



**EVALUASI KUALITAS UDARA DALAM RUANGAN
DAN KEJADIAN SICK BUILDING SYNDROME
DI KANTOR PUSAT PT. X JAKARTA**

Tesis

**NAMA : GELAR WINAYAWIDHI SUGANDA
NPM : 0806442374**

**PROGRAM STUDI
KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
MAGISTER FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
DEPOK
2010**



**EVALUASI KUALITAS UDARA DALAM RUANGAN DAN
KEJADIAN SICK BUILDING SYNDROME
DI KANTOR PUSAT PT. X JAKARTA**

Tesis

Diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister

Keselamatan Kesehatan Kerja

**NAMA : GELAR WINAYAWIDHI SUGANDA
NPM : 0806442374**

**PROGRAM STUDI
KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
MAGISTER FAKULTAS KESEHATAN MASYARAKAT
DEPOK
2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar

Nama : Gelar Winayawidhi Suganda

NPM : 0806442374

Tanda Tangan : 

Tanggal : 8 Juli 2010

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama : Gelar Winayawidhi Suganda

NPM : 0806442374

Mahasiswa Program : Pasca Sarjana

Tahun Akademik : 2008 / 2009

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan kegiatan plagiat dalam penulisan tesis saya yang berjudul:

Evaluasi Kualitas Udara Dalam Ruangan dan Kejadian Sick Building Syndrome di Kantor Pusat PT. X Jakarta

Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan plagiat maka saya akan menerima sanksi yang ditetapkan

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 8 Juli 2010



(Gelar Winayawidhi Suganda)

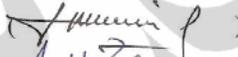
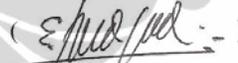
HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh

Nama : Gelar Winayawidhi Suganda
NPM : 0806442374
Program Studi : Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja
Judul Tesis : Evaluasi Kualitas Udara Dalam Ruangan dan Kejadian Sick Building Syndrome di Kantor Pusat PT. X Jakarta

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja, pada Program Sudi Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Sjahrul Meizar Nasri, M.Sc ()
Penguji : dra. Fatma Lestari, Msi, PhD ()
Penguji : dr. M. Heru Sunardjo, MKK ()
Penguji : Dr. Eko Pudjadi, M.Sc ()

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 9 Juli 2010

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya tesis ini dapat diselesaikan. Shalawat dan salam semoga selalu disampaikan kepada Rasulullah Muhammad SAW. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak sejak masa perkuliahan sampai dengan penyusunan tesis maka hal ini tidak akan tercapai. Oleh karena itu bersama ini saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Sjahrul Meizar Nasri, M.Sc yang telah memberikan bimbingan dan dukungan kepada penulis
2. Ibu dra. Fatma Lestari, Msi, PhD, Bapak dr. M. Heru Sunardjo, MKK, dan Bapak Dr. Eko Pudjadi, M.Sc selaku tim penguji yang telah memberikan banyak masukan dan dukungan kepada penulis
3. Seluruh staf dan karyawan Departemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia.
4. Seluruh staf dan karyawan PT PERTAMINA EP khususnya Field Tambun, Proyek Pengembangan Pondok Makmur, Field Bunyu, Region Jawa, Region KTI, Fungsi HSE, Fungsi SCM, dan Fungsi HRD atas bantuan dan pengertiannya.
5. Seluruh staf dan karyawan PT PERTAMINA (Persero) dan Pertamina Learning Centre selaku pemberi beasiswa.
6. Istriku tercinta Devie Fitri Octaviani sebagai tempat diskusi, sumber dukungan dan kekuatan di setiap waktu, *we've made it hun.*
7. Orangtua penulis, Prof. Dr. Asep Gana Suganda; dra. Erna Rusita Gana, Apt; Dr. Gardjito, M.Sc; Sri. Redjeki, S.Sos yang selalu memberikan doa dan dukungan.
8. Saudara-saudara penulis, Ganjar Ergantara Suganda, Frieda Haryani, Galuh, Leon, Dessie Pramessary, dan Andika Pramudyatama, yang selalu memberikan semangat dan dukungan.
9. Keluarga besar penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan

10. Seluruh teman-teman MK3 2008
11. Tim renang HMTL-ITB, Tim sepakbola dan basket TL-ITB 98, Tim sepakbola PTM-Bunyu, Tim basket PTM-Bunyu, Tim futsal PPPDT, dan Band PPPDT yang memberikan tempat untuk mengasah kecerdasan disini lain.
12. Seluruh pihak, kerabat, dan teman yang tidak dapat penulis tuliskan satu-persatu,

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi bangsa, negara, dan agama.

Depok, 28 Juni 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA
ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini.

Nama	: Gelar Winayawidhi Suganda
NPM	: 0806442374
Program Studi	: Keselamatan dan Kesehatan Kerja
Departemen	: Keselamatan dan Kesehatan Kerja
Fakultas	: Kesehatan Masyarakat
Jenis karya	: Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

EVALUASI KUALITAS UDARA DALAM RUANGAN DAN KEJADIAN
SICK BUILDING SYNDROME DI KANTOR PUSAT PT. X JAKARTA

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia / formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 8 Juli 2010

Yang menyatakan



(Gelar Winayawidhi S.)

ABSTRAK

Nama : Gelar Winayawidhi Suganda
Program Studi : Keselamatan dan Kesehatan Kerja
Judul : Evaluasi Kualitas Udara Dalam Ruangan dan Kejadian Sick Building Syndrome di Kantor Pusat PT. X Jakarta

Seiring dengan waktu, pembangunan di kota-kota besar bergeser ke arah vertikal dengan sistem ventilasi buatan. Hal tersebut berdasarkan berbagai penelitian dapat meningkatkan resiko Sick Building Syndrome (SBS) di gedung-gedung dimaksud. Kantor Pusat PT. X berada di Gedung Y dengan karakteristik demikian. Tesis ini bertujuan untuk mengetahui kualitas udara dalam ruangan, karakteristik umum pekerja, dan kejadian SBS di Kantor Pusat PT. X. Berdasarkan penelitian beberapa parameter kualitas udara seperti CO₂, kelembaban, dan *ventilation rate* tidak memenuhi Standar. Didapatkan juga beberapa kasus mirip SBS seperti iritasi mata (16.13 %) dan kelelahan (13.98 %). Kejadian SBS kemungkinan merupakan hasil interkoneksi berbagai faktor termasuk kualitas udara dan karakteristik responden.

Kata Kunci : Kualitas Udara Dalam Ruangan, Sick Building Syndrome, Nilai Ambang Batas, Karakteristik Pekerja

ABSTRACT

Name : Gelar Winayawidhi Suganda
Major : Occupational Health and Safety
Title : Evaluation on Indoor Air Quality and Sick Building Syndrome Case in The Headquarter of PT. X

Recently development of big city has been swifited to vertical development with artificial ventilation. According to vast amount of research that situation could lead to Sick Building Syndrome (SBS) cases. The Headquarter of PT. X located at Y Building has that charasteristic. This Theses aims on knowing indoor air quality (IAQ), workers' characteristics and SBS cases in The Headquarter of PT. X. According to this research some parameters e.g. CO₂, relative humidity and ventilation rate are out of standards. Some cases has also been found, e.g. eye irritation (16.13 %) and fatigue (13.98 %). These cases may be a result of many factors including IAQ and workers' characteristics.

Kata Kunci : Indoor Air Quality, Sick Building Syndrome, Treshold Limit Value, Workers' Characteristics

DAFTAR ISI

HALAMAN COVER	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
SURAT PERNYATAAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vii
ABSTAK / ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Pertanyaan Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kualitas Udara dan Kesehatan	6
2.1.1. Ozon	6
2.1.2. Nitrogen Oksida	7
2.1.3. Volatile Organic Compounds (VOCs)	8
2.1.4. Sulfur Dioksida (SO ₂)	8
2.1.5. Karbon Monoksida (CO)	8
2.1.6. Partikulat	9
2.1.7. Kontaminan Udara Lainnya	9
2.2 Kualitas Udara Dalam Ruangan	10
2.2.1. Overview Sistem Ventilasi	11
2.2.2. Polusi Udara Dalam Ruangan	12
2.3 Sick Building Syndrome (SBS)	13
2.4 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kejadian SBS	21
2.4.1. Indoor Air Quality	21

	2.4.1.1 Faktor Fisika	21
	2.4.1.2 Faktor Kimia	24
	2.4.1.3 Faktor Biologis	28
	2.4.2. Kondisi Personal Penghuni Gedung	30
2.5	Kerangka Teori.....	31
3	KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS	
3.1	Kerangka Konsep.....	33
3.2	Definisi Operasional Variabel.....	35
3.3	Hipotesis.....	45
4	METODOLOGI PENELITIAN DAN RENCANA ANALISIS	
4.1	Rancangan Penelitian.....	46
4.2	Populasi dan Sampel Penelitian.....	46
4.3	Pengumpulan Data	49
	4.3.1. Pengumpulan Data Primer	49
	4.3.2. Pengumpulan Data Sekunder	50
4.4	Rencana Analisis Data.....	58
5	HASIL PENELITIAN	
5.1	Kualitas Udara dalam Ruangan di Kantor Pusat PT. X	59
	5.1.1. Suhu	68
	5.1.2. Kelembaban	70
	5.1.3. Ventilation Rate	71
	5.1.4. Recirculation Rate	72
	5.1.5. Kebisingan	73
	5.1.6. Pencahayaan	76
	5.1.7. Karbondioksida	78
	5.1.8. Karbonmonoksida	80
	5.1.9. PM ₁₀ dan PM _{2.5}	81
	5.1.10. Hidrogen Sulfida	83
	5.1.11. Ozon	84
	5.1.12. Nitrogen Dioksida	85
	5.1.13. Sulfur Dioksida	86
	5.1.14. Formaldehide	87
5.2	Karakteristik Umum Pekerja Kantor Pusat PT. X	89
	5.2.1. Gender	90
	5.2.2. Usia	90
	5.2.3. Riwayat Alergi	91

	5.2.4. Riwayat Asma	92
	5.2.5. Kebiasaan Merokok	92
	5.2.6. Tekanan Kerja	93
5.3	Gejala SBS di Kantor Pusat PT. X	93
	5.3.1. Iritasi Mata	94
	5.3.2. Iritasi Hidung / Bersin-Bersin	95
	5.3.3. Hidung Tersumbat	96
	5.3.4. Radang Tenggorokan	97
	5.3.5. Suara Serak	98
	5.3.6. Batuk-Batuk	100
	5.3.7. Gejala Seperti Asma	101
	5.3.8. Kesulitan Bernafas	101
	5.3.9. Kulit Kering Disekitar Tangan	102
	5.3.10. Wajah Seperti Terbakar	103
	5.3.11. Kelelahan	104
	5.3.12. Sakit Kepala	105
	5.3.13. Sulit Berkonsentrasi	106
6	PEMBAHASAN	
6.1	Keterbatasan Penelitian	109
6.2	Kualitas Udara dalam Ruangan di Kantor Pusat PT. X	110
	6.2.1. Suhu	111
	6.2.2. Kelembaban	112
	6.2.3. Ventilation Rate	112
	6.2.4. Recirculation Rate	113
	6.2.5. Kebisingan	113
	6.2.6. Pencahayaan	114
	6.2.7. Karbondioksida	115
	6.2.8. Karbonmonoksida	116
	6.2.9. PM ₁₀ dan PM _{2,5}	117
	6.2.10. Hidrogen Sulfida	118
	6.2.11. Ozon	119
	6.2.12. Nitrogen Dioksida	119
	6.2.13. Sulfur Dioksida	120
	6.2.14. Formaldehyde	120
6.3	Karakteristik Umum Pekerja Kantor Pusat PT. X	120
	6.3.1. Gender	121
	6.3.2. Usia	121
	6.3.3. Riwayat Alergi / Riwayat Asma	121

