia, binatang, vegetasi, dan material (Mukono, 2000)

Menurut UU No. 23 Tahun 1997 tentang Pengelolaan Lingkungan Hidup, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat,

energi atau berubahnya tatanan lingkungan oleh kegiatan atau aktivitas manusia atau proses alam sehingga kualitas lingkungan turun sampai tingkat tertentu yang menyebabkan lingkungan menjadi kurang atau tidak berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya.

Rusaknya atau semakin sempitnya lahan hijau atau pepohonan di suatu daerah juga dapat memperburuk kualitas udara di tempat tersebut. Semakin banyak kendaraan bermotor dan alat-alat industri yang mengeluarkan gas yang mencemarkan lingkungan akan semakin parah pula pencemaran udara yang terjadi. Untuk itu diperlukan peran serta pemerintah, pengusaha dan masyarakat untuk dapat menyelesaikan permasalahan pencemaran udara yang terjadi.

Pencemar udara dibedakan menjadi pencemar primer dan pencemar sekunder. Pencemar primer adalah substansi pencemar yang ditimbulkan langsung dari sumber pencemaran udara. [Karbon monoksida](#) adalah sebuah contoh dari pencemar udara primer karena ia merupakan hasil dari [pembakaran](#). Pencemar sekunder adalah substansi pencemar yang terbentuk dari reaksi pencemar-pencemar primer di [atmosfer](#). Pembentukan [ozon](#) dalam [smog fotokimia](#) adalah sebuah contoh dari pencemaran udara sekunder.

Atmosfer merupakan sebuah sistem yang kompleks, dinamik, dan rapuh. Belakangan ini pertumbuhan keprihatinan akan efek dari emisi polusi udara dalam konteks global dan hubungannya dengan [pemanasan global](#), [perubahan iklim](#) dan [depleksi ozon](#) di stratosfer semakin meningkat.

Pencemaran udara dibagi menjadi dua yaitu pencemaran udara luar ruangan dan pencemaran udara dalam ruang. Pencemaran udara dalam ruang, walaupun tidak berhubungan langsung dengan emisi global, namun sangat penting untuk menentukan keterpaparan seseorang. Di daerah perkotaan, isu mengenai pencemaran udara dalam ruang berkembang pesat mengingat sebagian besar masyarakat menghabiskan waktunya lebih banyak di dalam ruangan terutama dalam ruang kerja perkantoran dan industri (Kusnoputranto, 2000)

Berdasarkan sumbernya, polusi udara dalam ruang dibagi menjadi enam kelompok, yaitu (Kusnoputranto, 2002):

- a. Polusi dalam ruangan (bahan-bahan sintetis dan beberapa bahan alamiah yang digunakan sebagai perabotan rumah tangga seperti karpet, busa, pelapis dinding, *furniture*, dan lain-lain).
- b. Pembakaran bahan bakar (pembakaran bahan bakar dalam rumah yang digunakan untuk memasak dan pemanas ruangan menghasilkan nitrogen oksida, karbon monoksida, sulfur dioksida, hidrokarbon, partikulat).
- c. Gas-gas toksik yang terlepas ke dalam ruangan yang berasal dari dalam tanah (radon)
- d. Produk konsumsi, seperti pengkilap perabot, perekat, kosmetik, pestisida/insektisida.
- e. Asap tembakau
- f. Mikroorganisme

2.2. Kualitas Udara Dalam Ruang (*Indoor Air Quality*)

Indoor air quality atau kualitas udara dalam suatu ruangan 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 (Idham, 2001).

Pengertian *indoor air quality* dari USA *Environmental Protection Agency* (EPA) adalah hasil interaksi antara tempat, suhu, sistem gedung (baik disain asli maupun modifikasi terhadap struktur dan sistem mekanik), teknik konstruksi, sumber kontaminan (material, peralatan gedung, kelembaban, proses, dan aktifitas di dalam gedung serta sumber dari luar) dan pekerja.

National Health Medical Research Council (NHMRC) mendefinisikan udara dalam ruang atau *indoor air* adalah udara yang berada dalam suatu ruang gedung yang ditempati oleh sekelompok orang yang memiliki tingkat kesehatan yang berbeda-beda selama minimal satu jam. Ruang gedung yang dimaksud dalam pengertian ini meliputi rumah, sekolah, restoran, gedung untuk umum, hotel, rumah sakit, dan perkantoran, tidak termasuk ke dalam kategori pengertian *indoor air* adalah tempat kerja atau tempat-tempat yang mengacu pada standard kesehatan kerja.

Menurut EPA ada 4 elemen yang berpengaruh dalam *indoor air quality*, yaitu:

- Sumber: merupakan asal dari kontaminan baik berasal dari dalam, luar, atau dari sistem/ operasional mesin yang berada dalam ruangan.

- *Heating Ventilation and Air Conditioning System (HVAC)*
- Media yaitu berupa udara
- Pekerja yang berada dalam ruangan tersebut apakah mempunyai riwayat penyakit pernapasan atau alergi.

Kualitas udara di dalam ruangan merupakan gambaran dari kondisi udara di dalam ruangan yang memadai untuk dihuni oleh manusia. Definisi dan standard mengenai kualitas udara dalam ruangan yang memadai yang umum digunakan adalah berdasarkan standard ASHRAE 62-2001 mengenai ventilasi untuk kualitas udara yang memadai (*Ventilation for acceptable indoor air quality*). Pengertian kualitas udara dalam ruang yang memadai menurut standard 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 pencemaran di dalam ruangan yaitu (Aditama, 2002):

- a. Pencemaran dari alat-alat di dalam gedung seperti asap rokok, pestisida, bahan-bahan pembersih ruangan.
- b. 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.

- c. Pencemaran akibat bahan bangunan meliputi pencemaran formaldehid, lem, asbes, fibreglass dan bahan-bahan lain yang merupakan komponen pembentuk gedung tersebut.
- d. Pencemaran akibat mikroba dapat berupa bakteri, jamur, protozoa dan produk mikroba lainnya yang dapat ditemukan di saluran udara dan alat pendingin beserta seluruh sistemnya.
- e. Gangguan ventilasi udara berupa kurangnya udara segar yang masuk, serta buruknya distribusi udara dan kurangnya perawatan sistem ventilasi udara.

2.2.1. Kualitas Fisik

2.2.1.1. Suhu/ Temperatur

Panas dalam ruangan diproduksi oleh tubuh sebagai proses biokimia yang berhubungan pembentukan jaringan, konversi energi dan kerja otot. Panas yang dihasilkan oleh proses metabolisme dapat dibagi menjadi dua, yaitu metabolisme basal misalnya proses-proses otomatis seperti denyut dan metabolisme maskular seperti mengontrol kerja otot (Fardiaz, 1992). Namun dari semua energi yang dihasilkan tubuh hanya 20% saja yang dipergunakan dan sisanya akan dibuang ke lingkungan (Arismunandar dan Saito, 2002).

