

FAKTOR YANG MEMENGARUHI SICK BUILDING SYNDROME DI RUANGAN KANTOR

Factors Affecting Sick Building Syndrome in the Offices

Alfreda Effie Ardian dan Sudarmaji

Departemen Kesehatan Lingkungan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Airlangga
alfreda.effie@gmail.com

Abstract: Pollutant generated from indoor which could not dilute due to isolated building design would affect comfort and common acute health complaints called Sick Building Syndrome (SBS). Cross sectional study conducted at Office A and B of X Company to identify SBS, personal factors and workplace characteristic to 44 samples chosen by stratified random sampling. Physical factor (temperature, relative humidity, total dust) and CO₂ directly measured as independent variables. Temperature and total dust do comply the requirement but CO₂, relative humidity, and dCO₂ did not. A multivariate logistic regression resulted older people have less risk to have SBS symptoms (eye irritation $p = 0.040$; OR = 1.169 and eye tiredness $p = 0.005$; OR = 1.267) but tend to develop more symptoms than 2 (SBS case) ($p = 0.009$; OR = 1.274). The absence of partition reduce the risk of having SBS symptoms (eye irritation $p = 0.012$; OR = 30.30 and eye tiredness $p = 0.006$; OR = 18.87). More difference of carbon dioxide concentration of indoor compared to outdoor (dCO₂) increase the risk of having SBS case ($p = 0.024$; OR = 1.011). A multivariate linier regression resulted that the number of symptoms (PSI) affected by age with additional 9% decreasing of PSI at each increasing of age. SBS significantly affected by increasing age, the absence of partition as protective factors and increasing dCO₂ as risk factors. Indoor air quality control could be conducted by operating windows, partition modification and early detection of SBS at annual health examination.

Keywords: indoor air quality, sick building syndrome, office, factors affecting

Abstrak: Pencemar yang tidak dapat diencerkan akibat desain gedung yang diisolasi dapat mempengaruhi kenyamanan dan keluhan kesehatan akut Sick Building Syndrome (SBS). Studi *cross sectional* dilaksanakan di Kantor Divisi A dan B Perusahaan X untuk mengidentifikasi SBS, faktor personal dan karakteristik area kerja pada 44 sampel yang dipilih melalui *stratified random sampling*. Faktor fisika (suhu, kelembapan relatif, debu total) dan CO₂ diukur langsung sebagai variabel independen. Suhu dan debu total masih sesuai dengan persyaratan, namun tidak untuk CO₂, kelembapan relatif dan dCO₂. Hasil analisis regresi logistik ganda adalah orang yang lebih tua lebih tidak berisiko mengalami gejala SBS (*eye irritation* $p = 0,040$; OR = 1,169 dan *eye tiredness* $p = 0,005$; OR = 1,267) namun berisiko mengalami lebih dari 2 gejala (kasus SBS) ($p = 0,009$; OR = 1,274). Tidak adanya partisi mengurangi risiko terjadinya gejala SBS (*eye irritation* $p = 0,012$; OR = 30,30 dan *eye tiredness* $p = 0,006$; OR = 18,87). Semakin tinggi perbedaan CO₂ di dalam dibandingkan di luar ruangan (dCO₂) meningkatkan risiko terjadinya kasus SBS ($p = 0,024$; OR = 1,011). Hasil regresi linier menunjukkan jumlah gejala (PSI) menurunkan PSI (sebanyak 9%) untuk setiap kenaikan usia. SBS signifikan dipengaruhi oleh peningkatan usia dan tidak adanya partisi sebagai faktor proteksi dan peningkatan dCO₂ sebagai faktor risiko. Pengontrolan kualitas udara dalam ruangan dapat dilakukan dengan mengoperasikan jendela, modifikasi partisi, dan deteksi dini SBS pada pemeriksaan kesehatan tahunan.

Kata kunci: kualitas udara dalam ruangan, sick building syndrome, kantor, faktor yang memengaruhi

PENDAHULUAN

Majunya kegiatan industri dan perkantoran telah berkembang pesat terutama di kawasan urban. Dengan desain bangunan yang bergeser ke arah vertikal dengan sistem ventilasi buatan (Suganda, 2010). Isu konservasi energi setelah terjadi krisis minyak bumi pada tahun 1970-an mengharuskan rendahnya masukan udara dari luar ruangan (Aditama dan Hastuti, 2002). Isolasi ruangan dari udara luar ruangan menjadi masalah

baru karena rendahnya sirkulasi udara dari udara luar ke dalam ruangan menyebabkan beberapa polutan di dalam ruangan tidak dapat terdilusi atau terencerkan.

Sebanyak 1 di antara 3 bangunan di seluruh dunia dapat dikatakan "sakit", 60% bangunan di Amerika memiliki permasalahan kualitas udara yang serius sebanyak 20% dan lumayan serius sebanyak 40% (Bas, 2004).

Hasil investigasi yang dilakukan oleh NIOSH pada kurang lebih 500 gedung pada satu dekade terakhir menunjukkan bahwa sumber utama permasalahan kualitas udara ruangan adalah ventilasi yang tidak adekuat (52%), kontaminasi dari dalam gedung (16%), kontaminasi dari luar gedung (10%), kontaminasi mikrobial (5%), kontaminasi dari material bangunan (4%) dan sumber lain yang tidak diketahui (13%) (OSHA, 1999).

Kualitas udara ruangan penting untuk diperhatikan karena orang menghabiskan 90% waktunya di dalam ruangan seperti rumah, bangunan umum dan kantor di mana konsentrasi polutan di dalam ruangan lebih besar daripada di luar ruangan terutama pada kawasan urban. Sebuah penelitian di Jakarta pada suatu kantor didapatkan beberapa kasus mirip SBS seperti iritasi mata (16,13%) dan kelelahan (13,98%) (Suganda, 2010).

Di Indonesia, kualitas udara terutama aspek fisika udara seperti suhu (Oktora, 2008) dan kelembapan (Ahmad, 2011) memiliki hubungan secara signifikan terhadap SBS. Kontrol ventilasi yang tidak baik merupakan faktor risiko terjadinya SBS (Hartoyo, 2009).

Kualitas udara dalam ruangan adalah kualitas udara di dalam dan luar gedung yang dapat mempengaruhi kesehatan dan kenyamanan penghuni. Kualitas udara dipengaruhi oleh sumber dan jalur masuk pencemar, sistem HVAC dan penghuni gedung. Evaluasi kualitas udara dapat dilihat dari parameter: fisika, kimia, biologi.

Sick Building Syndrome (SBS) didefinisikan ketika sebagian dari populasi mengalami gangguan kesehatan akut (20–50%) dengan penyebab spesifik tidak diketahui yang gejala tersebut hilang segera setelah meninggalkan ruangan/libur. Gejala dapat berupa sakit kepala, iritasi mata, hidung, tenggorokan, batuk, kulit kering, pusing, mual, sulit konsentrasi. Diagnosis dapat dilakukan per gejala SBS, kelompok gejala maupun indeks berupa *Personal Symptom Index* (PSI).