	6.3.4. Kebiasaan Merokok	122
	6.3.5 Tekanan Kerja	122
6.4	Gejala SBS di Kantor Pusat PT. X	122
	6.4.1. Iritasi Mata	123
	6.4.2. Iritasi Hidung / Bersin-Bersin	123
	6.4.3. Hidung Tersumbat	124
	6.4.4. Radang Tenggorokan	124
	6.4.5. Suara Serak	125
	6.4.6. Batuk-Batuk	126
	6.4.7. Gejala Seperti Asma.....	126
	6.4.8. Kesulitan Bernafas	126
	6.4.9. Kulit Kering Disekitar Tangan	127
	6.4.10. Wajah Seperti Terbakar	127
	6.4.11. Kelelahan	128
	6.4.12. Sakit Kepala	128
	6.4.13. Sulit Berkonsentrasi	129
	6.4.14. Penyebab di Kelompok Membrane Mucous Symptoms	129
	6.4.15. Penyebab di Kelompok Skin Symptoms	130
	6.4.16. Penyebab di Kelompok General Symptoms	131
7	KESIMPULAN DAN SARAN	
	7.1 Kesimpulan	132
	7.2 Saran	133

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kerangka Teori	32
Gambar 3.1	Kerangka Konsep Penelitian.....	34
Gambar 4.1	Blok Kerja AHU Tipikal Setiap Lantai.....	47
Gambar 5.1	Denah Titik Sampling Lantai 21.....	60
Gambar 5.2	Denah Titik Sampling Lantai 22	61
Gambar 5.3	Denah Titik Sampling Lantai 23	62
Gambar 5.4	Denah Titik Sampling Lantai 25	63
Gambar 5.5	Denah Titik Sampling Lantai 26	64
Gambar 5.6	Denah Titik Sampling Lantai 27	65
Gambar 5.7	Denah Titik Sampling Lantai 28	66
Gambar 5.8	Denah Titik Sampling Lantai 29	67
Gambar 5.9	Memperlihatkan Partisi Tipikal Di Kantor Pusat PT.X Dengan Furniture Kayu, Karpet, Dan Bahan Kain Untuk Kursi Dan Pelapis Partisi	68
Gambar 5.10	Memperlihatkan Partisi Tipikal Di Kantor Pusat Pt.X Dengan Furniture Kayu, Karpet, Dan Bahan Kain Untuk Kursi Dan Pelapis Partisi	68
Gambar 5.11	Memperlihatkan Ruang Rapat Tipikal Di Kantor Pusat PT.X	68
Gambar 5.12	Memperlihatkan Pantry yang Ada Di Setiap Lantai	68
Gambar 5.13	Thermo-Hygrometer GMK-930HT	68
Gambar 5.14	Anemometer AM-4202	71
Gambar 5.15	Sound Level Meter Tenmars IEC 651 Type I	74
Gambar 5.16	Digital Lux Meter YF 1065	76
Gambar 5.17	Graywolf Toxic Gas Monitor	78
Gambar 5.18	Lighthouse Particle Counter	82
Gambar 5.19	Riken Keiki FP30 Formaldehyde Detector	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Faktor-Faktor yang Akan Disertakan dalam Panduan IAQ	16
Tabel 2.2	Parameter Kunci dan Metode Sampling	19
Tabel 3.1	Definisi Operasional Variabel	35
Tabel 4.1	Populasi Per Lantai Kantor Pusat PT. X.....	48
Tabel 4.2	Metode Pengukuran Parameter-Parameter Fisika Dan Kimia	51
Tabel 5.1	Hasil Pengukuran Suhu Ruangan	69
Tabel 5.2	Hasil Pengukuran Kelembaban	70
Tabel 5.3	Hasil Pengukuran Debit Udara Luar yang Dimasukkan kedalam Sistem	71
Tabel 5.4	Perhitungan Ventilation Rate per Lantai	72
Tabel 5.5	Perhitungan Debit Suplai Udara Per Lantai	72
Tabel 5.6	Hasil Pengukuran Kebisingan	74
Tabel 5.7	Hasil Pengukuran Tingkat Pencahayaan	77
Tabel 5.8	Hasil Pengukuran Karbondioksida	79
Tabel 5.9	Hasil Pengukuran Karbonmonoksida	80
Tabel 5.10	Hasil Pengukuran PM ₁₀ dan PM _{2.5}	81
Tabel 5.11	Hasil Pengukuran Hidrogen Sulfida	83
Tabel 5.12	Hasil Pengukuran Ozon	84
Tabel 5.13	Hasil Pengukuran Nitrogen Dioksida	85
Tabel 5.14	Hasil Pengukuran Sulfur Dioksida	87
Tabel 5.15	Hasil Pengukuran Formaldehyde	88
Tabel 5.16	Sebaran Responden Setiap Lantai	89
Tabel 5.17	Pengelompokkan Gender Responden	90
Tabel 5.18	Usia Responden	90
Tabel 5.19	Pengelompokkan Usia Responden	91
Tabel 5.20	Riwayat Alergi Responden	91
Tabel 5.21	Riwayat Asma Responden	92
Tabel 5.22	Kebiasaan Merokok Responden	92
Tabel 5.23	Tekanan Kerja yang Dialami Responden	93
Tabel 5.24	Frekuensi Gejala Iritasi Mata	94
Tabel 5.25	Waktu Dialaminya Iritasi Mata Oleh Responden	95
Tabel 5.26	Frekuensi Gejala Iritasi Hidung/Bersin-bersin	95
Tabel 5.27	Waktu Dialaminya Iritasi Hidung/Bersin Oleh Responden	96
Tabel 5.28	Frekuensi Gejala Hidung Tersumbat	96
Tabel 5.29	Waktu Dialaminya Gejala Hidung Tersumbat Oleh Responden	97

Tabel 5.30	Frekuensi Gejala Radang Tenggorokan	97
Tabel 5.31	Waktu Dialaminya Gejala Radang Tenggorokan Oleh Responden	98
Tabel 5.32	Frekuensi Gejala Suara Serak	99
Tabel 5.33	Waktu Dialaminya Gejala Suara Serak Oleh Responden	99
Tabel 5.34	Frekuensi Gejala Batuk-batuk	100
Tabel 5.35	Waktu Dialaminya Gejala Batuk-Batuk Oleh Responden	100
Tabel 5.36	Frekuensi Gejala Seperti Asma	101
Tabel 5.37	Frekuensi Gejala Kesulitan Bernafas	101
Tabel 5.38	Frekuensi Gejala Kulit Kering Disekitar Tangan	102
Tabel 5.39	Waktu Dialaminya Gejala Kulit Kering Disekitar Tangan Oleh Responden	103
Tabel 5.40	Frekuensi Gejala Wajah Seperti Terbakar	103
Tabel 5.41	Frekuensi Gejala Kelelahan	104
Tabel 5.42	Waktu Dialaminya Gejala Kelelahan Oleh Responden	104
Tabel 5.43	Frekuensi Gejala Sakit Kepala	105
Tabel 5.44	Waktu Dialaminya Gejala Sakit Kepala Oleh Responden	106
Tabel 5.45	Frekuensi Sulit Berkonsentrasi	106
Tabel 5.46	Waktu Dialaminya Gejala Sulit Berkonsentrasi Oleh Responden	107
Tabel 5.47	Frekuensi Per Gejala SBS	107

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Kuesioner Sick Building Syndrome
- Lampiran 2 Lay-Out VAC Tipikal



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Perhatian terhadap kualitas udara dalam ruangan meningkat dalam beberapa dekade terakhir. Menurunnya cadangan dan produksi migas serta berkurangnya ketersediaan lahan telah memicu desain gedung-gedung perkantoran modern. Desain perkantoran modern saat ini terutama di kota-kota besar secara umum memiliki ciri sebagai berikut :

- a. Memanfaatkan lahan yang sempit, sehingga pembangunan dilakukan secara vertikal.
- b. Bangunan dibuat kedap dengan sistem ventilasi tersendiri dengan *ventilation rate* yang direduksi.

Di **kota-kota besar** termasuk Jakarta **gedung-gedung tinggi** seperti dimaksud telah mengisi keseharian kehidupan masyarakatnya.

Desain tersebut telah cukup berhasil mengatasi masalah ketersediaan lahan dan juga menurunkan biaya operasi terkait penggunaan bahan bakar mineral. Namun demikian di sisi lain telah juga mereduksi kualitas udara dalam ruangan di gedung-gedung pencakar langit tersebut. Peningkatan perhatian terhadap masalah IAQ juga didorong oleh fakta bahwa polusi udara yang terjadi dalam ruangan akan lebih sulit untuk disebar dan diencerkan dibandingkan dengan udara terbuka luar ruangan.

Berbagai penelitian di negara-negara maju menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara IAQ dengan fenomena *building-related syndrome* dan *sick-building syndrome (SBS)*. Sebenarnya tidak terdapat definisi yang baku tentang SBS. Namun demikian terdapat kesepakatan bahwa SBS merupakan fenomena yang berkaitan dengan masalah kesehatan dan kenyamanan dengan beberapa simptom seperti *mucous membrane symptoms*, simptom umum seperti kelelahan

dan sakit kepala, bahkan *skin symptoms*. Keluhan-keluhan SBS juga umumnya sangat samar dan sering diabaikan karena dianggap sebagai pilek atau flu biasa.

Berbagai penelitian yang dilakukan di negara-negara maju menunjukkan **prevalensi** kejadian SBS yang cukup tinggi. Pada penelitian WHO di tahun 1984 ditemukan bahwa prevalensi SBS di gedung-gedung baru di Amerika Serikat mencapai 30 % dari populasi okupansinya (Pauncu, Elena-Ana, et.al. 2001). Penelitian lain yang dilakukan di Amerika Serikat dan Kanada menunjukkan bahwa 20-35 % orang mengeluhkan gejala SBS di gedung-gedung tinggi bahkan di gedung-gedung dengan IAQ yang masih dibawah Nilai Ambang Batas yang ditentukan (Gomzi, Milica ; Bobic, Jasminka. 2009).

SBS juga diestimasi dapat menimbulkan **kerugian** terhadap ekonomi suatu Negara. Kerugian akibat SBS merupakan kerugian yang utamanya disebabkan oleh *non-productive time*. Penelitian di Britania Raya juga menunjukkan bahwa SBS menimbulkan kerugian yang diestimasi mencapai 400,000 £ di tahun 1990 (Burge, PS. 2004).

1.2. PERMASALAHAN

PT. X merupakan perusahaan nasional yang berkantor pusat di lantai 21 sampai dengan lantai 29 Gedung Y di daerah Jakarta Selatan. Gedung tersebut memiliki karakteristik gedung dengan sistem sirkulasi udara terpusat. PT. X sendiri memiliki 754 orang karyawan yang berkegiatan di gedung tersebut dan menghabiskan sebagian besar waktu kerjanya dalam gedung Y. Dengan demikian terdapat kemungkinan terjadinya fenomena SBS terhadap pekerja kantor pusat PT. X.

PT X juga belum pernah melakukan pemantauan kualitas udara dalam ruangan sejak berpindah ke kantor ini di tahun 2007. Berdasarkan observasi awal yang dilakukan antara Agustus – November 2009 terdapat beberapa hal yang dapat mempengaruhi terjadinya SBS. Gedung Y tidak didesain untuk merokok, namun khusus di Lantai 21 – 29 disediakan ruangan merokok darurat dengan

perlengkapan filter udara. Berdasarkan keterangan engineer gedung filter tersebut hanya memiliki kemampuan untuk menyaring 40 % asap rokok yang diemisikan.