Suhu udara sangat berperan dalam kenyamanan bekerja. Menurut Heryuni (1993) untuk lingkungan kerja disarankan mempunyai suhu kering 22°-26°C dan suhu basah 21°-24°C. Sedangkan menurut Mukono (1993), temperatur yang dianggap nyaman untuk suasana bekerja adalah 23°-25°C. Menurut KepMen Kesehatan No. 261/MenKes/SK/II/1998 suhu ruangan adalah 22°-26°C.

Perubahan suhu lebih dari 7°C secara tiba-tiba dapat menyebabkan pengerutan saluran darah, sehingga perbedaan suhu dalam dan luar ruangan sebaiknya kurang dari 7°C .

Tingkat panas didominasi oleh temperatur sekitarnya. Namun demikian, standard udara kering atau pengukuran temperatur ambient udara kering sering tidak cukup sebagai indikator untuk kriteria tingkat kenyamanan. Temperatur diukur dengan menggunakan termometer untuk mewakili keadaan penghuni.

2.2.1.2. Kalor Radiasi

Beban kalor radiasi rata-rata diperhitungkan dengan perancangan sistem ventilasi. Hal ini berkaitan dengan besarnya kalor diterima udara dalam ruangan. Semakin tinggi kalor yang diterima maka beban AC semakin besar sehingga pengelolaan gedung kurang efisien (Arismunandar&Saito, 2002). Sumber penghasil kalor radiasi antara lain reaksi eksotermik dari bahan-bahan kimia, kalor yang dilepas lampu, sistem pemanasan ruang dan alat-alat, sinar matahari yang masuk, serta tungku/ kompor untuk memasak. Selain itu terdapat pula sumber yang dapat menyerap kalor radiasi, yaitu jendela yang terbuka, dinding yang tidak dilapisi dengan baik, serta lantai tanpa pelapis (Kodak, 1990).

2.2.1.3. Kelembaban Udara

Air bukan merupakan polutan, namun uap air merupakan pelarut untuk berbagai polutan dan dapat mempengaruhi konsentrasi polutan di udara. Uap air dapat menumbuhkan dan mempertahankan mikroorganisme di udara dan juga dapat melepaskan senyawa-senyawa volatil yang berasal dari bahan bangunan

seperti formaldehid, amonia, dan senyawa lain yang mudah menguap, sehingga kelembaban yang tinggi melarutkan senyawa kimia lain lalu menjadi uap dan akan terpapar pada pekerja (Fardiaz, 1992).

Pada lingkungan yang ada dalam ruangan, sekitar 25% dari panas tubuh diemisikan oleh transpirasi. Sebagai temperatur ambient dan meningkatnya aktivitas metabolisme, transpirasi yang hilang meningkat 50%-80% dari total emisi tubuh. Kehilangan panas karena transpirasi ditandai dengan tingginya kelembaban relatif (Arismunandar dan Saito, 2002).

Kelembaban udara yang relatif rendah yaitu kurang dari 20% dapat menyebabkan kekeringan selaput lendir membran. Sedangkan kelembaban yang tinggi dapat meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme dan pelepasan formaldehid dari material bangunan (Molhave, 1990).

Menurut Heryuni (1993) berdasarkan surat edaran Menteri Tenaga Kerja, Transmigrasi, dan Koperasi No. SE-01/Men/1978 tentang Nilai Ambang Batas (NAB) yang berlaku untuk lingkungan kerja di industri adalah kelembaban 65%-95% dengan kisaran suhu 26°-30°C. Sedangkan menurut KepMen Kesehatan No. 261/ MenKes/ SK/ II/ 1998 untuk kelembaban adalah 40%-60%.

2.2.1.4. Kecepatan Aliran Udara

Kecepatan alir udara mempengaruhi gerakan udara dan pergantian udara dalam ruang. Besarnya berkisar antara 0,15 sampai dengan 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). Menurut Keputusan Menteri Kesehatan No. 261/ MenKes/ SK/ II/ 1998, kecepatan alir udara yang normal adalah 0,15-0,25 m/dtk. Tingkat kenyamanan panas dipengaruhi oleh kecepatan udara. Ketika pendinginan diperlukan, dapat dilakukan peningkatan kecepatan udara.

2.2.1.5. 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 indra 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.

2.2.1.6. Kebersihan Udara

Kebersihan udara berkaitan dengan keberadaan kontaminan udara baik kimia maupun mikrobiologi. Sistem ventilasi AC umumnya dilengkapi dengan saringan udara untuk mengurangi atau menghilangkan kemungkinan masuknya zat-zat berbahaya ke dalam ruangan. Untuk ruangan pertemuan atau gedung-gedung dimana banyak orang berkumpul, dan ada kemungkinan merokok, dinuat suatu perangkat hisap udara pada langit-langit ruangan. Sedangkan lubang hisap

jamur dibuat di lantai dan cenderung menghisap debu (Arismunandar&Saito, 2002).

2.2.1.7. Bau

Bau merupakan faktor kualitas udara yang penting. Bau dapat menjadi penunjuk keberadaan suatu zat kimia berbahaya seperti Hidrogen sulfida, Ammonia, dan lain-lain. Selain itu bau juga dihasilkan oleh berbagai proses biologi oleh mikroorganisme. Kondisi ruangan yang lembab dengan suhu tinggi dan aliran udara yang tenang biasanya menebarkan bau kurang sedap karena proses pembusukan oleh mikroorganisme (Mukono, 1993).

2.2.1.8. Ventilasi

Ventilasi dalam lingkungan kerja ditujukan untuk: 1) mengatur kondisi kenyamanan ruangan; 2) memperbaharui udara dengan pengenceran udara ruangan pada batas normal; 3) menjaga kebersihan udara dari kontaminan berbahaya. Ventilasi ruangan secara alami didapatkan dengan jendela terbuka yang mengalirkan udara luar ke dalam ruangan, namun selama beberapa tahun terakhir AC (*Air Conditioner*) menjadi salah satu pilihan.

Mekanisme kerja AC, udara di luar gedung dihisap, didinginkan, kemudian udara yang dingin itu dihembuskan ke dalam ruangan. Terdapat dua jenis AC, yaitu AC sentral dan AC non-sentral. Perbedaan jenis AC non-sentral dan sentral terletak pada volume udara segar yang dipergunakan. Biasanya AC non-sentral hanya memiliki gerakan udara masuk (*inlet*), sedangkan *outlet* melalui

lubang atau pintu yang sedang dibuka. Sistem ventilasi AC non-sentral memungkinkan masuknya pencemar dari udara luar ke dalam ruangan.