Berdasarkan hasil survey awal pada Perusahaan X, gejala mirip SBS pada kantor divisi A dan B menunjukkan kisaran 0–20% responden yang menderita gejala dalam 1 bulan terakhir berupa hidung tersumbat (*stuffy nose*) yang dialami setiap hari (6%) serta pusing (*headache*) (20%) dan iritasi mata (*eye irritation*) (20%) yang 2–3 kali dialami dalam seminggu. Pada kantor divisi B gejala yang paling dominan adalah iritasi

mata (*eye irritation*) yang dialami setiap hari (17%) dan letargi (*lethargy*) (17%) yang dialami 2–3 kali dalam seminggu. Ditemukan gangguan persepsi kualitas udara yang meliputi persepsi kelembapan, pergerakan udara dan suhu serta bau dan udara yang pengap. Keluhan pada kantor divisi A yang paling dominan meliputi persepsi pergerakan udara yang terlalu sedikit (63%) dan terkadang terasa pengap (44%). Pada kantor divisi B keluhan yang paling dominan hampir sama yaitu persepsi pergerakan udara yang terlalu sedikit (58%), kelembapan (*humidity*) yang terlalu tinggi (25%) dan sering tercium bau (*odor*) (58%).

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh faktor fisika (suhu, kelembapan, dan debu total) dan konsentrasi karbondioksida serta dCO₂ (selisih konsentrasi karbon dioksida di dalam dan di luar ruangan) terhadap munculnya SBS (gejala, indeks maupun kasus). Secara rinci, dilakukan identifikasi karakteristik gedung, sistem ventilasi, AC, faktor personal (usia, jenis kelamin, penggunaan fotokopi, lama tinggal) dan karakteristik area kerja (partisi dan ketersediaan ruang udara). Persepsi kualitas udara berupa suhu, kelembapan, pergerakan udara, bau juga diteliti.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan dengan rancangan *cross sectional* dengan pendekatan kuantitatif. Populasi penelitian adalah semua karyawan di kantor divisi A dan B yang tinggal pada ruangan yang dihuni lebih dari 1 orang (bukan *private office*). Sampel penelitian adalah 44 sampel yang diambil dengan metode *stratified random sampling*. Variabel independen faktor fisika udara dan konsentrasi karbon dioksida diukur langsung dengan metode *grab sample* menggunakan IAQ monitor dan *Dust Trak*. Variabel independen lain seperti faktor personal, karakteristik area kerja dan persepsi kualitas udara diukur dengan menggunakan kuesioner. Gambaran SBS diukur menggunakan kuesioner yang diadopsi dari *A standardized EPA Protocol for Characterizing Indoor Air Quality in Large Office Buildings* oleh US EPA (2003). Gambaran SBS dilihat dari 3 cara yaitu: 1) gejala SBS (identifikasi prevalensi per gejala SBS yang memenuhi kriteria diagnosis yaitu menderita antara 20–50% populasi dengan kategori ya dan tidak menderita gejala SBS); 2) PSI (jumlah gejala SBS yang menderita oleh setiap responden); dan 3) Kasus SBS (dikategorikan

menjadi ya (yang menderita lebih dari 2 gejala SBS) dan tidak SBS (menderita kurang dari 2 gejala).

Data dianalisis secara univariat dan bivariat dalam bentuk deskriptif dan multivariat dalam analisis inferensial menggunakan regresi logistik ganda (variabel dependen gejala SBS dan kasus SBS) dan linier ganda (variabel dependen PSI). Variabel independen tertentu dianggap mempengaruhi secara signifikan apabila $p\text{ value} > 0,05$. Kuat pengaruh ditunjukkan dengan nilai OR.

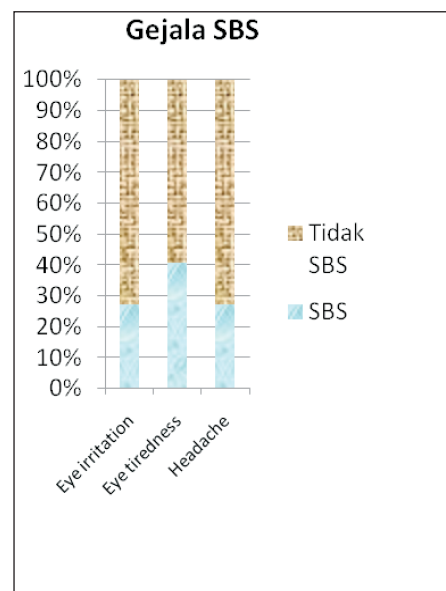
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil identifikasi kualitas udara dalam ruangan disajikan dalam Tabel 1. Suhu dan debu total pada divisi A dan B masih memenuhi persyaratan, RH atau kelembapan relatif tidak memenuhi persyaratan pada kantor divisi B saja. Pada kantor divisi A, $d\text{CO}_2$ tidak memenuhi persyaratan. Pada kedua kantor CO_2 tidak memenuhi persyaratan.

Persepsi suhu ruangan menurut responden sebagian besar (75%) merasakan sudah cukup sesuai. Persepsi kelembapan dirasakan sudah baik (77,3%) baik pada kantor divisi A maupun kantor divisi B. Namun pada kantor divisi B lebih banyak keluhan untuk udara yang terlalu lembap (14,8%) dan terlalu kering (18,5%). Persepsi pergerakan udara di dalam ruangan pada kantor divisi A maupun B menyatakan baik (77,3%). Pada kantor divisi B penilaian pergerakan udara yang buruk cenderung lebih banyak pada kantor divisi B (25,9%). Pergerakan udara berkaitan dengan desain area kerja meliputi keberadaan partisi, posisi AC dan ventilasi yang sering terbuka seperti pintu. Pada kantor divisi A, desain area kerja 82,4% tanpa partisi dan sebaliknya dengan kantor divisi B yang 100% menggunakan partisi. Adanya partisi dapat menghalangi sirkulasi udara merata ke seluruh ruangan terutama apabila posisi *Supply Air Diffuser* (SAD) atau kipas angin dari AC berada pada salah satu sisi area kerja saja. Selain itu persepsi pergerakan udara yang buruk dapat dikaitkan dengan keberadaan pintu, desain area kerja dan keberadaan sumber panas spesifik (Bas, 2004).