Gedung juga didesain dengan menggunakan karpet dan partisi dari bahan *plywood*. Bahan-bahan dimaksud memiliki potensi yang cukup tinggi untuk melepaskan *volatile organic compounds* (VOCs) termasuk *formaldehyde* ke udara. Selain itu karpet juga dapat menyimpan potensi gangguan terhadap IAQ berupa mikroorganisme dan debu. VOCs, mikroorganisme, debu, dan komponen-komponen asap rokok tersebut diduga dapat memicu kejadian SBS.

1.3. PERTANYAAN PENELITIAN

- a. Bagaimana kualitas udara dalam ruangan di kantor pusat PT. X
- b. Bagaimana karakteristik umum (gender, usia, riwayat alergi, riwayat asma, kebiasaan merokok, dan tekanan kerja) pekerja kantor pusat PT. X
- c. Berapa prevalensi SBS yang dialami oleh para pekerja kantor pusat PT. X

1.4. TUJUAN PENELITIAN

a. Tujuan umum :

Mengetahui gambaran kualitas udara dalam ruangan di kantor pusat PT X dan mendapatkan gambaran kejadian SBS di perusahaan tersebut.

b. Tujuan khusus :

1. Diketuinya kualitas udara (faktor fisik : temperatur, kelembaban, *ventilation rate*, pencahayaan, dan kebisingan serta faktor kimia : PM₁₀, PM_{2.5}, H₂S, O₃, NO₂, SO₂, CO₂, CO, dan *formaldehyde*) dalam ruangan di kantor pusat PT X

UNIVERSITAS INDONESIA

2. Diketuinya karakteristik umum pekerja (gender, usia, riwayat alergi, riwayat asma, kebiasaan merokok, dan tekanan kerja) yang berpotensi menjadi confounding factor terhadap kejadian SBS
3. Diketuinya prevalensi SBS (yang ditandai dengan minimal salah satu gejala iritasi mata, iritasi hidung/bersin-bersin, hidung tersumbat, radang tenggorokan, suara serak, batu-batuk, gejala seperti asma, kesulitan bernafas, kulit kering, iritasi kulit wajah, kelelahan, sakit kepala, dan kesulitan berkonsentrasi) yang dialami oleh para pekerja kantor pusat PT. X
4. Didapatkannya rekomendasi paling feasible untuk perbaikan kualitas udara dalam ruangan di PT X bila diperlukan

1.5. RUANG LINGKUP PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Gedung Y namun hanya berfokus pada lantai-lantai yang diisi oleh PT. X (8 dari 33 lantai). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui gambaran kualitas udara dalam ruangan, gambaran karakteristik umum pekerja, dan gambaran kejadian SBS tanpa menghubungkan ketiga faktor diatas. Dalam penelitian ini tidak seluruh parameter kualitas udara diukur, hanya sebagian faktor fisika dan kimia tanpa mengikutkan faktor biologis.

1.6. MANFAAT PENELITIAN

a. Untuk Perusahaan

1. Sebagai masukan bagi pimpinan Perusahaan dalam merumuskan kebijakan kesehatan kerja terutama terkait dengan kualitas udara dalam ruangan.
2. Sebagai masukan untuk disampaikan kepada pengelola gedung sesuai kontrak penggunaan gedung yang berlaku.

b. Untuk pekerja :

Dapat mengetahui langkah antisipatif dalam menyikapi kualitas udara dalam ruangan di PT X



UNIVERSITAS INDONESIA

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. KUALITAS UDARA DAN KESEHATAN

Udara terdiri dari berbagai jenis gas dan membentuk lapisan atmosfer bumi. Menurut Reese (2004) , udara murni terdiri dari 78 % Nitrogen, 21 % Oksigen, dan gas / substansi lainnya sampai dengan 100 %. Berbagai substansi tersebut bisa terdapat di udara secara alamiah (seperti kebakaran hutan, gunung berapi, mikroorganisme, dan bahan kimia yang dihasilkan oleh hewan serta tumbuhan) maupun hasil aktivitas manusia (emisi gas buang kendaraan bermotor, industri, bahkan aktivitas rumah tangga). Substansi-substansi tersebut umumnya berupa senyawa / unsur kimia dan substansi biologis. Sebagian substansi tersebut merupakan pengotor / polutan yang sebenarnya tidak diinginkan kehadirannya di udara karena dapat mengganggu aktivitas manusia termasuk kesehatannya.

Beberapa pengotor / polutan yang umumnya berada di udara dan dihirup manusia justru dihasilkan sebagian besarnya akibat aktivitas keseharian manusia. Diantara substansi tersebut yang umum ditemukan antara lain adalah Ozon (O_3), Total Suspended Particulate (TSP), Particulate Matter dengan diameter $< 2.5 \mu$ ($PM_{2.5}$) atau Particulate Matter dengan diameter $< 10 \mu$ (PM_{10}), Sulphur Dioxide (SO_2), Carbon Monoxide (CO), Carbon dioxide (CO_2), Nitrogen Oxide (NO_x), dan Volatile Organic Compounds (VOCs). Masing-masing substansi tersebut dan beberapa substansi lainnya seperti logam beracun dan berbagai senyawa organik persisten dapat memiliki efek kesehatan terhadap manusia (Reese, 2004).

2.1.1 OZON (O_3)

Ozon merupakan gas yang secara alamiah terdapat di udara. Keberadaan ozon dapat meningkat disebabkan oleh kegiatan manusia yang menghasilkan polutan berupa nitrogen oksida (NO_x) dan volatile organic compounds (VOCs).

NO_x dan VOCs bereaksi satu sama lain dengan bantuan sinar ultraviolet dari matahari (reaksi fotokimia) dan didukung oleh udara yang stagnan menghasilkan ozon. Ozon yang berada di permukaan harus dibedakan secara fungsi dengan lapisan ozon yang berada pada lapisan atmosfer yang lebih tinggi. Ozon pada lapisan atmosfer yang lebih tinggi berfungsi untuk melindungi permukaan bumi dari paparan sinar ultraviolet yang berasal dari spektrum cahaya matahari. Ozon pada lapisan permukaan bumi ditengarai dapat menimbulkan berbagai efek kesehatan pada manusia.

Beberapa efek kesehatan yang dapat ditimbulkan oleh ozon diantaranya adalah :

1. Kerusakan jaringan dan sel, terkait dengan sifat ozon yang sangat reaktif.
2. Ozon pada konsentrasi rendah dapat menimbulkan gangguan pada fungsi paru-paru
3. Ozon juga dapat memicu serangan asma

Batasan ozon di udara bebas menurut WHO (2000) adalah 100 µg/m³ rata-rata dalam 8 jam. Beberapa negara Eropa melaporkan bahwa tingkat kematian harian meningkat sebesar 0.3 % per kenaikan 10 µg/m³ ozon di udara bebas.

2.1.2 NITROGEN OKSIDA (NO_x)

Nitrogen oksida meliputi berbagai jenis gas yang berasal dari senyawa Nitrogen dan Oksigen. Diantaranya yang paling sering ditemui adalah nitrogen oksida (NO), nitrogen dioksida (NO₂) dan dinitrogen oksida (N₂O). Sumber utama nitrogen oksida dari kegiatan manusia berasal dari pembakaran pada kendaraan, industri, dan rumah tangga. Nitrogen oksida dapat ditransfer dalam jarak jauh di atmosfer.

Nitrogen oksida pada level yang tinggi dapat mengganggu fungsi paru-paru dan iritasi pada saluran pernafasan. Nitrogen oksida juga dapat menimbulkan gejala-gejala bronkhitis dan asma (Reese, 2004).

2.1.3 VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS (VOCs)

Volatile Organic Compounds (VOCs) adalah adalah kelompok hidrokarbon yang bersifat mudah menguap pada temperatur normal. VOCs umumnya ditemukan pada konsentrasi yang lebih tinggi pada udara dalam ruangan dibandingkan udara luar ruangan dan umumnya VOCs berada pada kadar yang sangat rendah. Terdapat berbagai jenis VOCs di alam, baik itu VOCs alami maupun buatan manusia. Beberapa diantaranya memiliki efek buruk terhadap kesehatan, termasuk benzene, toluene, xylene, dan formaldehyde. Benzene dan formaldehyde merupakan bahan yang bersifat karsinogenik. VOCs umumnya bersifat iritan terhadap saluran pernafasan, kulit, maupun mata manusia dengan nilai ambang batas berbeda-beda.

2.1.4 SULFUR DIOKSIDA (SO₂)

Sulfur dioksida merupakan senyawa yang secara alami terdapat di udara, diantaranya dari gunung berapi. Pada konsentrasi tinggi SO₂ dapat mengganggu fungsi paru-paru dan menjadi iritan bagi mata dan saluran pernafasan. SO₂ dapat dihasilkan oleh kegiatan manusia melalui proses pembakaran bahan bakar yang mengandung sulfur baik pada keperluan transportasi, industri, maupun rumah tangga. Nilai ambang batas SO₂ menurut WHO adalah 20 µg/m³ rata-rata dalam 24 jam dan 500 µg/m³ rata-rata dalam 10 menit.

2.1.5 KARBON MONOKSIDA (CO)

CO seperti juga sulfur dioksida dihasilkan secara alami melalui gunung berapi maupun kebakaran hutan. Sumber utama CO dari kegiatan manusia adalah melalui pembakaran bahan bakar, terutama kendaraan bermotor. Konsentrasi CO

UNIVERSITAS INDONESIA

di daerah perkotaan relatif lebih tinggi dibandingkan konsentrasi CO di daerah rural terkait dengan lebih banyaknya sumber emisi CO di perkotaan. CO merupakan gas yang tidak berbau dan memiliki afinitas lebih tinggi terhadap haemoglobin (Hb) dibandingkan oksigen. Dengan demikian apabila terhirup CO akan menggantikan oksigen di Hb sehingga dapat mengakibatkan suplai oksigen dalam tubuh berkurang. Hal tersebut dapat menghasilkan pengurangan kemampuan kerja sampai dengan kematian.

2.1.6 PARTIKULAT

Partikulat (Particulate Matter/PM) terdiri dari berbagai jenis komponen, termasuk diantaranya nitrat, ammonia, karbon, air, debu mineral, dan garam (Reese,2004). PM terdiri dari campuran kompleks antara padatan dan cairan baik organik maupun anorganik. PM berefek negatif terhadap lebih banyak orang dibandingkan polutan lainnya. Partikulat dikategorikan berdasarkan ukuran diameter aerodinamisnya. Pembagian tersebut diantaranya adalah PM₁₀ (partikulat dengan diameter aerodinamis $\leq 10 \mu\text{m}$) dan PM_{2.5} (partikulat dengan diameter aerodinamis $\leq 2.5 \mu\text{m}$). PM_{2.5} memiliki bahaya yang lebih tinggi dibandingkan PM₁₀. Hal ini disebabkan karena PM_{2.5} dapat berpenetrasi dan memberikan efek sampai dengan daerah bronkiolus pada paru-paru. Paparan terhadap partikulat berkontribusi terhadap peningkatan resiko terkena penyakit kardiovaskular dan pernafasan, bahkan berkontribusi terhadap peningkatan resiko kanker paru.

2.1.7 KONTAMINAN UDARA LAINNYA

Diluar kontaminan-kontaminan udara diatas terdapat berbagai kontaminan udara lainnya yang terdapat di atmosfer bagian bawah, beberapa diantaranya adalah hidrogen sulfida (H₂S), senyawa-senyawa sulfur tereduksi dalam kelompok Total Reduced Sulphur compounds (TRS), uap logam, dan Persistent

UNIVERSITAS INDONESIA

Organic Pollutants (POPs) (Reese,2004). Kesemuanya secara umum dihasilkan dari aktivitas manusia dan memiliki efek negatif terhadap kesehatan.