Pada sistem AC sentral, udara luar dihisap masuk ke dalam *chiller*, mengalami proses pendinginan, kemudian dihembuskan ke ruangan. Selanjutnya udara di ruangan yang masih agak dingin dihisap kembali untuk didinginkan kemudian dihembuskan lagi. Aliran udara demikian disebut udara sirkulasi, dimana 85%-100% berupa udara campuran. Bangunan atau gedung yang menggunakan sistem sirkulasi artifisial umumnya dibuat relatif tertutup untuk mengurangi penggunaan kalor (efisiensi energi), artinya kurang memiliki sistem pertukaran udara segar dan bersih yang baik (Achmadi, 1994)

Jenis AC peruntukkan rumah, gudang, dan gedung yang tidak memerlukan pengaturan suhu dan kelembaban secara tepat, umumnya menggunakan sistem penyegaran udara tunggal atau sentral (Arismunandar&Saito, 2002).

2.2.1.9. Kebisingan

Menurut Purdom P.W. (1980) secara fisik suara adalah energi berbentuk getaran yang bergerak dari satu titik dan merambat pada media udara. Suara-suara yang tidak atau kurang dikehendaki dan menimbulkan gangguan disebut kebisingan; hal ini berarti subjektifitas seseorang terhadap suara tertentu atau sensitifitas orang terhadap kebisingan berbeda satu sama lain. Namun secara umum batasan kebisingan ditentukan sesuai dengan peruntukan bangunan.

2.2.2. Kualitas Kimia

2.2.2.1. Partikulat

Partikulat merupakan salah satu parameter yang diukur dalam menentukan kualitas udara luar dan dalam ruang, khususnya PM-10 dan PM-2,5. Paparan terhadap saluran nafas terutama berasal dari dalam ruang, yaitu hasil-hasil pembakaran, jamur dan kapang, mikroorganisme dari tubuh manusia, hewan, atau tanaman, dan alergen dari debu ruangan.

Partikulat adalah padatan atau likuid 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 pernafasan dan menyebabkan penyakit gangguan pernafasan dan kerusakan paru-paru. Partikulat juga merupakan sumber utama *haze* (kabut asap) yang menurunkan visibilitas. Di udara, partikulat dapat berbentuk sebagai berikut:

- a. Dust merupakan suatu satuan campuran material atau partikel padat dalam berbagai ukuran (diameter). Menurut ISO 4225-1994, "*dust is small solid particles conventionally taken as those particles below 75 μm in diameter, which settle out under their own weight but which may remain suspended for sometime.*" Sedangkan IUPAC (1990) *dust is small, dry, solid particles projective into air by natural force, such as wind, volcanic eruption, and by mechanical or manmade processes such as crushing, grinding, milling, drilling, demolition, shoveling, conveying, screening, bagging, and sweeping.*

- b. Fibres merupakan material atau partikel padat dalam bentuk filamen-filamen yang mempunyai diameter kurang dari 3 μm dan panjangnya lebih dari 5 μm dan antara panjang dan lebarnya mempunyai rasio 3:1 atau lebih (WHO, 1997). Contoh : fibreglass, rockwool/ stonewool, ceramic fibres, asbestos fibres.
- c. Fume merupakan bentuk dari proses kimia atau fisika suatu partikel atau material padat yang berubah menjadi gas karena adanya pemanasan. Dalam beberapa menit dapat kembali berubah menjadi padatan atau dalam bentuk partikel cair. Biasanya mengandung unsur logam seperti Zn, Mg, Fe, Pb, dan lain-lain. Umumnya berukuran $\leq 1 \mu\text{m}$.
- d. Mist merupakan aerosol yang berbentuk droplet atau bola yang dihasilkan dari proses mekanik seperti splasing, bubbling, atau spraying. Mist merupakan perubahan bentuk dari suatu cairan yang tersuspensi di udara dalam bentuk aerosol. Ukuran droplet lebih besar dari 100 μm .
- e. Fogs
- f. Smokes terdiri dari partikel padat dan cairan berukuran $< 1 \mu\text{m}$, biasanya $< 0,05 \mu\text{m}$; dihasilkan selama pembakaran tidak sempurna dan penyulingan.

Sifat fisik partikel yang penting adalah ukurannya, yang berkisar antara diameter 0,0002 mikron sampai sekitar 500 mikron. Pada kisaran tersebut partikel mempunyai umur dalam bentuk tersuspensi di udara antara beberapa detik sampai beberapa bulan. Umur partikel tersebut dipengaruhi oleh kecepatan pengendapan yang ditentukan dari ukuran dan densitas partikel serta aliran (turbulensi udara).

Tabel berbagai komponen partikel dan bentuk umum yang terdapat di udara:

Tabel 2.1 Komponen dan Bentuk Umum Partikel di Udara

Komponen	Bentuk
Karbon	
Besi	$\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_4$
Magnesium	MgO
Kalsium	CaO
Aluminium	Al_2O_3
Sulfur	SO_2
Titanium	TiO_2
Karbonat	CO_3^-
Silikon	SiO_2
Fosfor	P_2O_5
Kalium	K_2O
Natrium	Na_2O
Lain-lain	

Partikel yang mempunyai diameter 0,1 mikron akan mengendap dengan velositas 8×10^{-5} cm/detik, sedangkan yang mempunyai diameter 1000 mikron akan mengendap dengan velositas 30 cm/detik. Jadi kenaikan diameter sebanyak 10.000 kali akan menyebabkan kenaikan kecepatan pengendapan enam juta kalinya. Partikel yang berukuran lebih besar dari 2-40 mikron (tergantung dari densitasnya) tidak bertahan terus di udara, melainkan akan mengendap. Partikel

yang tersuspensi secara permanen di udara juga mempunyai kecepatan pengendapan, tetapi partikel-partikel ini di udara karena gerakan udara.

Sifat partikel lainnya yang penting lainnya adalah sebagai tempat absorpsi (sorpsi secara fisik) atau kimisorpsi (sorpsi disertai dengan reaksi kimia). Sifat ini merupakan fungsi dari luas permukaan yang pada umumnya luas untuk kebanyakan partikel. Jika molekul yang tersorpsi tersebut larut di dalam partikel, maka keadaannya disebut absorpsi. Jenis sorpsi tersebut sangat menentukan tingkat bahaya dari suatu partikel.

Sifat partikel tersebut lainnya adalah sifat optiknya. Partikel yang mempunyai diameter kurang dari 0,1 mikron berukuran sedemikian kecilnya dibandingkan dengan panjang gelombang sinar, sehingga partikel-partikel tersebut mempengaruhi sinar seperti halnya molekul-molekul dapat menyebabkan refraksi. Partikel yang berukuran jauh lebih besar dari 1 mikron jauh lebih besar dari jauh panjang gelombang sinar tampak dan mempunyai objek makroskopik yang menyebarkan sinar sesuai dengan penampang melintang partikel tersebut. Sifat optik ini penting dalam menentukan pengaruh partikel atmosfer terhadap radiasi dan visibilitas solar energi.