Persepsi bau merupakan masalah yang paling sering dikeluhkan (43,2%) terutama pada kantor divisi B (59,3%). Bau busuk tercium pada ruang kantor divisi B. Sumber bau belum diketahui dan diduga dapat berasal dari sistem AC yang bisa jadi ditumbuhi jamur atau membawa bagian tubuh hewan. Pada kantor divisi A bau yang tercium lebih pada bau bahan kimia dari perabotan dan cat. Kontrol mengenai penggunaan bahan cat yang bebas formaldehid dan zat kimia berbahaya lain pada perabotan perlu dilakukan agar tidak menimbulkan risiko pencemaran.

Gejala SBS yang memenuhi kriteria diagnosis (diderita lebih dari 20–50% populasi) adalah gejala *eye tiredness*, *eye irritation* dan *headache*.

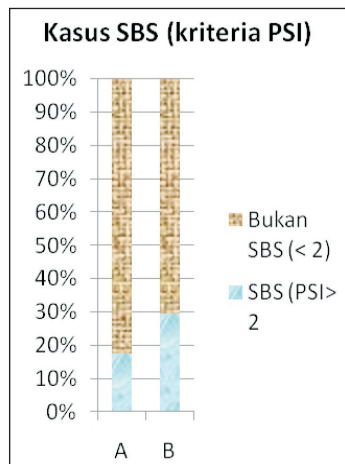


Gambar 1. Gejala SBS Responden Kantor Divisi A dan B Perusahaan X Tahun 2013.

Tabel 1.

Hasil Pengukuran Kualitas Fisik Udara Dalam Ruangan pada Kantor Divisi A dan B Perusahaan X Tahun 2013

Kantor	Suhu (°C)	RH (%)	CO_2 (ppm)	$d\text{CO}_2$ (ppm)	Debu total
A	26,66,955	56,82±1,741	1258±75,13	762,94±69,26	0,024±0,006
B	25,99±0,479	62,85±4,083	1161±112,3	605±82,52	0,014±0,005
Persyaratan	25-28	40-60	1000	7000	



Gambar 2. Kasus SBS Responden Kantor Divisi A dan B Perusahaan X Tahun 2013.

Kasus SBS yang didiagnosis dengan konsep prevalensi menggunakan jumlah gejala yang dirasakan (PSI). *Personal Symptoms Index* (PSI) baik pada kantor divisi A dan B sebagian besar kurang dari atau sama dengan 2 yaitu tergolong pada gedung yang sehat secara kondisional di mana pada gedung terdapat potensi timbulnya gejala SBS antara 1 sampai 2 gejala. *Building Symptoms Index* (BSI) pada kantor divisi A adalah 1,29 dan 2 pada kantor divisi B. Pada gedung yang sehat, rata-rata PSI setiap tahunnya pada seorang karyawan kurang dari 1,5 (Gale *et al.*, 2005).

Kantor divisi A memiliki BSI kurang dari 1,5 namun pada kantor divisi B lebih dari 1,5. Kasus SBS pada kantor divisi B lebih bervariasi (terdapat 5 gejala) daripada kantor divisi A (terdapat 2 gejala). Besaran kasus SBS pada kantor divisi B juga lebih besar dengan gejala terbanyak *eye tiredness* (48,1%) dibandingkan dengan gejala *eye tiredness* pada kantor divisi A (40,9%). Persentase SBS dengan nilai PSI lebih dari 2 juga lebih banyak pada kantor divisi B (29,6%) daripada kantor divisi A (17,6%) di mana secara garis besar terdapat potensi terpapar kondisi gedung yang tidak sehat lebih banyak pada kantor divisi B daripada kantor divisi A.

Gejala SBS dan kasus SBS lebih banyak diderita pada karyawan pada ruangan dengan suhu hangat nyaman kecuali pada gejala *eye tiredness* dan *headache* yang lebih banyak diderita pada responden yang tinggal pada suhu lebih dari kriteria hangat nyaman. *Eye tiredness* dan

headache merupakan gejala gangguan muskular dan sekaligus neural yang apabila dikaitkan dengan suhu yang lebih tinggi hubungannya secara etiologis tidak dapat dijelaskan kecuali pada penurunan konsentrasi dan stress akibat suhu yang tidak nyaman.

Suhu merupakan variabel yang tidak signifikan mempengaruhi kasus SBS maupun gejala SBS. Pada penelitian ini pengaruh suhu bisa jadi tidak memberikan kontribusi pada munculnya gejala SBS, sehingga mungkin terdapat faktor lain yang lebih berpengaruh karena parameter suhu masih sesuai dengan persyaratan. Keluhan SBS akan meningkat apabila suhu terlalu dingin maupun terlalu panas (Jaakkola *dkk.*, 1989). Sejalan dengan hasil penelitian Ridho (2008) dan Ahmad (2011) yang meneliti pengaruh kualitas udara yang ber-AC, suhu tidak berpengaruh signifikan terhadap munculnya gejala SBS padahal parameter suhu tidak sesuai dengan persyaratan.

Walaupun tidak signifikan OR antara suhu dan *eye irritation* (OR = 0,590) dan kasus SBS berdasarkan PSI (OR = 0,605) menunjukkan pengaruh yang protektif yaitu semakin tinggi suhu maka semakin tidak berisiko SBS namun pada *eye tiredness* (OR = 2,215) menunjukkan pengaruh berupa risiko yaitu semakin tinggi suhu maka semakin berisiko muncul gejala *eye tiredness*.

Kasus SBS, gejala *eye irritation*, *eye tiredness* dan *sneezing* penderita lebih banyak pada ruangan dengan kelembapan relatif lebih dari 60% sedangkan pada gejala *headache*, *stuffy nose*, *fatigue/ tiredness* dan *cough* lebih banyak pada penderita yang berada pada ruangan dengan kelembapan relatif kurang dari 60%.

Kelembapan relatif pada 40–50% menghasilkan suatu kondisi yang paling sehat untuk tempat kerja dan memungkinkan menurunkan insiden infeksi pernapasan dan meningkatkan kecepatan kesembuhan penyakit flu (Burroughs dan Hansen, 2004). Kelembapan

Tabel 2.

Pengaruh Suhu terhadap SBS pada Responden Kantor Divisi A dan B Perusahaan X Tahun 2013

Dependen	p value	OR
<i>Eye irritation</i>	0,304	0,590
<i>Eye tiredness</i>	0,119	1,296
SBS	0,424	0,605

relatif yang terukur berada di atas persyaratan terutama pada kantor divisi B.