2.2. KUALITAS UDARA DALAM RUANGAN

Perhatian terhadap kualitas udara dalam ruangan meningkat dalam beberapa dekade terakhir. Menurunnya cadangan dan produksi migas serta berkurangnya ketersediaan lahan telah memicu desain gedung-gedung perkantoran modern (Reese, 2004). Desain perkantoran modern saat ini terutama di kota-kota besar secara umum memiliki ciri sebagai berikut :

- a. Memanfaatkan lahan yang sempit, sehingga pembangunan dilakukan secara vertikal.
- b. Bangunan dibuat kedap dengan sistem ventilasi tersendiri dengan *ventilation rate* yang direduksi.

Desain tersebut telah cukup berhasil mengatasi masalah ketersediaan lahan dan juga menurunkan biaya operasi terkait penggunaan bahan bakar mineral. Namun demikian di sisi lain telah juga mereduksi kualitas udara dalam ruangan di gedung-gedung pencakar langit tersebut.

Kualitas udara dalam ruangan dari gedung-gedung dengan karakteristik seperti tersebut diatas pada umumnya tergantung dari sistem ventilasi yang digunakan selain sumber-sumber polutan yang mungkin ada dalam gedung dimaksud. Terdapat beberapa hal yang juga membuat studi kualitas udara dalam ruangan menjadi sesuatu yang kompleks, diantaranya :

- a. Setiap lantai bisa memiliki desain yang berbeda dengan tingkat okupansi yang berbeda pula menyesuaikan dengan kebutuhan dan organisasi kerja yang ada.
- b. Terdapat kemungkinan perubahan / renovasi di masing-masing lantai termasuk penggantian karpet baru, penambahan partisi baru, dan perubahan sarana dan peralatan yang digunakan dengan potensi emisi polutan yang berbeda pula.

UNIVERSITAS INDONESIA

- c. Data mengenai polutan di udara dalam ruangan di negara berkembang termasuk Indonesia masih sangat minim.
- d. Gejala-gejala yang ditimbulkan oleh kualitas udara dalam ruangan yang buruk sangat samar dan berbeda pada setiap orang.
- e. Batasan paparan per orang terhadap polutan-polutan yang ada di udara dalam ruangan masih terbatas.
- f. Ventilasi yang digunakan dalam ruangan dimaksud.

2.2.1 OVERVIEW SISTEM VENTILASI

Sistem ventilasi dari suatu bangunan dapat dibuat secara alamiah, secara buatan, maupun gabungan keduanya. Ventilasi secara alamiah umumnya dibuat dengan menggunakan bukaan di bangunan seperti jendela, pintu, dan lain-lain sehingga udara luar dapat memasuki ruangan dan bersirkulasi dalam ruangan. Gedung-gedung modern di perkotaan umumnya menggunakan sistem ventilasi buatan / mekanis.

Dalam Gedung-gedung modern *Heating , Ventilation and Air Conditioning (HVAC) system* memiliki peranan penting dalam menjaga orang-orang di dalamnya tetap nyaman dan sehat. Untuk mencapai tujuan tersebut umumnya HVAC didesain dengan banyak fungsi termasuk memberikan suplai udara ke dalam ruangan, melakukan sirkulasi udara, menyaring udara masuk dan udara keluar, serta mengatur temperatur ruangan (Reese,2004).

HVAC umumnya terdiri dari blower untuk menggerakkan udara, sistem *ducting* untuk menyalurkan udara ke masing-masing lantai dan ruangan, serta vent untuk mendistribusikannya. Selain itu terdapat juga sistem *exhaust*, diantaranya berupa exhaust fan untuk membuang udara kotor dari dalam ruangan. Sistem *exhaust* diletakkan pada jarak yang cukup dari sistem suplai udara untuk mengakomodasi sirkulasi udara yang baik. Selain itu HVAC juga dapat dilengkapi sistem pendingin ruangan maupun pemanas ruangan bila diperlukan. Berbeda dengan negara-negara subtropis, Indonesia merupakan negara dengan

iklim tropis sehingga sistem ventilasi buatan di negara ini tidak menggunakan fungsi *heating* (pemanas).

The *American Society of Heating, Refrigeration, and Air Conditioning Engineering* (ASHRAE) merekomendasikan laju pertukaran udara sebesar 20 CFM/person untuk udara perkantoran. Laju pertukaran udara tersebut dianggap cukup untuk mendilusi kontaminan dalam bangunan dan memelihara kesehatan lingkungan dalam ruangan. Keluhan terhadap kualitas udara dalam ruangan meningkat secara signifikan dalam perkantoran dengan jumlah suplai udara luar yang kurang (Reese, 2004).

2.2.2 POLUSI UDARA DALAM RUANGAN

Sistem ventilasi yang kurang baik dapat menghasilkan akumulasi polutan dalam ruangan. Polutan bias terdapat dalam ruangan dari berbagai sumber, baik itu dari udara luar maupun dari peralatan dan aktivitas yang terdapat dalam ruangan itu sendiri. Sumber polutan dari luar gedung dapat masuk melalui sistem ventilasi ataupun terbawa oleh okupan. Sumber polutan dalam ruangan diantaranya asap rokok, komponen bangunan dan furniture, aktivitas pemeliharaan, aktivitas housekeeping, dan emisi gas buang dari peralatan kantor.

Di tahun 1990-an NIOSH telah melakukan studi kualitas udara dalam ruangan dan menyimpulkan bahwa sumber polusi udara dalam ruangan umumnya disebabkan oleh sumber-sumber sebagai berikut :

- a. Kurangnya ventilasi (52%)
- b. Kontaminasi dari dalam gedung (16%)
- c. Kontaminasi dari luar gedung (10%)
- d. Kontaminasi mikrobiologis (5%)
- e. Kontaminasi dari material dan produk dalam gedung (4%)
- f. Sumber yang tidak diketahui (13%)

Berdasarkan studi NIOSH diatas disebutkan bahwa sekitar 16 % kontaminasi berasal dari dalam gedung, dan 5% tambahan berasal dari material serta produk

UNIVERSITAS INDONESIA

yang digunakan di gedung tersebut. Salah satu sumber dimaksud diantaranya adalah *formaldehyde* yang dapat diemisikan dari insulasi gedung (jenis urea-formaldehyde foam insulation), particleboard, plywood, lem, adesif, bahan karpet dan kain. Sumber lainnya termasuk serat kaca, berbagai pelarut organik (dari lem dan bahan adesif), bahan kimia dari mesin foto kopi dan printer, pestisida, pembersih ruangan, dan asap rokok.

Berdasarkan studi yang sama juga disebutkan bahwa 10 % kontaminasi udara dalam ruangan berasal dari luar ruangan. Sumber utamanya adalah sistem intake dan exhaust udara yang ditempatkan pada posisi yang kurang baik selain pengaruh angin. Polusi yang masuk kedalam sistem inlet dapat berasal dari emisi gas buang kendaraan bermotor, bau dari tempat pembuangan sampah terdekat, dan dari exhaust gedung itu sendiri maupun gedung sekitarnya.

2.3. SICK BUILDING SYNDROME (SBS)

Pengaruh kualitas udara dalam ruangan terhadap kesehatan telah menarik banyak ahli untuk menelitinya lebih lanjut. Pada tahun 1979 WHO telah membentuk suatu kelompok kerja untuk meneliti dan mengevaluasi aspek kesehatan terkait dengan kualitas udara dalam ruangan. Diluar temuan terhadap efek karsinogenik dari asbestos dan hidrogen, kelompok kerja ini juga menemukan hubungan antara *formaldehyde* dan asap rokok dengan prevalensi iritasi saluran pernafasan dan mata.

Lebih jauh lagi kelompok kerja dimaksud menemukan keluhan yang sama terutama dari penelitian di Amerika Serikat dan negara-negara Skandinavia. Keluhan dimaksud adalah adanya berbagai gejala yang tidak spesifik terkait dengan kualitas udara dalam ruangan. Kelompok ini kemudian membagi bangunan menjadi bangunan sehat, bangunan sakit sementara (temporary sick building), dan bangunan sakit permanen (permanent sick building). Kelompok bangunan kedua mengacu pada bangunan baru dan bangunan yang baru direkonstruksi dengan permasalahan yang akan berkurang seiring waktu dan sebagian besar pada akhirnya akan hilang. Kelompok bangunan ketiga mengacu

UNIVERSITAS INDONESIA

pada bangunan dengan permasalahan kesehatan penghuni yang bisa bertahan selama bertahun-tahun bahkan terhadap upaya-upaya perbaikan. Dari temuan tersebut WHO kemudian mengeluarkan suatu istilah *sick building syndrome* (SBS).

Berdasarkan WHO, 2000 (Guidelines for Air Quality) disebutkan bahwa SBS merupakan efek kesehatan kompleks dengan etiologi yang tidak spesifik yang menyerang penghuni gedung-gedung tertentu dan segera hilang begitu yang bersangkutan meninggalkan gedung dimaksud. Gejala-gejala SBS termasuk iritasi pada selaput lendir, iritasi pada kulit dan mata, sesak di dada, kelelahan, sakit kepala, rasa tidak nyaman pada tubuh, kelesuan, kurang konsentrasi, gangguan bau, dan gejala seperti influenza. SBS biasanya tidak bisa langsung dikaitkan dengan kelebihan paparan terhadap polutan tertentu ataupun kurangnya ventilasi, namun demikian terdapat beberapa faktor yang berpengaruh, diantaranya :

- a. Faktor fisika, termasuk temperatur, kelembaban, pencahayaan, *ventilation rate*, kebisingan, dan getaran
- b. Faktor kimia, termasuk diantaranya asap rokok, HCHO, VOC, pestisida, senyawa-senyawa berbau, CO, CO₂, NO₂, dan O₃
- c. Faktor biologis dan faktor psikologis

Diasumsikan bahwa interaksi berbagai faktor tersebut mempengaruhi kejadian SBS walaupun belum didapatkan bukti yang pasti mengenai mekanisme interaksi antara faktor-faktor tersebut. Beberapa ahli di WHO menyatakan bahwa prevalensi SBS di berbagai gedung modern dengan sistem HVAC bisa mencapai 30 % dari populasi gedung. WHO kemudian membuat suatu panduan untuk melakukan pengelolaan terhadap sistem ventilasi gedung pada tahun 1983. Panduan ini dimaksudkan antara lain untuk mengurangi konsentrasi polutan di dalam ruangan serta mencegah kejadian SBS pada penghuni gedung.

Mengingat kualitas udara dalam ruangan memiliki pengaruh yang besar terhadap efek kesehatan penghuni gedung (termasuk SBS), maka pada kualitas udara dalam ruangan selalu menjadi perhatian dalam pertemuan WHO Working

UNIVERSITAS INDONESIA

Group. Pada pertemuan WHO Working Group yang dilaksanakan di Bilthoven, Belanda tahun 2000 dihasilkan 9 pernyataan terkait dengan kualitas udara dalam ruangan sebagai berikut (WHO,2000) :

- a. Semua orang berhak untuk mendapatkan kualitas udara dalam ruangan yang sehat
- b. Semua orang berhak untuk mendapatkan informasi mengenai substansi berbahaya yang ada di tempat kerjanya termasuk hak untuk mendapatkan pengelolaan yang efektif terhadap substansi berbahaya yang ada pada udara dalam ruangan
- c. Tidak ada satu agen pencemar pada konsentrasi yang berbahaya dapat dilepaskan kedalam udara dalam ruangan
- d. Setiap organisasi, individu, ataupun grup terkait dengan bangunan memiliki tanggung jawab untuk menyediakan kualitas udara yang baik dan dapat diterima oleh penghuni gedung
- e. Kondisi sosial-ekonomi penghuni gedung tidak boleh menjadi penghalang untuk mendapatkan kualitas udara yang baik dalam ruangan
- f. Setiap organisasi memiliki kewajiban untuk melaksanakan pengukuran dan evaluasi yang komprehensif terhadap kualitas udara dalam ruangan
- g. Pada saat terdapat resiko untuk terjadinya pemaparan bahan berbahaya dalam ruangan maka harus segera dilakukan pencegahan terhadap pemaparan tersebut
- h. Pihak yang mengakibatkan polusi udara dalam ruangan wajib bertanggungjawab terhadap kejadian termasuk melaksanakan mitigasi dan remediasi
- i. Kualitas udara dalam ruangan juga harus memperhatikan integritas ekologi baik secara lokal maupun global dan kepentingan generasi mendatang

Berdasarkan poin-poin diatas maka setiap usaha untuk mencegah dan menanggulangi pengotoran udara dalam ruangan serta berbagai konsekuensinya terhadap kesehatan harus dilakukan oleh pihak penyedia kerja maupun pemilik gedung.