Partikel yang terhisap ke dalam sistem pernafasan akan disisihkan tergantung dari diameternya. Partikel berukuran besar akan tertahan pada saluran pernafasan atas, sedangkan partikel kecil (inhalable) akan masuk ke paru-paru dan bertahan di dalam tubuh dalam waktu yang lama. Partikel inhalable adalah partikel dengan diameter di bawah 10 μm (PM10). PM10 diketahui dapat meningkatkan angka kematian yang disebabkan oleh penyakit jantung dan

pernafasan, pada konsentrasi 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat menurunkan fungsi paru-paru pada anak-anak, sementara pada konsentrasi 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ dapat memperparah kondisi penderita bronkhitis. Toksisitas dari partikel inhalable tergantung dari komposisinya.

Partikel yang terhirup (inhalable) juga dapat merupakan partikulat sekunder, yaitu partikel yang terbentuk di atmosfer dari gas-gas hasil pembakaran yang mengalami reaksi fisik-kimia di atmosfer, misalnya partikel sulfat dan nitrat yang terbentuk dari gas SO_2 dan NO_x . Umumnya partikel sekunder berukuran 2,5 mikron atau kurang. Proporsi cukup besar dari $\text{PM}_{2,5}$ adalah amonium nitrat, ammonium sulfat, natrium nitrat dan karbon organik sekunder. Partikel-partikel ini terbentuk di atmosfer dengan reaksi yang lambat sehingga sering ditemukan sebagai pencemar udara lintas batas yang ditransportasikan oleh pergerakan angin ke tempat yang jauh dari sumbernya (Harrop, 2002). Partikel sekunder $\text{PM}_{2,5}$ dapat menyebabkan dampak yang lebih berbahaya terhadap kesehatan bukan saja karena ukurannya yang memungkinkan untuk terhisap dan masuk lebih dalam ke dalam sistem pernafasan tetapi juga karena sifat kimiawinya.

Partikel-partikel yang masuk dan tertinggal dalam paru-paru mungkin berbahaya bagi kesehatan karena tiga hal penting yaitu:

1. Partikel tersebut beracun karena sifat kimia dan fisiknya.
2. Partikel tersebut mungkin bersifat inert (tidak bereaksi) tetapi jika tertinggal di dalam sistem pernafasan dapat mengganggu pembersihan bahan-bahan lain yang berbahaya.

3. Partikel-partikel tersebut mungkin dapat membawa molekul-molekul gas yang berbahaya, baik dengan cara mengabsorpsi maupun dengan cara mengadsorpsi molekul-molekul gas pada permukaannya.

TSP (*Total Suspended Particulate*) adalah banyaknya bagian dari suatu bahan yang terbawa ke udara setiap menit. Partikulat-partikulat tersebut menjadi perhatian karena mempengaruhi kesehatan, serta berada dalam kisaran PM-10 dan PM-2,5. Menurut EPA (1987), 50-60% dari TSP merupakan PM-10 (berlaku di Amerika Serikat). PM-10 merupakan indikator yang paling cocok untuk pengukuran pencemaran partikulat dalam ruang yang dikaitkan dengan efek terhadap saluran pernapasan.

2.2.2.2. Karbon dioksida (CO₂)

Karbon dioksida bersifat inert dan tidak dapat bereaksi dengan material bangunan, memiliki berat jenis yang lebih tinggi dari udara sehingga terakumulasi di tempat-tempat yang lebih rendah. CO₂ dalam ruangan tertutup bersumber dari hasil pernapasan manusia. Pada ruangan yang menggunakan sistem pengatur udara, udara yang dihasilkan dari penghuni tidak dapat keluar sehingga secara langsung penghuni menghirup kembali CO₂. Pada udara dalam ruangan khususnya ruangan yang menggunakan sistem sirkulasi udara terpusat, keberadaan CO₂ semakin meningkat, sementara keberadaan O₂ semakin menurun, hal ini karena manusia pada proses respirasi membutuhkan oksigen dan mengeluarkan karbondioksida (Fardiaz, 1992).

2.2.2.3. Karbon monoksida (CO)

Karbon monoksida merupakan pencemaran udara yang paling besar dan umum dijumpai. Sebagian besar CO terbentuk akibat proses pembakaran bahan-bahan karbon yang digunakan sebagai bahan bakar secara tidak sempurna. Misalnya dari pembakaran bahan bakar minyak, pemanas, proses-proses industri dan pembakaran sampah (Soedomo, 2001).

Daya reaksi CO paling kecil dibandingkan dengan bahan pencemar lain. Di alam dapat bersumber dari proses-proses berikut (Fardiaz, 1992):

- Pembakaran tidak sempurna terhadap karbon atau senyawa yang mengandung karbon.
- Reaksi antara senyawa karbondioksida dengan senyawa lain yang mengandung karbon pada suhu tinggi.
- Pada suhu tinggi gas karbon dioksida akan terurai menjadi karbon monoksida dan atom O (kemampuan CO mengikat hemoglobin 200-300 kali lebih besar daripada oksigen).

Pengaruh beracun CO terhadap tubuh terutama disebabkan oleh reaksi antara CO dengan hemoglobin (Hb) di dalam darah. Hb di dalam darah secara normal berfungsi dalam sistem transpor untuk membawa oksigen dari paru-paru ke sel-sel tubuh dan membawa CO₂ dari sel-sel tubuh ke paru-paru. Dengan adanya CO, Hb, dapat membentuk COHb. Jika terjadi demikian maka kemampuan darah untuk mentranspor oksigen menjadi berkurang. Polusi udara

oleh CO juga terjadi selama merokok. Konsentrasi CO yang tinggi di dalam asap rokok yang terisap tersebut mengakibatkan kadar COHb di dalam meningkat (Fardiaz, 1992).

Jika CO terhirup dapat mengakibatkan hal-hal sebagai berikut (Kusnoputranto, 2000):

- Gangguan keseimbangan refleksi, sakit kepala, pusing, koma, kerusakan sel otak dengan keterpaparan CO selama 1 jam atau lebih dengan konsentrasi 50-100 ppm.
- Menyebabkan sakit kepala yang cukup berat, pusing, koma, kerusakan sel otak dengan keterpaparan selama 2 jam dan konsentrasi CO sebesar 250 ppm.
- Keterpaparan CO selama 1 jam dengan konsentrasi 750 menyebabkan kehilangan kesadaran, keterpaparan 3-4 jam menyebabkan kematian.

2.2.2.4. Nitrogen oksida (NO_x)

Nitrogen oksida adalah kelompok gas yang terdapat di atmosfer yang terdiri dari gas nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂). NO₂ merupakan gas beracun, berwarna coklat-merah, berbau seperti asam nitrat. Dari seluruh jumlah NO_x yang dibebaskan ke atmosfer, jumlah yang terbanyak adalah dalam bentuk NO yang diproduksi oleh aktivitas bakteri. Namun polusi NO dari sumber alami ini tidak menjadi masalah karena tersebar merata sehingga jumlahnya menjadi kecil. Yang menjadi masalah adalah polusi NO yang diproduksi oleh

kegiatan manusia karena jumlahnya akan meningkat hanya pada tempat-tempat tertentu saja (Fardiaz, 1992).