Gejala yang lebih banyak muncul pada kelembapan relatif di atas 60% adalah *eye irritation*, *eye tiredness* dan *sneezing*. Kelembapan relatif di bawah 30% dan di atas 60% dapat meningkatkan pertumbuhan bakteri dan virus berproliferasi pada kelembapan relatif di bawah 50% dan di atas 70% (Bas, 2004). Munculnya bakteri, virus dan materi organik lain dapat menimbulkan manifestasi kesehatan baik secara infeksius maupun iritan. Sehingga munculnya gejala SBS berupa *sneezing* dan *eye irritation* yang bisa jadi merupakan salah satu respons kekebalan tubuh terhadap materi asing (bisa jadi materi organik berupa bakteri, jamur atau virus) yang masuk pada saluran pernapasan walaupun secara etiologis sulit dijelaskan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh yang signifikan antara kelembapan relatif terhadap gejala maupun kasus SBS. Terdapat penelitian sejenis yang juga tidak terdapat hubungan antara munculnya gejala SBS dengan parameter fisik (Sari, 2009). Pengaruh langsung kelembapan terhadap munculnya gejala dapat dilihat pada kondisi kelembapan relatif yang rendah yaitu risiko efek iritan pada membran mukosa yang diakibatkan oleh udara kering (kelembapan rendah mengakibatkan udara kering dengan menyerap masa air yang ada pada permukaan membran mukosa) di mana akan meningkatkan sensitivitas dan mudahnya kerusakan pada mukosa.

Walaupun belum dapat dijelaskan etiologi secara langsung pengaruh kelembapan relatif yang tinggi (udara lembap) pada gejala SBS, perlu upaya menjaga kelembapan tetap rendah sangat penting dilakukan selain karena risiko tumbuhnya mikroorganisme patogen, kelembapan tinggi dapat mempercepat pembentukan gas dari bahan VOCs seperti formaldehid yang biasa digunakan pada perabotan (Burroughs dan Hansen, 2004).

Tidak signifikannya pengaruh kelembapan relatif terhadap munculnya gejala SBS dan besaran PSI bisa jadi karena belum adanya kaitan langsung antara besarnya kelembapan itu sendiri yang dapat menimbulkan manifestasi karena terdapat variabel antara berupa jumlah kuman dan jamur atau bahan kimia iritan tertentu yang disebabkan oleh tingginya kelembapan, suhu atau parameter lain. Selain itu besaran PSI yang lebih dari 2 gejala SBS (kasus SBS) lebih tinggi pada kelembapan lebih dari 60% sehingga walaupun tidak signifikan, kelembapan relatif berpengaruh sebagai risiko terhadap *eye tiredness* (OR = 1,296), kasus SBS berdasarkan besaran PSI (OR = 1,175) dan protektif terhadap *eye irritation* (OR = 0,605).

Hampir semua gejala SBS dan kasus SBS diderita oleh responden dengan konsentrasi CO₂ di bawah rerata, hanya *stuffy nose* saja yang lebih banyak diderita oleh responden yang tinggal di ruangan dengan konsentrasi CO₂ di atas rerata.

Gejala yang paling banyak diderita pada ruangan dengan konsentrasi lebih dari rata-rata adalah *stuffy nose* (12,5%) atau hidung tersumbat. Sedangkan untuk kasus SBS dan gejala SBS lain terjadi pada ruangan dengan konsentrasi karbon dioksida yang masih di bawah rata-rata. Konsentrasi karbon dioksida di atas 1000 ppm menyebabkan sakit kepala, mual, iritasi mata dan tenggorokan pada pekerja (Abdul-Wahab, 2011).

Seharusnya konsentrasi karbon dioksida dijaga tetap di bawah 1000 ppm (di bawah 800 ppm lebih direkomendasikan di mana risiko SBS akan menurun secara signifikan dengan menurunkan kadar karbon dioksida di bawah 800 ppm (Seppanen dkk. 1999; Sundell dkk. 2006).

Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi karbon dioksida tidak berpengaruh secara signifikan terhadap munculnya gejala maupun kasus SBS. Terdapat teori lain yang menjelaskan bahwa konsentrasi karbon dioksida pada 7,5% (7500 ppm) baru dapat menimbulkan gejala

Tabel 3.

Pengaruh Kelembapan Relatif terhadap SBS pada Responden Kantor Divisi A dan B Perusahaan X Tahun 2013

Dependen	p value	OR
<i>Eye irritation</i>	0,804	0,605
<i>Eye tiredness</i>	0,119	1,296
SBS	0,858	1,175

Tabel 4.

Pengaruh CO₂ terhadap SBS pada Responden Kantor Divisi A dan B Perusahaan X Tahun 2013

Dependen	p value	OR
<i>Eye irritation</i>	0,061	1,004
<i>Eye tiredness</i>	0,489	0,996
SBS	0,920	0,998

pusing, sakit kepala, lelah, kesulitan bernapas, berkeringat, lemas, peningkatan tekanan darah dan distorsi penglihatan (Clements-Croome, 2008). Sedangkan untuk konsentrasi karbon dioksida yang lebih tinggi dari 1000 ppm (0,1%) berhubungan dengan peningkatan persentase ketidakpuasan dan sensasi udara yang pengap saja namun tidak berkaitan dengan gejala apa pun.

Baru munculnya gejala setelah 7,5% dapat menjelaskan penyebab konsentrasi karbon dioksida yang tidak berpengaruh signifikan terhadap gejala dan kasus SBS yaitu pada konsentrasi tersebut belum dapat menimbulkan gejala yang begitu terlihat. Sehingga kemungkinan terdapat faktor lain yang lebih kuat mempengaruhi munculnya gejala SBS.

Walaupun tidak signifikan, kenaikan konsentrasi karbon dioksida berpengaruh sebagai proteksi terhadap *eye tiredness* (OR = 0,996) dan kasus SBS berdasarkan besaran PSI (OR = 0,998) dan sebagai risiko terhadap *eye irritation* (OR = 1,004).

Kasus SBS dan 4 gejala yang diderita oleh responden dengan dCO₂ lebih dari 700 ppm yaitu *sneezing*, *headache*, *stuffy nose* dan *cough* sedangkan sisanya diderita oleh responden yang tinggal pada ruangan dengan dCO₂ kurang dari 700 ppm.

Kriteria kenyamanan (bau) terkait dengan karbon dioksida yang dihasilkan oleh manusia tercapai apabila konsentrasi karbon dioksida di dalam ruangan melebihi konsentrasi dioksida di luar ruangan lebih dari 700 ppm (ASHRAE, 2004). Hasil pengukuran dan perhitungan menghasilkan kadar dCO₂ melebihi standar terutama pada kantor divisi A. Gejala *sneezing*, *headache*, *stuffy nose* dan *cough* banyak diderita pada ruangan dengan konsentrasi dCO₂ lebih dari 700 ppm. Kasus SBS justru lebih tinggi pada dCO₂ yang kurang dari 700 ppm.

Meningkatnya konsentrasi CO₂ yang lebih tinggi dibandingkan dengan udara luar mengindikasikan ventilasi yang tidak adekuat dan indikator meningkatnya konsentrasi pencemar tertentu yang pada akhirnya akan memicu timbulnya SBS (Apte dkk. 2000).