UNIVERSITAS INDONESIA

Pada pertemuan WHO Working Group berikutnya di Bonn, Jerman di tahun 2006 dengan tema Pengembangan Panduan Kualitas Udara Dalam Ruangan WHO disepakati berbagai faktor yang perlu diikutkan dalam pembuatan panduan pemantauan kualitas udara dalam ruangan. Faktor-faktor tersebut dipilih sebagai faktor-faktor utama yang dapat menimbulkan efek negatif terhadap kesehatan diantara berbagai faktor yang telah diuraikan diatas. Tabel 2.1. memperlihatkan faktor-faktor dimaksud.

Tabel 2.1. Faktor-faktor yang Akan Disertakan dalam Panduan IAQ

No.	Faktor	Keterangan
1.	Formaldehyde	
2.	Benzene	
3.	Naphtalene	
4.	Nitrogen Dioksida (NO ₂)	
5.	Karbon monoksida (CO)	
6.	Radon (Rn)	
7.	Particulate Matter	Particulate Matter 2.5 dan Particulate Matter 10
8.	Senyawa terhalogenasi	
9.	PAH	Khususnya Benzo-a-pyrene
10.	Kelembaban	
11.	Ventilasi	Alami / Mekanis
12.	Alergen	Tungau / Dari hewan peliharaan
13.	Bahan bakar	Padat/Cairan/Gas/Listrik
14.	Kualitas pembakaran	

Sumber : Development of WHO Guidelines for Indoor Air Quality, WHO, Bonn, 2006

Selain WHO, berbagai lembaga dan institusi juga telah melakukan riset terkait SBS. Salah satu studi paling komprehensif yang pernah dilakukan terkait

UNIVERSITAS INDONESIA

dengan SBS adalah studi yang dilakukan oleh *United States Environmental Protection Agency (US-EPA) - Indoor Air Division, Office of Radiation and Indoor Air (ORIA)*. Studi dimaksud diberi nama *The Building Assessment and Survey Evaluation (BASE)*.

Studi BASE merupakan suatu studi kros-seksional yang mengumpulkan informasi mengenai parameter-parameter inti dari kualitas udara dalam bangunan. Sampling kualitas udara dalam ruangan dilakukan 1 kali pada musim panas atau musim dingin. Pengambilan sampel dilakukan selama 1 minggu dengan protokol yang sama. Selama pengambilan sampel kualitas udara dalam ruangan dilakukan juga pengambilan sampel udara luar ruangan dan penyebaran kuesioner kepada para penghuni gedung.

Studi BASE dilakukan dalam periode 5 tahun sejak 1994 sampai dengan 1998 dan melibatkan 100 gedung komersial maupun pemerintahan termasuk 4326 penghuninya di seluruh Negara Bagian Amerika Serikat. Data hasil studi kemudian dimasukkan kedalam suatu sistem database untuk memudahkan studi dan review lebih lanjut.

Selain studi BASE pada periode yang berdekatan, yaitu tahun 1995 – 1998 dilakukan juga studi mengenai kualitas udara dalam ruangan oleh Divisi lain US-EPA, yaitu *Office of Research and Development (ORD)*. Studi tersebut diberi nama *Temporal Indoor Monitoring Evaluation (TIME)*. Studi TIME memiliki metodologi yang mirip dengan studi BASE namun dilakukan 4 kali dalam setahun sehingga meliputi pengambilan sampel disetiap musim. Studi TIME mencakup 56 bangunan pemerintahan dan juga dimasukkan kedalam *database* yang sama dengan studi BASE.

Berdasarkan studi BASE dan TIME indikator dari terjadinya SBS adalah sebagai berikut : (www.epa.gov/iaq/pubs/sbs.html)

- a. Penghuni gedung mengeluhkan gejala-gejala yang terkait dengan ketidaknyamanan secara akut, misalnya sakit kepala, iritasi mata, hidung, atau tenggorokan, batuk kering, kulit kering / gatal, kesulitan berkonsentrasi, kelelahan, dan sensitivitas terhadap bau

UNIVERSITAS INDONESIA

- b. Penyebab gejala-gejala tersebut tidak diketahui
- c. Sebagian besar keluhan reda segera setelah penghuni meninggalkan gedung dimaksud

Data yang didapat dari studi BASE maupun studi TIME banyak memperlihatkan hubungan antara berbagai kontaminan udara dan faktor lingkungan yang terkait dengan SBS. Beberapa faktor lain juga memiliki hubungan dengan SBS berdasarkan studi tersebut termasuk di dalamnya faktor psikososial penghuni gedung dan faktor ergonomik. Untuk memudahkan studi lanjutan maupun studi sejenis US-EPA telah membuat suatu protokol standar untuk melakukan pemantauan IAQ dalam suatu gedung.

Protokol dimaksud diberi judul "*A Standardized EPA Protocol for Characterizing Indoor Air Quality in Large Office Buildings*" dan versi terbarunya diberlakukan secara efektif mulai Februari 2003. Berdasarkan protokol tersebut maka langkah-langkah pelaksanaan monitoring kualitas udara dalam ruangan standar EPA adalah sebagai berikut :

- a. Kunjungan awal, dilakukan segera setelah bangunan yang akan dipelajari dipilih. Kunjungan awal dimaksudkan untuk memverifikasi cocok atau tidaknya gedung untuk dijadikan objek studi, mengidentifikasi area untuk monitoring. Aktivitas yang dilakukan pada kunjungan awal diantaranya adalah :
 - Bertemu dengan pemilik/manajer gedung
 - Mengumpulkan data awal gedung, termasuk data-data mengenai desain penempatan ruangan per lantai dan sistem HVAC termasuk AHU
 - Mengumpulkan data mengenai jumlah dan kerapatan penghuni gedung
 - Mengidentifikasi jumlah area studi potensial
- b. Pemilihan area studi dan lokasi pelaksanaan monitoring dalam area studi
 Pemilihan area studi pada dasarnya dilakukan dengan memperhatikan data awal yang dikumpulkan berupa jumlah dan kerapatan penghuni gedung, sistem HVAC termasuk jumlah AHU, dan tidak tumpang tindih satu sama lainnya. Area monitoring dipilih dengan memperhatikan adanya sistem

UNIVERSITAS INDONESIA

monitoring tetap dan mobil. Pada setiap bangunan ditempatkan empat alat monitoring tetap dalam ruangan dan satu alat monitoring tetap diluar ruangan (outdoor). Perangkat monitoring outdoor ditempatkan sedekat mungkin dengan intake dari AHU. Pengukuran mobil dilakukan untuk melakukan pengukuran real-time di 5 titik dalam bangunan dengan 4 diantaranya di titik yang sama dengan lokasi monitoring tetap.

c. Monitoring lapangan

Monitoring lapangan dilakukan terhadap parameter-parameter kunci dan parameter-parameter tambahan. Parameter kunci merupakan parameter-parameter yang selalu diukur di setiap gedung yang menjadi objek studi EPA. Parameter-parameter kunci dan metode pengumpulan datanya tersebut dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Parameter Kunci dan Metode Sampling

No.	Parameter	Metode Sampling
Real time / portable samples		
1	Temperatur udara	Sensor
2	Kelembaban	Sensor
3	CO ₂	Monitor/Pompa
4	CO	Monitor/Passive diffusion/Pompa
5	Kebisingan	Sensor
6	Pencahayaan	Sensor
Integrated samples		
7	PM _{2.5}	Pompa/impactor, filter
8	PM ₁₀	Pompa/impactor, filter
9	VOCs	Pompa, cartridge multisorbent, SUMMA canister
10	Formaldehyde	Pompa, DNPH cartridge
11	Bioaerosols	Pompa/impactor, media agar
12	Radon	Passive diffusion charcoal

UNIVERSITAS INDONESIA

		monitor
13	Bulk Biologicals	Sterile disposable pippetes, sterile sampling bottles, sample collection bags
Pengukuran HVAC		
14	Supply/Return Airflow Rate	Duct traverse/pitot tube
15	Supply/Return Airflow Temperature	Sensor
16	Supply/Return Airflow Rel. Humidity	Sensor
17	Percent Outdoor Air Intake- Outdoor, Supply, Return Air	CO ₂ Monitor
18	Outdoor Air Intake Rate	Duct traverse/pitot tube
19	Exhaust Fan Airflow Rate	Flow capture hood, Duct traverse/pitot tube
20	Supply Diffuser Airflow Rate	Flow capture hood
21	Supply Diffuser Temperature	Sensor
22	Supply Diffuser Relative Humidity	Sensor
23	Supply Diffuser Carbon Dioxide	Sensor

Sumber : A Standardized EPA Protocol For Characterizing Indoor Air Quality in Large Office Buildings, EPA, 2003

Prinsip pengukuran lapangan yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

- Harus dapat mencakup data-data fisika, kenyamanan, dan informasi mengenai kualitas lingkungan
- Dilakukan dengan metode standar sehingga data yang dikumpulkan valid
- Pengukuran dilakukan dengan gangguan sekecil mungkin terhadap aktivitas dalam gedung
- Tidak mahal untuk dilakukan

UNIVERSITAS INDONESIA

d. Penyebaran Kuesioner Kepada Penghuni Gedung

2.4. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KEJADIAN SICK BUILDING SYNDROME

Berdasarkan pembahasan diatas, bila dirangkum secara umum SBS banyak dipengaruhi oleh faktor-faktor IAQ dan psikososial penghuni gedung. Lebih lanjut faktor-faktor dimaksud dapat diterangkan sebagai berikut :

2.4.1 INDOOR AIR QUALITY

2.4.1.1 Faktor Fisika

- **Temperatur**
Temperatur udara merupakan salah satu parameter yang berpengaruh terhadap kenyamanan. Suhu yang terlalu tinggi ataupun terlalu rendah bisa mempengaruhi konsentrasi dan kemampuan kerja seseorang. Temperatur yang terlalu tinggi menyebabkan seseorang kehilangan cairan lebih cepat dan pada kondisi ekstrim bisa menyebabkan heat stroke. Sebaliknya pada temperatur yang rendah memaksa seseorang untuk bekerja lebih keras untuk mempertahankan suhu tubuhnya tetap pada kondisi normal. Pada kondisi ekstrim temperatur yang terlalu dingin bisa menyebabkan frost bite. Pada kedua kondisi diatas baik temperatur terlalu tinggi ataupun terlalu rendah tubuh bisa merasakan kelelahan lebih cepat daripada normal dan mengalami berbagai gejala termasuk gejala-gejala SBS (EIR.2009). Berdasarkan standar ASHRAE 55-2004 temperatur ruangan sebaiknya dijaga antara 19 – 24⁰ C sebagai temperatur optimal dalam bekerja. Berdasarkan Kep. Men. Kes. No. 1405 Tahun 2002 tentang

UNIVERSITAS INDONESIA

Persyaratan Kesehatan Lingkungan kerja Perkantoran dan Industri suhu yang dipersyaratkan untuk udara dalam ruangan adalah antara 18-28⁰ C. Dalam Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 54 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Kualitas Udara Dalam Ruangan (KUDR) suhu yang dipersyaratkan adalah 23-28⁰ C.