Menurut Fardiaz, kedua bentuk NO_x sangat berbahaya terhadap manusia. Penelitian aktivitas mortalitas kedua komponen tersebut menunjukkan bahwa NO_2 empat kali lebih beracun daripada NO . Selama ini belum pernah dilaporkan terjadinya keracunan NO yang mengakibatkan kematian. Pada konsentrasi normal, NO tidak mengakibatkan iritasi dan tidak berbahaya, tetapi pada konsentrasi udara ambient yang normal dapat mengalami oksidasi menjadi NO_2 yang lebih beracun.

2.2.2.5. Timbal (Pb)

Timbal (Pb) dan persenyawaannya dipergunakan untuk bahan pembuatan cat, batu baterai, kaca/gelas, bahan-bahan industri, percetakan dan lain-lain; dalam bentuk senyawa Tetra Ethyl Lead (TED) digunakan sebagai campuran bensin untuk menaikkan nilai oktan. Sumber emisi Pb di udara kawasan perkotaan terutama berasal dari sarana transportasi.

Dampaknya bagi kesehatan adalah keracunan akut maupun kronis, karena Pb terakumulasi dalam tubuh manusia. Pemaparan Pb kepada manusia melalui makanan (5%-10%), air, dan udara (80%). Akibat keracunan Pb berupa anemia, penurunan IQ pada anak, gangguan metabolisme tubuh, dan kematian (Ostro, 1994).

2.2.2.6. Asap Rokok

Asap rokok merupakan sumber pencemar ruangan yang potensial. Asap rokok terdiri dari berbagai zat kimia kompleks; yaitu bahan-bahan hasil pembakaran yang tidak sempurna, pestisida yang digunakan pada waktu penanaman tembakau, bahan pengawet, perekat, dan kertas rokok. Secara umum bahan-bahan tersebut dibedakan atas: nikotin, tar, CO, NO_x, dan gas lainnya.

Bahaya asap rokok tidak saja mengganggu kesehatan perokok tetapi juga orang-orang di sekitarnya (perokok pasif) yang menghisap rokok secara tidak sengaja dan tidak dikehendaki. Perokok pasif mempunyai risiko lebih besar dibandingkan perokok aktif. Penyakit-penyakit yang berhubungan dengan asap rokok adalah penyakit-penyakit sistem pernapasan, sistem sirkulasi darah, luka lambung, kanker pada bibir, lidah, dan kandung kemih.

2.2.2.7. Volatile Organic Compound (VOC)

Dalam ruangan gedung dapat dideteksi ratusan jenis VOC, yaitu bahan organik yang mudah menguap. Bahan-bahan itu muncul dari peluruhan degradasi, penguapan dari bahan material bangunan, bahan perekat dan pelarut, pembersih ruangan, pewangi ruangan, kosmetik, cat, serta asap rokok.

Beberapa jenis VOC dikenal bersifat racun (toxic), menimbulkan perubahan sel dan kanker. Salah satu jenis VOC yang penting adalah formaldehid. Dalam konsentrasi normal dan waktu yang relatif pendek, pada umumnya VOC kurang serius bagi kesehatan manusia (Roe, Perry&Gee, 1995).

2.2.2.8. Formaldehida

Formaldehid adalah gas yang tidak berwarna dengan bau yang menyengat. Banyak bahan yang ada dalam ruang dapat mengemisikan gas formaldehid termasuk bahan yang diisolasi, plafon, kayu lapis, furniture kantor, lem karpet, plastik, serat sintetis dalam karpet, pestisida, cat, dan kertas. Tingkat emisi gas formaldehid naik sebanding dengan kenaikan suhu (Pudjiastuti, 1998).

Formaldehid adalah aldehida yang paling sederhana yang memiliki sifat mudah menguap. Dalam industri sering digunakan sebagai bahan pelarut, perekat, dan pengawet. Untuk kesehatan, formaldehid sering digunakan sebagai antiseptik, sterilisasi khususnya untuk alat pembersih ginjal (Fardiaz, 1992).

Pemaparan formaldehid ke tubuh manusia dapat dengan berbagai cara antara lain melalui penyuntikan, kuloit, dan pernapasan. Berikut adalah efek akut dari formaldehid (Burson dan Muhadhar, 1996):

- Melalui pernapasan, iritasi terhadap kulit, dan sistem pernapasan.

Formaldehid dapat menimbulkan iritasi pada selaput lendir di rongga hidung, bagian mulut, sistem pernapasan atas yang menimbulkan perasaan panas, penyempitan kerongkongan, tercekik, dan batuk terus menerus.

- Sensitifitas

Formaldehid dapat menimbulkan bau yang tidak sedap, dan bau tersebut sangat sensitif pada bagian pernapasan atas.

- Anesthesia

Formaldehid dapat digunakan sebagai anasthesia yang diberikan melalui oral dan suntikan. Bila pemberian tidak memenuhi dosis yang sesuai dengan peruntukkan maka tidak terjadi anasthesia, formaldehid akan mengalami metabolisme secara cepat yang menimbulkan mual, muntah-muntah, sakit kepala, dan kelemahan.

- Penyakit Organ

Keterpaparan formaldehid secara terus-menerus pada dosis yang tinggi, di samping merusak sistem pernapasan, infeksi paru, dapat mengganggu fungsi hati, ginjal, sistem saraf pusat, jaringan tubuh, dan sistem reproduksi wanita.

2.2.3. Kualitas Mikrobiologi

Mikroorganisme dapat berasal dari lingkungan luar (seperti serbuk sari, jamur, dan spora) dan dapat pula berasal dari dalam ruangan (seperti serangga, jamur, pada ruang yang lembab, kutu binatang peliharaan, bakteri). Mikroorganisme dapat menyebabkan menyebabkan reaksi alergi pernapasan seperti infeksi pada pernapasan. Problem kesehatan yang luas disebabkan oleh mikroorganisme dalam lingkungan ruang sulit untuk diperkirakan, namun pengaruh kesehatan diketahui cukup besar yang disebabkan oleh penyebaran beberapa organisme (Pudjiastuti, 1998).

Menurut Pudjiastuti (1998), udara di satu ruangan dalam rumah yang bersih, mungkin saja masih terdapat ratusan partikel-partikel biologi yang beraneka ragam dan teknologi tidak dapat menghitung keberadaan mereka semua.

Mikroorganisme yang sering dijumpai di dalam ruangan adalah bakteri, jamur, serangga, atau partikel-partikel biologi lainnya.

2.3. Sick Building Syndrome

2.3.1. Pengertian Sick Building Syndrome

Istilah *Sick Building Syndrome* (SBS) pertama kali diperkenalkan oleh para ahli dari negara Skandinavia pada tahun 80-an. *Sick Building Syndrome* dikenal juga dengan *Tight Building Syndrome* (TBS) karena sindroma ini sering dijumpai dalam ruang-ruang pada gedung pencakar langit. Namun dari penelitian yang dilakukan oleh NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health, USA) ditemukan pula pada gedung-gedung biasa dengan karakteristik kualitas udara yang buruk. Istilah SBS mempunyai dua pengertian yaitu:

- Kumpulan gejala yang dikeluhkan seseorang atau kelompok orang meliputi perasaan-perasaan tidak spesifik yang mengganggu kesehatan berkaitan dengan kondisi gedung tertentu.
- Kondisi gedung tertentu berkaitan dengan keluhan atau gangguan kesehatan tidak spesifik yang dialami oleh penghuninya.