Hasil uji pengaruh menunjukkan dCO₂ berpengaruh signifikan terhadap munculnya kasus SBS dengan OR sebesar 1,011 di mana risiko SBS akan meningkat 1,011 kali pada setiap 1 ppm kenaikan dCO₂. Hal tersebut sejalan dengan penelitian di mana terdapat hubungan

Tabel 5.

Pengaruh dCO₂ terhadap SBS pada Responden Kantor Divisi A dan B Perusahaan X Tahun 2013

Dependen	p value	OR
<i>Eye irritation</i>	0,196	0,967
<i>Eye tiredness</i>	0,215	1,052
SBS	0,024	1,011

dosis-respons yang signifikan antara dCO₂ dan gejala seperti tenggorokan kering, iritasi hidung, kombinasi gejala gangguan membran mukosa, dada sesak dan mengi (Apte dkk. 2000). OR untuk beberapa gejala (membran mukosa berkisar antara 1,1–1,2 untuk setiap setiap 100 ppm peningkatan dCO₂ (40–610 ppm)) (Erdmann dkk. 2004).

Di sisi lain konsentrasi dCO₂ tidak berpengaruh signifikan terhadap gejala SBS sebagai proteksi terhadap *eye tiredness* (OR = 0,996), risiko terhadap *eye irritation* (OR = 1,052) dan besaran PSI secara kuantitatif. Hal tersebut bisa jadi disebabkan oleh faktor lain yang secara spesifik mempengaruhi gejala tersebut yang tidak berkaitan langsung dengan dCO₂.

Kasus SBS dan hampir semua gejala SBS lebih banyak pada responden yang tinggal pada ruangan dengan konsentrasi debu total kurang dari 0,014 mg/m³. Debu yang dihasilkan di area kantor berpengaruh terhadap munculnya perubahan psikologis dan gejala gangguan sensoris pada mata dan hidung (Pan dkk. 2000). Sebagian besar gejala justru diderita oleh responden yang tinggal pada ruangan dengan konsentrasi debu total kurang dari rerata (0,014 mg/m³).

Hasil uji menunjukkan tidak ada pengaruh signifikan konsentrasi debu total terhadap munculnya gejala, kasus SBS maupun besaran PSI. Pada penelitian ini debu total bisa jadi tidak memberikan kontribusi pada munculnya gejala SBS karena parameter suhu masih sesuai dengan persyaratan sehingga mungkin terdapat faktor lain yang lebih kuat dan potensial mempengaruhi SBS.

Persentase gejala SBS pada kelompok usia kurang dari 40 tahun relatif lebih tinggi (paling tinggi 48,6%) daripada kelompok usia lebih atau sama dengan 40 tahun (14,3%) karena memang sebagian responden berusia kurang dari 40 tahun. Kasus SBS hanya sedikit lebih tinggi pada usia lebih dari 40 tahun (27,3%) daripada yang berumur kurang dari 40 tahun (24,3%).

Tabel 6.

Pengaruh Debu Total terhadap SBS pada Responden Kantor Divisi A dan B Perusahaan X Tahun 2013

Dependen	p value	OR
<i>Eye irritation</i>	0,565	1,84
<i>Eye tiredness</i>	0,781	0,000
SBS	0,893	0,000

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa persentase semua gejala SBS pada kelompok umur kurang dari 40 tahun lebih tinggi. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ruth (2009) menunjukkan responden yang lebih berisiko mengalami SBS yaitu responden yang berusia antara 21–30 tahun. Gejala SBS *eye irritation* (OR = 1,169) dan *eye tiredness* (OR = 1,267) di mana risiko SBS justru ada pada usia yang lebih muda. Hasil uji pada PSI juga menunjukkan hasil yang konsisten dengan gejala SBS yaitu setiap peningkatan usia maka semakin kecil PSI (9%).

Namun untuk kasus SBS lebih tinggi pada kelompok usia lebih atau sama dengan 40 tahun yang dijelaskan dengan hasil uji pengaruh yang signifikan terhadap munculnya kasus SBS (OR = 1,274) di mana setiap peningkatan usia 1 tahun akan meningkatkan risiko SBS 1,274 kali.

Gejala SBS lebih banyak ditemukan pada karyawan berusia 30–39 tahun dan cenderung pada usia yang lebih muda (Ericksson dan Stenberg, 2006). Alasan usia lebih muda lebih tinggi adalah karena usia muda cenderung mengalami suasana psikososial dan sosial yang kurang menyenangkan dibandingkan dengan usia tua yang lebih berpengalaman. Selain itu disebabkan pula oleh *healthy worker effect* di mana pada usia lebih muda yang lebih sehat cenderung lebih bisa merasakan gejala yang sederhana dibandingkan dengan usia tua yang biasanya tidak memperhatikan gejala yang ringan karena lebih memperhatikan gejala penyakit kronis yang timbul seiring dengan semakin tuanya usia (Ooi dkk. 1998).

Tabel 7.

Pengaruh Usia terhadap SBS pada Responden Kantor Divisi A dan B Perusahaan X Tahun 2013

Dependen	p value	OR
<i>Eye irritation</i>	0,040	0,855
<i>Eye tiredness</i>	0,005	0,789
SBS	0,009	1,274

Perhatian pada karyawan yang lebih tua perlu ditingkatkan mengingat usia yang lebih tua cenderung tidak sensitif dan kurang berinisiatif dalam melaporkan gejala SBS.

Persentase gejala SBS relatif lebih tinggi pada laki-laki terutama pada gejala *eye irritation*, *eye tiredness*, *fatigue/tiredness* dan *cough*. Gejala *headache* dan *stuffy nose* sama antar laki-laki dan perempuan, sedangkan gejala *sneezing* dan kasus SBS lebih tinggi pada perempuan.

Prevalensi gejala biasanya lebih tinggi pada wanita daripada pria (Eriksson dan Stenberg, 2006). Hasil pengukuran menunjukkan persentase gejala SBS relatif sama antara laki-laki dan perempuan. Hal ini tidak sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ruth (2009) menunjukkan responden yang lebih berisiko mengalami SBS yaitu responden yang berjenis kelamin wanita. Hasil penelitian yang sejalan dengan teori adalah besaran kasus SBS (PSI) yaitu wanita lebih banyak merasakan jumlah gejala yang lebih dari 2 daripada laki-laki.

Hasil uji pengaruh menunjukkan bahwa jenis kelamin tidak berpengaruh signifikan dalam munculnya kejadian SBS. Walaupun tidak signifikan, jenis kelamin laki-laki berpengaruh sebagai risiko terhadap *eye tiredness* (OR = 2,492) dan *eye irritation* (OR = 6,546) namun menjadi proteksi pada kasus SBS berdasarkan besaran PSI (OR = 0,812). Secara teori wanita lebih sering melaporkan adanya gejala daripada pria karena wanita lebih sensitif dan peka merespons gejala (Gomzi dan Bobic, 2009). Wanita lebih sering merasakan gangguan psikososial dan seiring dengan itu keluhan SBS meningkat (Stenerg dkk. 1993) namun pada hasil penelitian pengukuran justru laki-laki yang relatif lebih banyak menderita SBS. Hal tersebut dapat disebabkan karena bias akibat hanya 25% responden wanita dari total responden yang ikut dalam penelitian sehingga persebaran variasi kurang bisa tepat diprediksi.