- Kelembaban

Sama seperti temperatur kelembaban yang tidak sesuai dengan tubuh akan memaksa tubuh untuk mencapai kesetimbangan (EIR.2009). Hasilnya kelembaban yang terlalu tinggi ataupun rendah juga bisa menghasilkan kelelahan pada tubuh. Kelembaban yang terlalu tinggi, diatas 70 % bisa menyebabkan seseorang dehidrasi, dilain pihak kelembaban tinggi juga menyokong pertumbuhan mikroorganisme termasuk mikroorganisme patogen (EIR.2009), sedangkan kelembaban yang lebih rendah juga, dalam hal ini < 30 % berpengaruh terhadap kejadian SBS (Gomzi, Milica. Bobic, Jasminka. 2009). Berdasarkan ASHRAE kelembaban yang dipersyaratkan adalah antara 30-60 %, sementara berdasarkan Kep.Men.Kes. No. 1405 Tahun 2002 maupun Per. Gub. DKI Jaya No. 54 Tahun 2008 kelembaban yang dipersyaratkan adalah sebesar 40-60 %

- Ventilation Rate

Berbagai penelitian menunjukkan pengaruh ventilation rate yang terlalu rendah terhadap keluhan kesehatan termasuk didalamnya gejala SBS. Ventilation rate < 10 L/detik/orang merupakan salah satu faktor yang berkontribusi pada SBS (Gomzi, Milica. Bobic, Jasminka. 2009). Penelitian lainnya menunjukkan bahwa kecepatan mengetik sesorang meningkat ketika debit ventilasi ditingkatkan dari 3 menjadi 10-30 L/detik/orang (Burge,PS.2004).

UNIVERSITAS INDONESIA

ASHRAE sendiri mensyaratkan ventilation rate (jumlah suplai udara luar kedalam ruangan) minimal 20 cfm/orang dalam suatu gedung dan untuk ruangan khusus seperti ruangan merokok ventilation rate disyaratkan sebesar 60 cfm/orang (EPA,2009). Ventilation rate memang berpengaruh terhadap mitigasi kontaminan dalam ruangan selain juga suplai udara segar bagi penghuni gedung. Hal inilah yang menjadi alasan mengapa ventilation rate menjadi krusial dalam pencegahan SBS.

- **Pencahayaan**
Pencahayaan yang kurang bisa memaksa mata untuk berakomodasi maksimum sedangkan pencahayaan yang terlalu kuat juga bisa menimbulkan glare dan memaksa mata untuk mengurangi intensitas cahaya yang masuk kedalamnya. Kedua kondisi ini pada akhirnya bisa menimbulkan kelelahan dan memicu gejala-gejala SBS lainnya. Besarnya pencahayaan dalam ruangan diatur dalam Per.Gub. DKI Jaya No. 1405 Tahun 2008, yaitu minimal 100 lux.
- **Kebisingan**
Kebisingan yang melampaui Nilai Ambang Batas yang diijinkan bisa mempengaruhi kesehatan manusia termasuk mengganggu keseimbangan. Kebisingan juga bisa menimbulkan sakit kepala dan kesulitan berkonsentrasi (EIR,2009). Hal ini berpotensi untuk menghasilkan berbagai keluhan termasuk gejala-gejala SBS. Kebisingan dalam tingkat yang lebih rendah juga bisa mempengaruhi kondisi psikis manusia. Besarnya kebisingan dalam ruangan diatur dalam Per.Gub. DKI Jaya No. 1405 Tahun 2008, yaitu maksimal 65 dBA.

UNIVERSITAS INDONESIA

2.4.1.2 Faktor Kimia

- CO₂

CO₂ dalam gedung bisa diemisikan dari pembakaran mesin-mesin seperti genset, namun demikian mayoritas CO₂ diemisikan oleh para penghuni gedung. Umumnya konsentrasi CO₂ dalam gedung adalah antara 350 – 2500 ppm. Treshold Limit Value – Time-Weighted Average (TLV-TWA) CO₂ di udara adalah 5000 ppm (ACGIH, 1991) hal tersebut sama dengan standar dalam OSHA PEL. Menurut ASHRAE kadar CO₂ yang diperkenankan adalah sampai dengan 1000 ppm. Di Indonesia khususnya di DKI Jakarta Per. Gub. DKI Jaya No. 54 Tahun 2008 dapat dijadikan sebagai acuan dengan kadar maksimal CO₂ yang diperkenankan dalam ruangan sebesar 0.1 %. Berdasarkan studi BASE konsentrasi CO₂ diudara dalam ruangan secara statistik memiliki hubungan positif dengan kejadian SBS. 70 % bangunan dengan ventilasi mekanik dan menggunakan *air conditioner* dalam studi menunjukkan hubungan yang signifikan antara CO₂ dan SBS (EPA, 2002).
- CO

CO dalam gedung bisa didapatkan dari pembakaran tidak sempurna seperti genset dan asap rokok selain juga dari kontaminan luar ruangan yang masuk melalui sistem ventilasi. CO merupakan gas yang tidak berbau dan memiliki afinitas lebih tinggi terhadap haemoglobin (Hb) dibandingkan oksigen. Dengan demikian apabila terhirup CO akan menggantikan oksigen di Hb sehingga dapat mengakibatkan suplai oksigen dalam tubuh berkurang. Hal tersebut dapat menghasilkan pengurangan kemampuan kerja sampai dengan kematian. Kadar CO dalam ruangan berdasarkan ASHRAE, OSHA PEL-TWA, dan ACGIH

UNIVERSITAS INDONESIA

TLV-TWA berturut-turut adalah 9 ppm, 50 ppm, dan 25 ppm. Di Indonesia Kep. Men. Kes. No. 1405 / 2002 dan Per. Gub. DKI Jaya No. 54/2008 berturut-turut mensyaratkan kadar CO maksimal dalam ruangan sebesar 25 ppm dan 8 ppm untuk pengukuran 8 jam.

- Partikulat

Partikulat (Particulate Matter/PM) terdiri dari berbagai jenis komponen, termasuk diantaranya nitrat, ammonia, karbon, air, debu mineral, dan garam. PM terdiri dari campuran kompleks anatar padatan dan cairan baik organik maupun anorganik. PM berefek negatif terhadap lebih banyak orang dibandingkan polutan lainnya. Partikulat dikategorikan berdasarkan ukuran diameter aerodinamisnya. Pembagian tersebut diantaranya adalah PM₁₀ (partikulat dengan diameter aerodinamis 10 μm) dan PM_{2.5} (partikulat dengan diameter aerodinamis 2.5 μm). PM_{2.5} memiliki bahaya yang lebih tinggi dibandingkan PM₁₀. Hal ini disebabkan karena PM_{2.5} dapat berpenetrasi dan memberikan efek sampai dengan daerah bronkiolus pada paru-paru. Paparan terhadap partikulat berkontribusi terhadap peningkatan resiko terkena penyakit kardiovaskular dan pernafasan, bahkan berkontribusi terhadap peningkatan resiko kanker paru. Kadar PM₁₀ dalam ruangan berdasarkan OSHA PEL-TWA dan ACGIH TLV-TWA berturut-turut adalah 0.15 mg/m^3 dan 0.10 mg/m^3 . Di Indonesia khususnya di Jakarta Per. Gub. DKI Jaya No. 54/2008 mensyaratkan kadar PM₁₀ maksimal dalam ruangan sebesar 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Kadar PM_{2.5} dalam ruangan menurut ACGIH belum diatur lebih lanjut namun masih merupakan substansi-substansi terpisah. Menurut Fung (2005) EPA menetapkan batasan PM_{2.5} sebesar 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

UNIVERSITAS INDONESIA

- Hidrogen Sulfida (H_2S)

Sumber utama hidrogen sulfida dari kegiatan manusia berasal dari dekomposisi bahan organik secara anaerobik. Hidrogen sulfida dapat menyebabkan iritasi pada mata dan bersifat toksik terhadap saluran pernafasan. Kadar H_2S dalam ACGIH TLV-TWA dan ACGIH TLV-STEL berturut-turut adalah 10 ppm dan 15 ppm.

- Ozon (O_3)

Menurut Nagda dalam Botkin, et.al. (2000) sumber utama ozon dari kegiatan manusia dalam ruangan berasal dari mesin fotokopi, pembersih udara elektrostatis, dan udara luar. Ozon dapat menyebabkan iritasi pada mata dan bersifat toksik terhadap saluran pernafasan. paparan ozon secara akut juga mengakibatkan sakit kepala, kelelahan, dan batuk. Kadar O_3 dalam ACGIH TLV-TWA berturut-turut adalah 0.05 ppm (untuk kerja keras), 0.08 ppm (untuk kerja moderat), dan 0.10 ppm (untuk kerja ringan).

- Nitrogen Oksida (NO_x)

Nitrogen oksida meliputi berbagai jenis gas yang berasal dari senyawa Nitrogen dan Oksigen. Diantaranya yang paling sering ditemui adalah nitrogen oksida (NO), nitrogen dioksida (NO_2) dan dinitrogen oksida (N_2O). Sumber utama nitrogen oksida dari kegiatan manusia berasal dari pembakaran pada kendaraan, industri, dan rumah tangga. Nitrogen oksida pada level yang tinggi dapat mengganggu fungsi paru-paru dan iritasi pada saluran pernafasan. Nitrogen oksida juga dapat menimbulkan gejala-gejala bronkhitis dan asma. Kadar NO_2 dalam ruangan berdasarkan OSHA PEL-TWA dan ACGIH TLV-TWA berturut-turut adalah 5 ppm dan 3 ppm. Di Indonesia berdasarkan Kep. Men. Kes. No.

UNIVERSITAS INDONESIA

1405/2002 kadar maksimum NO₂ dalam ruangan adalah sebesar 3 ppm.

- Sulfur Dioksida (SO₂)

Sulfur dioksida merupakan senyawa yang secara alami terdapat di udara, diantaranya dari gunung berapi. Pada konsentrasi tinggi SO₂ dapat mengganggu fungsi paru-paru dan menjadi iritan bagi mata dan saluran pernafasan. SO₂ dapat dihasilkan oleh kegiatan manusia melalui proses pembakaran bahan-bakar yang mengandung sulfur baik pada keperluan transportasi, industri, maupun rumah tangga. Nilai ambang batas SO₂ menurut WHO adalah 20 µg/m³ rata-rata dalam 24 jam dan 500 µg/m³ rata-rata dalam 10 menit. Di Indonesia berdasarkan Kep. Men. Kes. No. 1405/2002 kadar maksimum SO₂ dalam ruangan adalah sebesar 2 ppm.

- VOCs (termasuk formaldehyde)

Volatile Organic Compounds (VOCs) adalah adalah kelompok hidrokarbon yang bersifat mudah menguap pada temperatur normal. VOCs umumnya ditemukan pada konsentrasi yang lebih tinggi pada udara dalam ruangan dibandingkan udara luar ruangan dan umumnya VOCs berada pada kadar yang sangat rendah. Terdapat berbagai jenis VOCs di alam, baik itu VOCs alami maupun buatan manusia. Beberapa diantaranya memiliki efek buruk terhadap kesehatan, termasuk benzene, toluene, xylene, dan formaldehyde. Benzene dan formaldehyde merupakan bahan yang bersifat karsinogenik. VOCs umumnya bersifat iritan terhadap saluran pernafasan, kulit, maupun mata manusia dengan nilai ambang batas berbeda-beda. Formaldehyde di gedung-gedung

UNIVERSITAS INDONESIA

perkantoran banyak diemisikan oleh bahan-bahan sintetis termasuk karpet, clipboard, dan plywood. Kadar formaldehide dalam ruangan berdasarkan OSHA PEL-TWA dan ACGIH TLV-TWA berturut-turut adalah 0.75 ppm dan 0.3 ppm namun tidak diatur secara khusus di Indonesia.