2.3.2. Gejala Sick Building Syndrome

Menurut Iskandar (2007), *Sick Building Syndrome* merupakan salah satu istilah yang jarang digunakan di Indonesia sehingga banyak orang tidak mengetahui apa artinya. *Sick Building Syndrome* (SBS) adalah istilah yang mengacu pada sejumlah gejala alergi yang mempengaruhi sebagian pekerja kantor

dalam suatu gedung selama mereka berada di dalam gedung tersebut dan secara berangsur menghilang setelah mereka meninggalkan gedung.

Gejala-gejala gangguan kesehatan yang sering dialami pekerja yang bekerja dalam ruang kantor di antaranya adalah iritasi mata, iritasi hidung, iritasi tenggorokan, pilek, bintik merah pada kulit, sakit kepala, mual, batuk, dan bersin-bersin. Gejala-gejala ini dinyatakan sebagai SBS apabila gejala tersebut minimal dialami oleh 20% dari pekerja kantor yang berada di dalam gedung.

SBS muncul apabila terjadi kondisi lingkungan yang tidak sehat di dalam ruang kerja atau gedung. Hal ini didasarkan dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan oleh para ahli dalam gedung-gedung perkantoran yang memiliki berbagai fasilitas modern di dalamnya dan sistem ventilasi yang menggunakan *air conditioning*.

Gejala *Sick Building Syndrome*, sebagai dampak pencemaran udara dalam ruangan terhadap tubuh terutama pada daerah tubuh atau organ tubuh yang kontak langsung dengan udara meliputi organ sebagai berikut (Prasasti, dkk: 2005):

1. Iritasi selaput lendir: Iritasi mata, mata pedih, mata merah, mata berair.
2. Iritasi hidung, bersin, gatal: Iritasi tenggorokan, sakit menelan, gatal, batuk kering.
3. Gangguan neurotoksik: Sakit kepala, lemah/capai, mudah tersinggung, sulit berkonsentrasi.

4. Gangguan paru dan pernafasan: Batuk, nafas berbunyi/mengi, sesak nafas, rasa berat di dada.
5. Gangguan kulit: Kulit kering, kulit gatal
6. Gangguan saluran cerna: Diare/mencret
7. Lain-lain: Gangguan perilaku, gangguan saluran kencing, sulit belajar

Keluhan tersebut biasanya tidak terlalu parah dan tidak menimbulkan kecacatan tetap, tetapi jelas terasa amat mengganggu, tidak menyenangkan dan bahkan mengakibatkan menurunnya produktivitas kerja para pekerja.

Gejala-gejala yang timbul memang berhubungan dengan tidak sehatnya udara di dalam gedung. Keluhan-keluhan tersebut biasanya menetap setidaknya dua minggu. Keluhan-keluhan yang ada biasanya tidak terlalu hebat, tetapi cukup terasa mengganggu dan yang penting amat berpengaruh terhadap produktivitas kerja seseorang. Sindrom gedung sakit baru dapat dipertimbangkan bila lebih dari 20%, atau bahkan sampai 50% pengguna suatu gedung mempunyai keluhan-keluhan seperti di atas. Kalau hanya dua atau tiga orang maka mereka mungkin sedang kena flu biasa (Aditama, 1991).

2.3.3. Penyebab *Sick Building Syndrome*

Penyebab dari gejala SBS menurut Soemirat, 2004, tidak jelas dan dapat bermacam-macam penyebabnya, tetapi yang jelas fenomena ini berkaitan dengan kondisi gedung serta kualitas udara yang tidak memenuhi syarat.

Berdasarkan evaluasi penyebab SBS oleh NIOSH terhadap gedung perkantoran, sekolah, universitas, dan gedung pelayanan kesehatan selama tahun 1978-1989 telah ditemukan faktor kondisi gedung yang diduga menyebabkan SBS. Faktor ventilasi gedung yang tidak adekuat menjadi penyebab utama (>50%), kontaminasi dalam ruang (<20%), kontaminasi udara luar (10%), sedangkan kontaminasi mikrobiologi dan material bangunan masing-masing tidak lebih dari 5%.

Beberapa faktor yang berkaitan dengan kualitas udara dalam ruangan yang perlu diperhatikan dalam hubungannya dengan kejadian *Sick Building Syndrome* menurut Kusnoputranto (2002):

a. Kondisi lingkungan dalam ruangan

Kondisi lingkungan yang sangat penting untuk diperhatikan adalah suhu ruangan, kelembaban, dan aliran udara. Ketika hal tersebut dapat menyebabkan peningkatan absorpsi polutan kimia dalam ruangan, peningkatan pertumbuhan mikroorganisme udara, dan timbulnya bau yang tidak sedap

b. Konstruksi gedung dan *furniture*

Konstruksi bangunan dan furniture dapat melepaskan gas-gas polutan dalam ruangan, misalnya formaldehide, serat asbes, cat, polutan dari karpet, fiberglass.

c. Proses dan alat-alat dalam gedung

Banyak polutan dilepaskan oleh alat-alat dan proses dalam gedung, misalnya ozon dari mesin fotokopi dan asap rokok.

d. Ventilasi

Ventilasi udara merupakan salah satu hal yang perlu diperhatikan. Ventilasi udara yang buruk dapat menyebabkan kurangnya udara segar yang masuk dan buruknya distribusi udara yang ada.

e. Status kesehatan pekerja

Status kesehatan pekerja antara lain adalah alergi/ asma yang diderita pekerja yang bersangkutan, perilaku merokok, pengguna alkohol, dan sebagainya.

f. Faktor psikososial/ stress

Faktor psikososial/ stress juga ikut mempengaruhi terjadinya *Sick Building Syndrome* pada seorang pekerja.