Persentase gejala relatif lebih tinggi pada karyawan yang tinggal di dalam ruangan

Tabel 8.

Pengaruh Jenis Kelamin Laki-laki terhadap SBS pada Responden Kantor Divisi A dan B Perusahaan X Tahun 2013

Dependen	p value	OR
<i>Eye irritation</i>	0,145	6,546
<i>Eye tiredness</i>	0,486	2,492
SBS	0,868	0,812

kurang atau sama dengan 8 jam. Semakin lama seseorang berada dalam ruangan maka potensi untuk terpapar kondisi ruangan tertentu menjadi lebih tinggi sehingga potensi munculnya gejala SBS akan lebih tinggi (Redlich dkk. 1997 dalam Abdul-Wahab, 2011).

Sebagian besar responden tinggal kurang dari 8 jam di dalam ruangan (81,8%). Hasil pengukuran menunjukkan persentase gejala SBS justru relatif lebih tinggi pada responden yang tinggal kurang dari 8 jam daripada responden yang tinggal lebih dari 8 jam. Namun pada persentase gejala *sneezing* dan *headache* lebih tinggi pada karyawan yang tinggal lebih lama dari 8 jam. Besaran kasus SBS (baik kurang dari atau lebih dari 2) sama antara kelompok lama tinggal kurang maupun lebuah dari 8 jam.

Lama tinggal merupakan variabel yang tidak mempengaruhi SBS dengan $p = 0,459$ bisa jadi karena rerata lama tinggal responden masih berada pada batas jam kerja dalam sehari yaitu 8 jam sehingga bisa jadi belum dapat menimbulkan risiko untuk timbulnya gejala maupun kasus SBS. Walaupun tidak signifikan, lama tinggal berpengaruh sebagai risiko terhadap *eye tiredness* (OR = 1,416) namun menjadi proteksi pada kasus SBS terhadap besaran PSI (OR = 0,848) dan *eye irritation* (OR = 0,812).

Sebagian besar gejala dan kasus SBS lebih banyak diderita oleh responden yang tinggal kurang dari 8 jam dalam sehari, sehingga walaupun lama tinggal karyawan masih dalam batas yang seharusnya tidak menutup kemungkinan terjadi SBS. Lama tinggal bukan faktor yang berpengaruh terhadap munculnya SBS, maka dari itu, walaupun lama tinggal karyawan masih sesuai dengan standar jam kerja, pengendalian kualitas lingkungan dalam ruangan harus tetap diperhatikan.

Persentase kasus dan gejala SBS lebih tinggi pada karyawan yang sering menggunakan fotokopi. Paparan terhadap pencemar kimia dapat berasal dari bahan yang biasa digunakan di kantor seperti penggunaan *photoprinting* berhubungan

dengan munculnya iritasi mukosa dan keluhan umum (Stenerg dkk. 1993). Pada penelitian ini sebagian besar responden (63,6%) menyatakan sering menggunakan mesin fotokopi dengan frekuensi penggunaan satu sampai beberapa kali dalam sehari. Kasus SBS dan sebagian besar gejala SBS muncul pada responden yang sering menggunakan mesin fotokopi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan mesin fotokopi tidak berpengaruh signifikan terhadap gejala maupun kasus SBS. Hal tersebut bisa jadi berkaitan adanya berbagai faktor lain yang mempengaruhi besarnya paparan yaitu lama menggunakan mesin fotokopi dan desain ventilasi yang telah dipasang di sekitar mesin fotokopi sehingga dapat menimbulkan bias karena dua faktor tersebut bisa jadi berbeda antara satu responden dengan yang lain.

Pengendalian pencemar kimia penting dilakukan. Emisi dari mesin fotokopi dan printer laser berupa total VOCs meliputi ethyl benzene, m-xylene, p-xylene, dan styreneo-xylene. VOC dapat menyebabkan iritasi mata, hidung dan saluran pernapasan, sakit kepala, pusing, gangguan penglihatan, gangguan ingatan. (US EPA, 2003). Bahaya lain dari mesin fotokopi adalah ozon yang merupakan iritan paru, namun karena masa paruh ozon sangat singkat dan mudah hilang setelah terlepas ke udara, maka kenaikan konsentrasi tidak memungkinkan, hal tersebut mungkin dapat menjelaskan mengapa penggunaan fotokopi tidak terlalu banyak berkontribusi terhadap munculnya gejala SBS (Burroughs dan Hansen, 2004).

Persentase kasus SBS dan gejala SBS relatif lebih tinggi pada karyawan yang memiliki ruang udara lebih dari 15 m³. Perbaikan pada desain gedung dengan pengurangan kepadatan penghuni ruangan dapat mengurangi gejala SBS sebanyak 20–50% (Commision of the European Communities, 1989). Kepadatan penghuni berkaitan dengan jumlah ruang udara yang disediakan untuk tiap penghuni. Hasil

Tabel 9.

Pengaruh Lama Tinggal terhadap SBS pada Responden Kantor Divisi A dan B Perusahaan X Tahun 2013

Dependen	p value	OR
<i>Eye irritation</i>	0,514	0,812
<i>Eye tiredness</i>	0,449	1,416
SBS	0,614	0,848

Tabel 10.

Pengaruh Penggunaan Fotokopi terhadap SBS pada Responden Kantor Divisi A dan B Perusahaan X Tahun 2013

Dependen	p value	OR
<i>Eye irritation</i>	0,893	1,157
<i>Eye tiredness</i>	0,738	1,427
SBS	0,720	1,421

pengukuran menunjukkan ruang udara pada karyawan menunjukkan semua telah memenuhi persyaratan ruang udara untuk tiap orang sebesar 10 m³ dengan gejala dan kasus SBS yang muncul justru lebih dominan pada responden dengan ruang udara lebih dari 15 m³.

Hasil uji pengaruh menunjukkan tidak ada pengaruh yang signifikan antara ketersediaan ruang udara pada munculnya gejala dan kasus SBS. Walaupun tidak signifikan, ketersediaan ruang udara berpengaruh justru menjadi proteksi terhadap *eye tiredness* (OR = 0,863), kasus SBS terhadap besaran PSI (OR = 0,458) dan *eye irritation* (OR = 0,893). Hal tersebut terjadi karena persediaan ruang udara yang masih memenuhi persyaratan pada kedua gedung masih cukup dan tidak menimbulkan risiko timbulnya gangguan kualitas udara sehingga kontribusinya terhadap SBS kemungkinan sangat kecil.