- Radon

Radon adalah bahan radioaktif berbentuk gas yang merupakan hasil peluruhan dari radium. Radon bisa ditemukan pada batuan dibawah gedung dan pada bahan bangunan itu sendiri. Radon diperkirakan menjadi penyebab 10.000 kematian per tahun akibat kanker (Wikipedia, 2009). Bahan bangunan yang memiliki kemungkinan untuk menjadi sumber emisi Radon diantaranya adalah batuan dan bahan keramik. Batasan Radon di udara dalam ruangan menurut EPA adalah 4pCi/L.

2.4.1.3 Faktor Biologis

Bakteri, jamur, dan virus merupakan jenis-jenis kontaminan biologis. Kontaminan tersebut dapat tumbuh dan berkembang pada genangan air yang terakumulasi pada saluran udara, karpet, insulasi, dan ruangan-ruangan tertentu. Pada beberapa kasus serangga dan kotoran hewan lain seperti burung dan pengerat bisa menjadi sumber mikroorganisme. Gejala-gejala fisik terkait dengan kontaminan biologis diantaranya batuk, sesak nafas, demam, kedinginan, sakit di otot, dan alergi (EPA,2009). Secara lebih detail beberapa kontaminan biologis yang sering menjadi faktor penyebab SBS diantaranya adalah : (EIR, 2009)

- Jamur hitam beracun, merupakan salah satu penyebab SBS yang paling sering dilaporkan. Jamur bisa tumbuh dengan baik pada kondisi yang hangat dan lembab.
- Virus dan bakteri, merupakan mikroorganisme yang biasa terdapat pada setiap bangunan, terutama bangunan dengan tingkat okupansi tinggi. Pertumbuhan virus dan bakteri bisa menjadi sangat baik pada kelembaban yang terlalu tinggi ataupun terlalu rendah.
- Tungau, sama dengan jamur dan bakteri tungau dapat berkembangbiak dengan baik pada kelembaban tinggi dan suhu yang hangat. Tungau biasa ditemukan pada karpet dan soft furnishing. Tungau dapat mengakibatkan reaksi alergi pada manusia.
- Serbuk sari, bisa masuk kedalam ruangan melalui sistem ventilasi ataupun terbawa oleh makhluk hidup yang ada dalam gedung, termasuk manusia. Serbuk sari bisa menghasilkan reaksi alergi pada banyak orang.
- Bagian tubuh serangga, walaupun dalam jumlah yang relatif kecil namun bagian tubuh serangga seperti kecoak bisa menimbulkan reaksi alergi pada manusia. Serangga bisa hidup dengan baik bila sanitasi gedung tidak dipelihara dengan baik.

Jumlah bioaerosol dalam ruangan yang direkomendasikan oleh ACGIH adalah kurang dari 200 CFU/m³. Menurut Kep. Men. Kes. 1405/2002 angka kuman yang diperbolehkan di udara dalam ruangan maksimum adalah 700 koloni/m³ tanpa kuman patogen didalamnya.

Berdasarkan pembahasan diatas secara ringkas Nilai Ambang Batas untuk setiap parameter Fisika, Kimiawi, dan Biologis dapat dituliskan dalam bentuk matriks seperti dapat dilihat di Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Nilai Ambang Batas Parameter Fisika, Kimiawi, dan Biologis untuk Kondisi Dalam Ruangan

No.	Parameter	ASHRAE	OSHA	ACGIH	Kep.Men. Kes. 1405/2002	Per. Gub. DKI 54/2008	Keterangan
FISIKA							
1.	Temperatur	19-24° C			18-28° C	23-28 ° C	
2.	Kelembaban	30-60 %			40-60 %	40-60 %	
3.	Ventilation rate	20 cfm/p					
4.	Pencahayaan					100 lux	
5.	Kebisingan					65 dBA	
KIMIA							
1.	CO ₂		5000 ppm	5000 ppm		0.1 %	Pengukuran 8 jam
2.	CO	9 ppm	50 ppm	25 ppm	25 ppm	8 ppm	Pengukuran 8 jam
3.	PM ₁₀		0.15 mg/m ³	0.10 mg/m ³		90 µg/m ³	Pengukuran 8 jam
4.	PM _{2,5}						EPA : 15 µg/m ³
5.	H ₂ S			10 ppm			Pengukuran 8 jam
6.	O ₃			0.08			Pengukuran 8 jam untuk pekerjaan moderat
7.	NO ₂		5 ppm	3 ppm	3 ppm		Pengukuran 8 jam
8.	SO ₂				2 ppm		Pengukuran 8 jam
9.	Formaldehyde		0.75 ppm	0.3 ppm			Pengukuran 8 jam
10.	Radon						4 pCi/L menurut EPA
BIOLOGIS							
	Bioaerosol			200 CFU/m ³	700 koloni/m ³		

2.4.2 KONDISI PERSONAL PENGHUNI GEDUNG

Berdasarkan studi BASE ditemukan adanya hubungan yang konsisten antara kejadian *Sick Building Syndrome* dengan beberapa kondisi personal

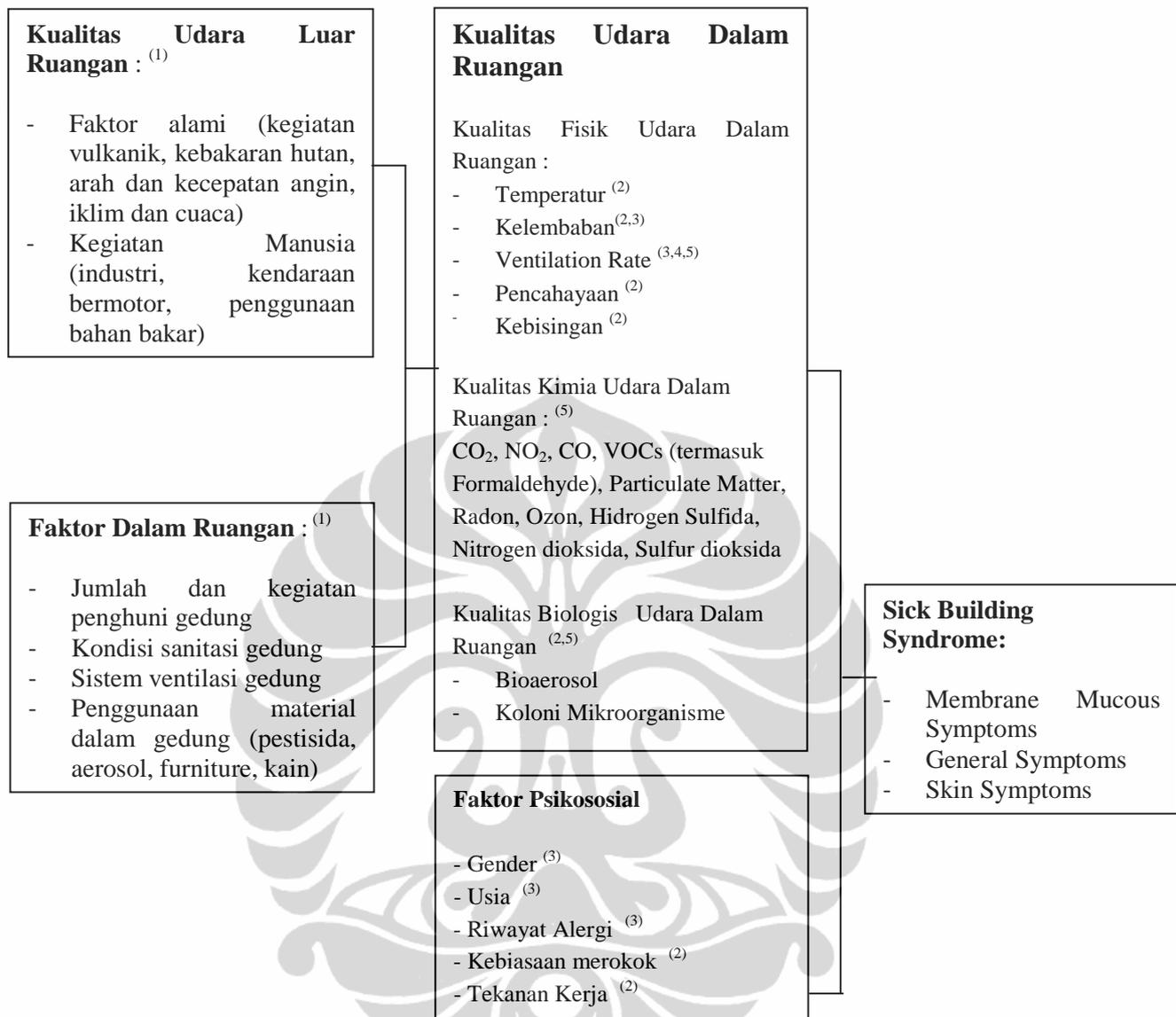
UNIVERSITAS INDONESIA

penghuninya seperti gender, stress kerja, dan alergi (Gomzi, Milica. Bobic, Jasminka. 2009). Berbagai penelitian juga memperlihatkan adanya hubungan antara usia dan kebiasaan merokok dengan kejadian SBS. Orang yang telah berumur memiliki ketahanan tubuh yang cenderung lebih rendah daripada orang yang lebih muda sehingga lebih rentan terhadap gejala-gejala penyakit. Orang dengan kebiasaan merokok juga memiliki paru-paru dan sistem pembuluh darah dengan kondisi dibawah normal sehingga lebih mudah terkena gejala-gejala penyakit pada kondisi IAQ yang relatif lebih buruk. Faktor ergonomik juga bisa menjadi salah satu penyebab kejadian SBS. Posisi kerja, postur kerja, dan pekerjaan repetitif berpotensi menimbulkan kelelahan lebih besar.

Secara keseluruhan, banyak didapatkan kasus dengan seluruh parameter IAQ dibawah NAB namun fenomena SBS tetap terjadi. Menurut Rostron (2005), fenomena SBS merupakan fenomena yang bersifat multifaktorial, jadi tidak hanya disebabkan oleh 1 parameter saja, namun merupakan hasil / *outcome* dari berbagai parameter yang ada, baik itu IAQ, kondisi psikososial, maupun ergonomik.

2.5. KERANGKA TEORI

Berdasarkan tinjauan pustaka tersebut dapat dibuat kerangka teori seperti terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Kerangka Teori

1. Reese, Charles D. *Office Building Safety and Health*. CRC Press. Boca Raton. 2004
2. [http://www.ei-resource.org/illness-information/related-conditions/sick-building-syndrome-\(sbs\)/](http://www.ei-resource.org/illness-information/related-conditions/sick-building-syndrome-(sbs)/). Sick Building Syndrome. Cited 29 November 2009
3. Gomzi, Milica ; Bobic, Jasminka. *Sick Building Syndrome, Do We Live and Work in Unhealthy Environment*. Periodicum Biologorum Journal Vol. 111 No.1 : p 79-84. 2009
4. Burge, PS. *Sick Building Syndrome*. Journal of Occupational and Environmental Medicine 61 : p 185-190, 2004
5. EPA. *A Standardized EPA Protocol for Characterizing Indoor Air Quality in Large Office Building*. US-EPA. Washington DC, 2003