Untuk dapat mengetahui penyebab sindrom ini maka perlu dilakukan penelitian terhadap situasi lingkungan udara di dalam suatu gedung. *The National Institute for Occupational Safety and Health* (NIOSH), suatu badan untuk kesehatan dan keselamatan kerja di Amerika Serikat telah memeriksa 446 gedung di negara itu. Pemeriksaan ini dilakukan berdasarkan permintaan dari pemilik/pengguna gedung-gedung itu untuk menilai apakah gedung tempat mereka bekerja masih dalam keadaan sehat atau tidak. Hasil pemeriksaan NIOSH di atas menunjukkan enam sumber utama pencemaran udara di dalam suatu gedung sebagaimana tampak pada tabel 2.1. Yang dimaksud dengan pencemaran oleh alat-alat di dalam gedung adalah pencemaran akibat mesin fotokopi, asap rokok, pestisida, bahan-bahan pembersih ruangan dan lain-lain. Sementara itu yang dimaksud dengan pencemaran dari luar gedung meliputi masuknya gas buang kendaraan bermotor yang lalu lalang, gas dari cerobong asap atau dapur

yang terletak di dekat gedung, yang kesemuanya dapat terjadi akibat penempatan lokasi lubang pemasukan udara yang tidak tepat. Pencemaran akibat bahan bangunan meliputi antara lain formaldehid, lem, asbes, *fiber glass* dan bahan-bahan lain yang merupakan komponen bangunan pembentuk gedung tersebut. Di pihak lain, pencemaran akibat mikroba dapat berupa bakteri, jamur, protozoa dan produk mikroba lainnya yang dapat ditemukan di saluran udara dan alat pendingin (AC) beserta seluruh sistemnya. Akhirnya, gangguan ventilasi udara berupa kurangnya udara segar yang masuk, buruknya distribusi udara dan kurangnya perawatan sistem ventilasi udara ternyata punya peranan besar dalam menentukan sehat tidaknya lingkungan udara di dalam suatu gedung.

Tabel 2.2 Sumber Pencemaran Udara Dalam Ruang

Sumber	Persentase
Pencemaran dari alat-alat di dalam gedung	17%
Pencemaran dari luar gedung	11%
Pencemaran akibat bahan bangunan	3%
Pencemaran mikroba	5%
Gangguan ventilasi	52%
Tidak diketahui	12%

Sumber: Laporan NIOSH, 1984

2.3.4. Pencegahan *Sick Building Syndrome*

Keluhan yang timbul pada penderita biasanya dapat ditangani secara simtomatis namun harus diikuti dengan upaya perbaikan suasana lingkungan udara di gedung tempat kerja agar menjadi lebih sehat. Upaya pencegahan *Sick Building Syndrome* dan perbaikan kualitas udara dalam ruang cukup luas, menyangkut proses pembangunan gedung, desain ruangan, bahan-bahan yang

digunakan di dalam gedung, perawatan alat-alat dan lain-lain. Upaya pencegahan meliputi upaya agar udara luar yang segar dapat masuk ke dalam gedung secara baik dan terdistribusi secara merata ke semua bagian di dalam suatu gedung. Dalam hal ini perlu diperhatikan agar lubang tempat masuknya udara luar tidak berdekatan dengan sumber-sumber pencemar di luar gedung agar bahan pencemar tidak terhisap masuk ke dalam gedung. Perlu pula diperhatikan pemilihan bahan-bahan bangunan dan bahan pembersih ruangan yang tidak akan mencemari lingkungan udara di dalam gedung. Renovasi ruangan, penambahan batas-batas ruangan dan penambahan jumlah orang yang bekerja dalam satu ruangan hendaknya dilakukan setelah memperhitungkan agar setiap bagian ruangan dan setiap individu mendapat ventilasi udara yang memadai (Aditama, 1991).

BAB III

KERANGKA KONSEP

3.1. Kerangka Konsep

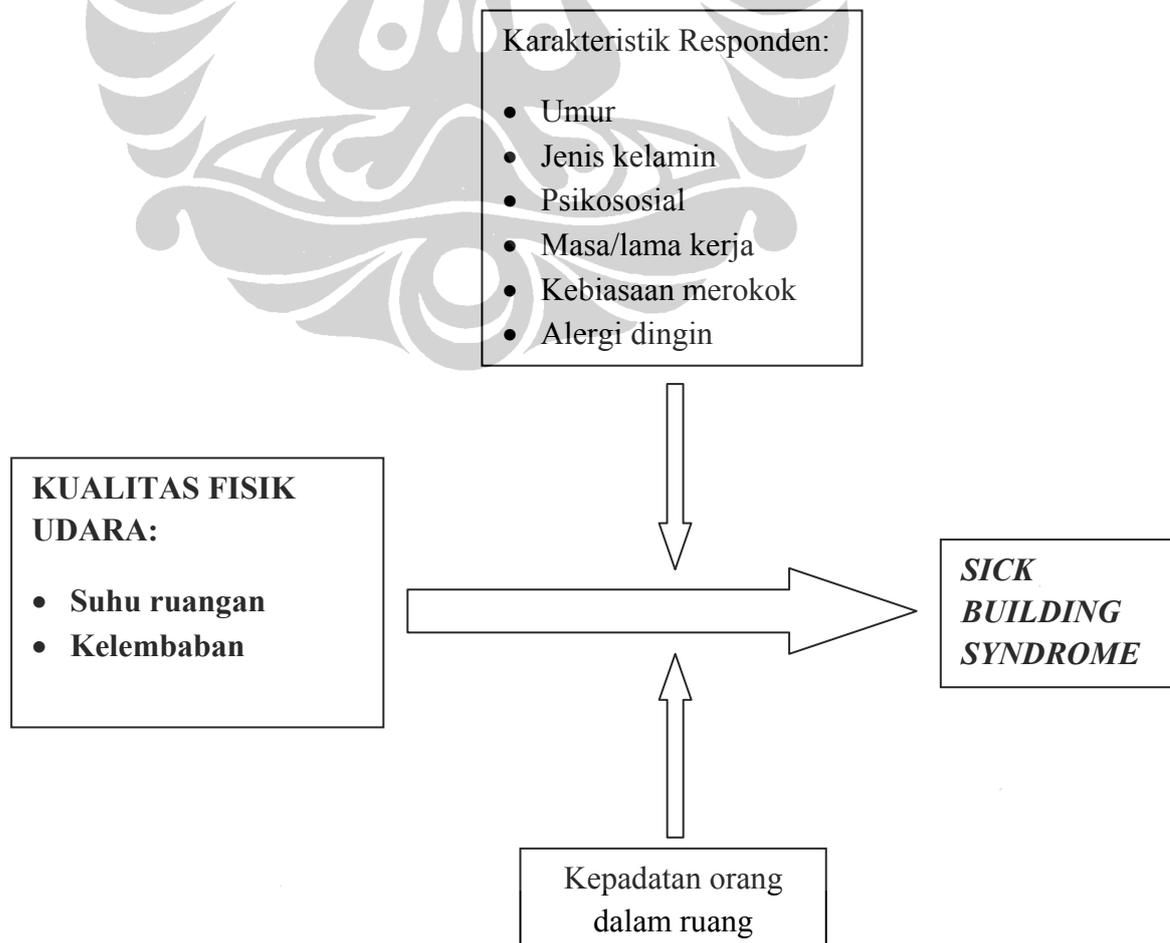
Berdasarkan tinjauan pustaka yang telah dijabarkan dapat dinyatakan bahwa pegawai yang berada dalam gedung selama waktu tertentu dapat mengalami gangguan kesehatan yang disebut *Sick Building Syndrome* (SBS). Penyebab gangguan ini multifaktor dan saling berkaitan dan salah satu faktor penyebab yang penting adalah kualitas lingkungan dalam gedung.