Persentase kasus SBS dan gejala SBS lebih tinggi pada responden yang area kerjanya menggunakan partisi. Keberadaan partisi berkaitan dengan distribusi udara (Codey, 2004) dan stress psikososial (Evans dan McCoy, 1998). Hasil pengukuran menunjukkan sebagian besar responden memiliki partisi pada area kerjanya terutama pada kantor divisi B. Kasus SBS dan sebagian besar gejala lebih banyak diderita oleh responden yang memiliki partisi. Uji pengaruh dengan hasil yang signifikan menunjukkan risiko tidak mengalami SBS *eye irritation* (OR = 30,30) dan *eye tiredness* (OR = 18,87) lebih tinggi pada responden yang tidak memiliki partisi pada area kerjanya (faktor proteksi). Sama halnya dengan besaran kasus SBS, walaupun tidak signifikan, tidak adanya partisi berpengaruh sebagai proteksi terhadap munculnya kasus SBS berdasarkan kriteria PSI (OR = 0,059).

Keberadaan partisi dapat menstagnankan sirkulasi udara sehingga distribusi udara tidak lancar. Distribusi udara yang tidak baik akan mempersulit pertukaran udara dan pengenceran pencemar spesifik dari suatu area. Penyediaan

Tabel 11.

Pengaruh Keberadaan Partisi terhadap SBS pada Responden Kantor Divisi A dan B Perusahaan X Tahun 2013

Dependen	p value	OR
<i>Eye irritation</i>	0,012	0,033
<i>Eye tiredness</i>	0,006	0,053
SBS	0,418	2,430

Tabel 12.

Pengaruh Ketersediaan Ruang Udara terhadap SBS pada Responden Kantor Divisi A dan B Perusahaan X Tahun 2013

Dependen	p value	OR
<i>Eye irritation</i>	0,476	0,893
<i>Eye tiredness</i>	0,386	0,863
SBS	0,699	0,944

udara juga dapat terhalang oleh keberadaan partisi sehingga memungkinkan persediaan udara yang terkondisikan dari AC tidak dapat tersebar merata dalam sebuah ruangan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Sumber pencemar (dari luar dan dalam ruangan), jalur masuk polutan, kegiatan karyawan dan sistem ventilasi pada kantor divisi A dan B hampir sama, hanya desain dan sistem AC yang berbeda antara dua kantor. Sebagian responden adalah laki-laki dengan usia dominan di bawah 40 tahun, sering menggunakan mesin fotokopi, rata-rata menetap di ruangan kurang dari 8 jam per hari dan semuanya memiliki ruang udara diatas 10 m³. Pada kantor divisi A dominan tidak memiliki partisi pada area kerjanya sedangkan pada kantor divisi B semua responden memiliki partisi pada area kerjanya.

Persepsi suhu, kelembapan dan pergerakan udara dominan menilai sudah sesuai namun untuk persepsi bau terdapat hampir separuh responden mengeluhkan adanya bau yang mengganggu (pada kantor divisi B) berupa bau busuk dan pada kantor A bau yang tercium bau bahan kimia.

Pada kantor divisi A dan B suhu dan debu total masih dalam kriteria persyaratan sedangkan karbon dioksida melebihi nilai yang dipersyaratkan untuk kenyamanan. Pada kantor divisi A dCO₂ melebihi nilai yang dipersyaratkan (ventilasi kurang adekuat) sedangkan kelembapan relatif masih berada di bawah rentang yang dipersyaratkan. Pada kantor divisi B kelembapan relatif tidak memenuhi persyaratan, sebaliknya namun dCO₂ masih sesuai persyaratan.

Gejala SBS (gejala yang diderita 20–50% penghuni) yang terdeteksi secara akumulatif dari kantor divisi A dan B adalah *eye irritation*, *eye tiredness* dan *headache*. Variasi gejala, persentase kasus SBS (kriteria) dan besaran BSI pada kantor divisi B lebih besar daripada kantor divisi A. Berdasarkan BSI (lebih dari 1) Kantor divisi A

dan B dikategorikan menjadi *conditionally healthy building*.

Faktor yang mempengaruhi SBS adalah kenaikan usia (semakin tua usia risiko untuk terjadi gejala *eye irritation* dan *eye tiredness* serta PSI semakin menurun, namun risiko menderita kasus SBS semakin meningkat). Faktor lain adalah tidak adanya partisi (risiko terjadinya gejala *eye irritation* dan *eye tiredness* akan menurun pada area kerja yang tidak memiliki partisi) dan dCO_2 (semakin tinggi dCO_2 berisiko terhadap munculnya kasus SBS (faktor risiko)).

Pada penelitian selanjutnya sebaiknya pengambilan sampel pengukuran kualitas udara dilakukan selama penghuni ada berada di ruangan (8 jam kerja) untuk melihat fluktuasi kualitas termal dan konsentrasi pencemar dari waktu ke waktu atau disesuaikan dengan SNI yang ditetapkan oleh BSN.

Dibutuhkan identifikasi faktor lain yang kemungkinan berpengaruh terhadap SBS. Berdasarkan gejala yang muncul berupa *eye irritation*, *eye tiredness* dan *headache* faktor yang potensial berkaitan adalah faktor biologi, faktor kimia spesifik (VOCs dan ozon), faktor psikososial, faktor *stressor* ergonomik dan *stressor* lain dari lingkungan (pencahayaan dan penggunaan VDT (monitor komputer)).

Pada aplikasi di perusahaan, upaya pengendalian masalah dCO_2 (peningkatan adekuasi ventilasi) pada kantor divisi A maupun B adalah dengan mengoperasikan jendela sebagai ventilasi alami dan pada kantor divisi B adalah investigasi kelembapan pada langit-langit serta kemungkinan adanya kebocoran pipa atau penampung air pada AC. Alternatif pengendalian kelembapan udara pada kantor divisi B dapat dilakukan dengan kontrol sumber pencemar dengan memasang *desiccant dehumidifier*.

Perhatian dan *early warning* terutama pada karyawan dengan usia lebih tua yang cenderung kurang peka untuk menyampaikan keluhan perlu ditingkatkan (sosialisasi pada karyawan untuk aktif melaporkan keluhan) atau dengan melampirkan kuesioner deteksi SBS dan kualitas udara pada pemeriksaan tahunan.

Perbaikan sirkulasi udara pada ruangan yang berpartisi (terutama pada kantor divisi B) dapat dilakukan dengan modifikasi sistem HVAC (konfigurasi arah kipas) atau posisi partisi yang lebih memungkinkan sirkulasi udara dari SAD (*supply air diffuser*) ke RAG (*return air grill*) dapat berjalan dengan lancar.