Kualitas udara dalam ruang merupakan faktor terpenting yang diduga menjadi penyebab SBS, yakni kualitas fisik, kimia, dan biologi udara.

Pada penelitian ini, variabel independen yang diukur adalah kualitas fisik udara berupa suhu dan kelembaban. Kondisi ventilasi ruangan juga turut diteliti sebagai faktor lain yang mempengaruhi kualitas udara dan kejadian SBS, yaitu jenis AC dan kepadatan orang dalam ruang. Ventilasi sangat mempengaruhi kualitas udara dalam ruang. Karakteristik responden (umur, jenis kelamin,

masa/lama kerja, kebiasaan merokok, psikososial dan riwayat penyakit alergi dingin) digunakan sebagai variabel independen lainnya. Variabel dependen adalah kejadian SBS pada pegawai yang bekerja dalam gedung yaitu kumpulan gejala non spesifik yang dialami pegawai berupa mata pedih, merah, berair, sakit kepala, batuk, hidung tersumbat, bersin-bersin, demam, mual, lelah, kulit gatal, dan lain-lain selama berada dalam gedung.

Peneliti menjadikan variabel independen hanya faktor fisik karena karakteristik gedung yang diteliti merupakan gedung yang sebagian besar kegiatannya adalah administrasi yang tidak terlalu banyak melibatkan faktor kimia dan biologi. Gambaran kualitas fisik udara dapat menunjukkan gambaran awal adanya pencemaran kimia dan biologi udara. Faktor kimia dan biologi tidak diteliti juga karena keterbatasan dana dan waktu.



Jenis AC

Gambar Kerangka Konsep Penelitian

Keterangan: ----- → variabel yang diteliti hanya gambaran umumnya saja.

3.2. Definisi Operasional

No.	Variabel	Definisi	Skala Ukur	Hasil Ukur	Alat Ukur	Cara Ukur
1	<i>Sick Building Syndrome</i> (SBS)	Kumpulan gejala yang disebabkan terutama oleh buruknya kualitas udara ruangan; ditandai dengan keluhan pada mata, alat pernapasan, tenggorokan, kulit, pusing, demam, lemah, letih, lesu, mual, nafsu makan berkurang, sakit perut, yang dialami oleh responden sebanyak 4 gejala atau lebih, minimal 2 kali dalam seminggu dan sekurangnya satu gejala dialami pada saat penelitian berlangsung, dan hanya timbul selama jam kerja berlangsung dan pada lokasi kerja atau begitu selesai jam kerja.	Ordinal	1. Bukan kasus, tidak memenuhi kriteria kasus 2. Kasus, min. 4 gejala berulang min. 2 kali dalam seminggu terakhir dan min.1 gejala saat penelitian	Kuesioner	Angket yang diisi sendiri oleh responden
2	Kualitas fisik udara					
	• Suhu ruangan	Derajat panas atau dingin (temperatur) ruangan dalam gedung dalam satuan °C	Rasio	°C	Thermometer	Observasi

	• Kelembaban	Kandungan uap air dalam udara, dinyatakan dengan kelembaban relatif dengan satuan %	Rasio	%	Thermo-Hygrometer	Observasi
3	Ventilasi					
	• Kepadatan orang dalam ruang	Jumlah orang dalam ruangan dibagi luas ruangan tersebut.	Rasio	Orang/ m ²	Lembar observasi; data sekunder	Observasi; data sekunder
	• Jenis AC	Jenis AC yang digunakan dalam ruangan yang diukur.	Nominal	1. Split 2. Cassete 3. Central 4. Split Dak	Lembar observasi; data sekunder	Observasi; data sekunder
4	Karakteristik responden					
	• Umur	Jumlah tahun pegawai yang dihitung sejak lahir sampai tahun dilakukan penelitian	Rasio	Tahun	Kuisisioner	Angket yang diisi sendiri oleh responden
	• Jenis kelamin	Status seksual pegawai	Nominal	1. Laki-laki 2. Perempuan	Kuisisioner	Angket yang diisi sendiri oleh responden
	• Lama kerja	Lamanya pegawai bekerja di gedung ini	Ordinal	1. ≤ 1 tahun	Kuisisioner	Angket yang diisi

				2. > 1 tahun		sendiri oleh responden
	• Kebiasaan merokok	Kebiasaan responden merokok secara kontinyu setiap hari, minimal satu batang/hari.	Ordinal	1. Tidak 2. Ya	Kuisisioner	Angket yang diisi sendiri oleh responden
	• Alergi dingin	Riwayat penyakit alergi dingin yang dialami responden semasa hidupnya, dapat berupa gatal-gatal, bersin, flu, dan gejala lain yang timbul saat terpajan suhu rendah (dipersepsikan dingin secara subjektif oleh tubuhnya).	Ordinal	1. Ya 2. Tidak	Kuisisioner	Angket yang diisi sendiri oleh responden
	• Psikososial					
	○ Dengan atasan	Persepsi hubungan responden dengan atasan di tempat kerja pada saat penelitian yang diwakili oleh sebuah pertanyaan dalam kuisisioner mengenai hubungannya dengan atasannya.	Ordinal	1. Baik 2. Buruk	Kuisisioner	Angket yang diisi sendiri oleh responden
	○ Dengan teman	Persepsi hubungan responden dengan teman seruangan di tempat kerja pada saat penelitian yang diwakili oleh dua pertanyaan dalam kuisisioner	Ordinal	1. Baik 2. Buruk	Kuisisioner	Angket yang diisi sendiri oleh responden

		mengenai hubungannya dengan teman seruangan dan persepsinya pada sikap teman seruangan terhadap dirinya.				
	o Dengan keluarga	Persepsi hubungan interpersonal ataupun dengan keluarga yang dialami responden pada saat penelitian berlangsung yang diwakili oleh sebuah pertanyaan dalam kuisisioner mengenai ada tidaknya masalah pribadi/ keluarga yang tengah dihadapi responden saat penelitian berlangsung.	Ordinal	1. Baik 2. Buruk	Kuisisioner	Angket yang diisi sendiri oleh responden
	o Bahagia bekerja di perusahaan ini	Persepsi perasaan responden terhadap pekerjaan dan lingkungan kerjanya saat ini yang diwakili oleh sebuah pertanyaan dalam kuisisioner mengenai perasaannya bekerja di perusahaan ini.	Ordinal	1. Bahagia 2. Tidak bahagia	Kuisisioner	Angket yang diisi sendiri oleh responden

3.3. Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah bahwa:

1. Ada hubungan antara suhu udara dalam ruang dengan kejadian *Sick Building Syndrome*.
2. Ada hubungan antara kelembaban relatif udara dalam ruang dengan kejadian *Sick Building Syndrome*.
3. Ada hubungan antara kepadatan orang dalam ruang dengan kejadian *Sick Building Syndrome*.
4. Ada hubungan antara karakteristik responden dengan kejadian *Sick Building Syndrome*.