Kantor divisi A dan B terkategori menjadi *conditionally healthy building* sehingga pengendalian kualitas udara seharusnya dilakukan dengan eliminasi atau isolasi sumber pencemar (mesin fotokopi dan penghancur kertas), substitusi peralatan dan perabotan yang lebih tidak berbahaya dan pengendalian administratif (memperhatikan LDKB bahan yang digunakan), perawatan kebersihan ruangan dan sistem HVAC rutin, serta sosialisasi dan promosi kepada karyawan agar lebih aktif dalam melaporkan gangguan dan membantu menjaga kualitas udara ruangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul-Wahab, S.A. 2011. *Sick Building Syndrome in Public Buildings and Workplaces*. New York: Springer Heidelberg Dordrecht.
- Aditama, T.Y. dan T. Hastuti. 2002. *Kesehatan dan Keselamatan Kerja*. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta: 90–97.
- Ahmad, A.R. 2011. Hubungan Karakteristik Karyawan dan Kualitas Fisik Udara dengan Kejadian *Sick Building Syndrome* (SBS) di Gedung Nusantara I DPR-RI. *Skrripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Apte, M.G., Fisk, J.W., dan Daisey, J.M., 2000. Associations Between Indoor CO_2 Concentrations and Sick Building Syndrome Symptoms in U.S. Office Buildings: An Analysis of the 1994-1996 BASE Study Data. *Indoor Air* No. 10: 246–257.
- ASHRAE, 2004. *ASHRAE Standard 62.1-2004 Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. ANSI/ASHRAE. Georgia.
- Bas, E. 2004. *Indoor Air Quality: A Guide for Facility Managers*. Georgia: The Fairmont Press. Inc.
- Burroughs H.E., dan Hansen, S.J. 2004. *Managing Indoor Air Quality*. New York: Fairmont Press, Inc.
- Clements-Croome D.J. 2008. Work Performance, Productivity and Indoor Air. *SJWEH* No. 4: 69–78.
- Codey, R.J. 2004. *Indoor Air Quality*. New Jersey Department of Labor and Workforce Development.
- Commission of the European Communities. 1989. *Report No. 4 Sick Building Syndrome A Practical Guide*. Luxembourg: Commission of the European Communities.
- Cox, C. 2001. *Health Optimisation Protocol for Energy Efficient Buildings Final Report*. <http://hope.epfl.ch/> (sitasi pada 12 Juni 2013).
- Erdmann, Christine A dan Michael G A. 2004. Mucous Membrane and Lower Respiratory Building Related Symptoms in Relation to Indoor Carbon Dioxide Concentrations in the 100-Building BASE Dataset. *Indoor Air* 14 (Suppl 8): 127–134.
- Eriksson, N.M. dan B.G.T. Stenberg. 2006. Indoor Environment. *Scandinavian Journal of Public Health* No. 34: 387–396.
- Evans, G.W. dan McCoy, J.M. 1998. When Buildings Don't Work: The Role of Architecture in Human Health. *Journal of Environmental Psychology* No. 18: 85–94.

- Gale, J. Julian C., Siebers R., Howden-Chapman, P., dan Robyn Phipps. 2005. Is The Wellington Medical School Facility a Sick Building? *The Newzealand Medical Student Journal*, No. 3: 8–10.
- Gomzi, M. dan J. B. 2009. Sick Building Syndrome Do We Live and Work in Unhealthy Environment? *Periodicum Biologorum* Vol. 111 No 1: 79–84.
- Hartoyo, S. 2009. Faktor Lingkungan yang Berhubungan dengan Kejadian Sick Building Syndrome (SBS) di Pusat Laboratorium Forensik dan Uji Balistik Mabes Polri. *Thesis*. Semarang: Uninversitas Diponegoro.
- Jaakkola, J.J.K., O.P. Heinonen, dan O. Seppänen. 1989. Sick Building Syndrome, Sensation of Dryness and Thermal Comfort in Relation to Room Temperature in An Office Building: Need for Individual Control of Temperature. *Indoor Air Quality*, Vol. 15, No. 1–6: 163–168.
- OSHA. 1999. *OSHA Technical Manual*. http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_2.html (sitasi 3 Maret 2013).
- Oktora, B. 2008. Hubungan antara Kualitas Fisik Udara dalam Ruang (Suhu dan Kelembapan Relatif Udara) dengan Kejadian Sick Building Syndrome (SBS) pada Pegawai Kantor Pusat Perusahaan Jasa Konstruksi X di Jakarta Timur Tahun 2008. *Skripsi*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Ooi, P.L., K.T. Goh, M.H. Phoon, S.C. Food dan H.M. Yap. 1998. Epidemiology of Sick Building Syndrome and Its Associated Risk Factors in Singapore. *Occup Environ Med* 1998 No. 55:188–193.
- Pan Z., Mølhave L., dan Kjaergaard S.K. 2000. Effects on eyes and nose in humans after experimental exposure to airborne office dust. *Indoor Air*. Vol 10(4): 237–45.
- Ridho, A. 2008. Pengaruh Kualitas Udara dalam Ruangan Ber-AC pada Gedung Bertingkat terhadap Sick Building Syndrome. *Skripsi*. Surabaya: Universitas Airlangga.
- Ruth, S. 2009. Gambaran Kejadian Sick Building Syndrome (SBS) dan Faktor-Faktor yang Berhubungan pada Karyawan PT Elnusa Tbk di Kantor Pusat Graha Elnusa Tahun 2009. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia.
- Sari, D.W. 2009. Hubungan Parameter Fisik Kualitas Udara dalam Ruangan dengan gejala Sick Building Syndrome (SBS) pada Tiga Gedung di DKI Jakarta tahun 2009. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia.
- Seppänen O.A., Fisk W.J. dan Mendell MJ., 1999. Association of ventilation rates and CO2 concentrations with health and other responses in commercial and institutional buildings. *Indoor Air*, Vol. 9(4): 226–52.
- Stenerg, B., Mild, K.H., Sandström, M., Sundell, J., dan Stig Wall. 1993. A Prevalence Study of the Sick Building Syndrome (SBS) and Facial Skin Symptoms in Office Workers. *Indoor Air*, Vol. 3, No. 2: 71–81.
- Suganda, G.W. 2010. Evaluasi Kualitas Udara dalam Ruangan dan Kejadian Sick Building Syndrome di Kantor Pusat PT. X Jakarta, *Thesis*, Depok: Universitas Indonesia.
- Sundell, J., Levin, H., dan Novosel, D. 2006. *Final Report NCEMBT 070914: Ventilation Rates and Health Report of An Interdisciplinary Review of Scientific Literature*. National Energy Management and Building Technologies.
- US EPA. 2003. *A standardized EPA Protocol for Characterizing Indoor Air Quality in Large Office Buildings*. US Environmental Protection Agency.