BAB 3

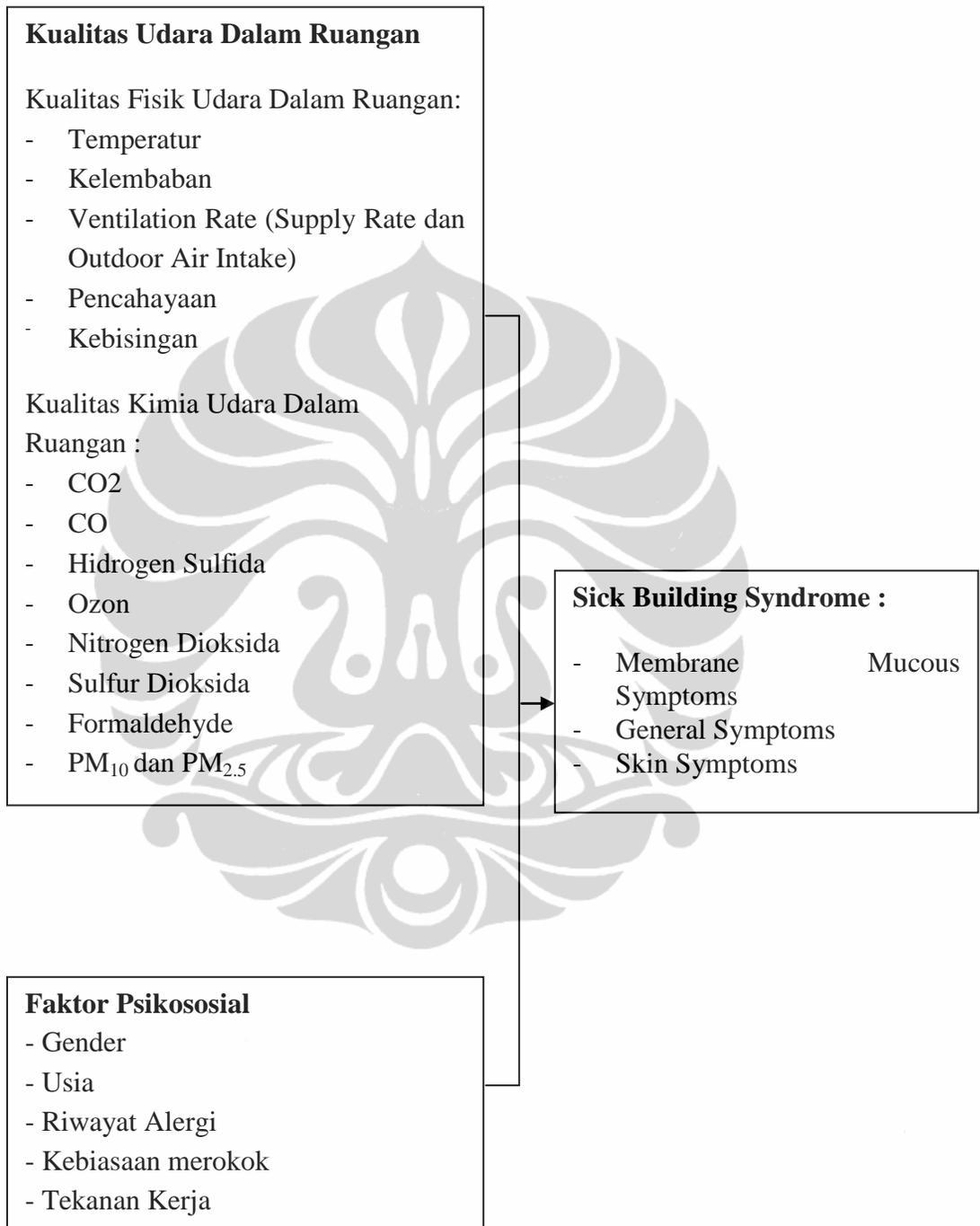
KERANGKA KONSEP DAN HIPOTESIS

3.1. KERANGKA KONSEP

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui gambaran kualitas udara dalam ruangan, kondisi psikososial pekerja kantor pusat PT. X, dan juga mengetahui prevalensi kejadian SBS di Kantor Pusat PT. X. Sesuai dengan tujuan penelitian maka terdapat beberapa hal yang akan diteliti sebagai berikut :

- a. Kualitas Fisik udara dalam ruangan, dalam hal ini suhu, kelembaban, ventilation rate, pencahayaan, dan kebisingan.
- b. Kualitas kimia udara dalam ruangan, dalam hal ini meliputi konsentrasi CO₂, CO, PM₁₀, PM_{2.5}, hidrogen sulfida, ozon, nitrogen dioksida, sulfur dioksida, dan *formaldehyde*. Konsentrasi CO dan partikulat diuji sebagai representasi pengaruh adanya ruangan merokok terhadap keseluruhan kualitas udara dalam ruangan sedangkan *formaldehyde* diuji sebagai representasi penggunaan material seperti karpet dan *plywood* yang cukup dominan.
- c. Kondisi psikososial pekerja di Kantor Pusat PT. X diantaranya meliputi usia, gender, riwayat merokok, riwayat alergi, dan persepsi terhadap tekanan kerja.
- d. Kejadian *Sick Building Syndrome* di Kantor Pusat PT. X

Berdasarkan paparan singkat diatas maka untuk penelitian ini dibuat kerangka konsep seperti terlihat dalam Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Kerangka Konsep Penelitian

3.2. DEFINISI OPERASIONAL VARIABEL

Definisi operasional dari masing-masing variabel dalam kerangka konsep diatas dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Definisi Operasional Variabel

NO	VARIABEL	DEFINISI OPERASIONAL	CARA UKUR	ALAT UKUR	HASIL UKUR
1.	Sick Building Syndrome (SBS)	Adanya keluhan berupa satu atau lebih gejala berikut : <i>membrane mucous symptoms</i> (iritasi mata, iritasi hidung/bersin-bersin, hidung tersumbat, radang tenggorokan, suara serak, batuk-batuk, gejala seperti asma, sulit bernafas), <i>skin symptoms</i> (kulit kering disekitar tangan, wajah seperti terbakar), <i>general symptoms</i> (kelelahan, sakit kepala, sulit berkonsentrasi) pada saat pekerja yang menjadi sumber berada di gedung dan segera hilang (dalam 1-2 jam) begitu yang bersangkutan keluar dari gedung	Pengisian kuesioner dan wawancara	Kuesioner dan wawancara. Kuesioner terdapat pada Lampiran	Tidak, bila tidak terdapat satupun gejala pada hari kerja Ya, bila terdapat satu atau lebih gejala pada hari kerja
2.	Suhu	Temperatur ruangan / bagian ruangan yang diperiksa	Pengukuran lapangan	Portable Thermohygrometer	Baik, bila Temperatur diantara 19°C dan 24°C Buruk, bila Temperatur < 19°C atau > 24°C

NO	VARIABEL	DEFINISI OPERASIONAL	CARA UKUR	ALAT UKUR	HASIL UKUR
3.	Kelembaban	Tingkat kelembaban ruangan / bagian ruangan yang diperiksa	Pengukuran lapangan	Portable Thermohygro meter	Baik, bila kelembaban antara 30 – 60 % Buruk, bila kelembaban < 30 % atau > 60 %
4.	Outdoor Air Intake (Q_0)	Debit udara luar per satuan waktu yang disuplai kedalam ruangan / bagian ruangan yang diperiksa melalui sistem HVAC gedung yang diteliti.	Pengukuran lapangan	Infra-red gas analyzer dan pitot tube	Rendah, bila $Q_0 < 20$ cfm/orang Tinggi, bila $Q_0 \geq 20$ cfm/orang
5.	Supply Airflow Rate (Q_s)	Debit udara yang disuplai kedalam ruangan / bagian ruangan yang diperiksa melalui sistem HVAC gedung yang diteliti. Supply Airflow Rate secara matematis merupakan jumlah dari outdoor air intake dan udara yang disirkulasikan kedalam ruangan. $Q_s = Q_0 + Q_{res}$	Pengukuran lapangan	Infra-red gas analyzer dan pitot tube	Buruk, bila $Q_s < 30$ % Baik, bila $Q_s \geq 30$ %

NO	VARIABEL	DEFINISI OPERASIONAL	CARA UKUR	ALAT UKUR	HASIL UKUR
6.	Pencahayaan	Besarnya tingkat pencahayaan pada titik-titik yang diukur	Pengukuran lapangan	Lux-meter	Buruk, bila intensitas cahaya < 100 lux Baik, bila intensitas cahaya ≥ 100 lux
7.	Kebisingan	Besarnya intensitas kebisingan pada titik-titik yang diukur	Pengukuran lapangan	Sound Level Meter	Buruk, bila intensitas kebisingan rata-rata > 65 dBA Baik, bila intensitas kebisingan rata-rata yang diukur ≤ 65 dBA
8.	CO ₂	Konsentrasi karbondioksida (CO ₂) dalam ruangan / bagian ruangan yang diperiksa	Pengukuran lapangan	Nondispersive Infra-Red Analyzer	Rendah, konsentrasi CO ₂ < 1000 ppm Tinggi, bila konsentrasi CO ₂ ≥ 1000 ppm

NO	VARIABEL	DEFINISI OPERASIONAL	CARA UKUR	ALAT UKUR	HASIL UKUR
9.	CO	Konsentrasi karbonmonoksida (CO) dalam ruangan / bagian ruangan yang diperiksa	Pengukuran lapangan	Portable Direct Reading CO Monitor, Electrochemical Sensor	Buruk, bila konsentrasi CO dalam ruangan yang diukur ≥ 9 ppm Baik, konsentrasi CO dalam ruangan yang diukur < 9 ppm
10.	PM ₁₀	Konsentrasi partikulat dengan ukuran diameter dinamis $\leq 10 \mu\text{m}$ dalam ruangan / bagian ruangan yang diperiksa	Pengukuran lapangan dan uji laboratorium	Pompa, Particle Size Selective Device (Impactor)	Buruk, bila konsentrasi PM ₁₀ yang diperiksa dalam ruangan $\geq 0.15 \text{ mg/m}^3$ Baik, bila konsentrasi PM ₁₀ yang diperiksa dalam ruangan $< 0.15 \text{ mg/m}^3$

NO	VARIABEL	DEFINISI OPERASIONAL	CARA UKUR	ALAT UKUR	HASIL UKUR
11.	PM _{2.5}	Konsentrasi partikulat dengan ukuran diameter dinamis $\leq 2.5 \mu\text{m}$ dalam ruangan / bagian ruangan yang diperiksa	Pengukuran lapangan dan uji laboratorium	Pompa, Particle Size Selective Device (Impactor)	Buruk, bila konsentrasi PM ₁₀ yang diperiksa dalam ruangan $\geq 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Baik, bila konsentrasi PM ₁₀ yang diperiksa dalam ruangan $< 15 \mu\text{g}/\text{m}^3$
12.	H ₂ S	Konsentrasi hidrogen sulfida dalam ruangan / bagian ruangan yang diperiksa	Pengukuran lapangan dan uji laboratorium	Portable Direct Reading H ₂ S Monitor, Electrochemical Sensor	Buruk, bila konsentrasi H ₂ S yang diukur ≥ 10 ppm Baik, bila konsentrasi H ₂ S yang diukur < 10 ppm

NO	VARIABEL	DEFINISI OPERASIONAL	CARA UKUR	ALAT UKUR	HASIL UKUR
13.	O ₃	Konsentrasi ozon dalam ruangan / bagian ruangan yang diperiksa	Pengukuran lapangan dan uji laboratorium	Portable Direct Reading O ₃ Monitor, Electrochemical Sensor	Buruk, bila konsentrasi O ₃ yang diukur \geq 0.08 ppm Baik, bila konsentrasi O ₃ yang diukur $<$ 0.08ppm
14.	NO ₂	Konsentrasi nitrogen dioksida dalam ruangan / bagian ruangan yang diperiksa	Pengukuran lapangan dan uji laboratorium	Portable Direct Reading NO ₂ Monitor, Electrochemical Sensor	Buruk, bila konsentrasi NO ₂ yang diukur \geq 3 ppm Baik, bila konsentrasi NO ₂ yang diukur $<$ 3 ppm

NO	VARIABEL	DEFINISI OPERASIONAL	CARA UKUR	ALAT UKUR	HASIL UKUR
15.	SO ₂	Konsentrasi sulfur dioksida dalam ruangan / bagian ruangan yang diperiksa	Pengukuran lapangan dan uji laboratorium	Portable Direct Reading SO ₂ Monitor, Electrochemical Sensor	Buruk, bila konsentrasi SO ₂ yang diukur ≥ 2 ppm Baik, bila konsentrasi SO ₂ yang diukur < 2 ppm
16.	Formaldehid	Konsentrasi <i>formaldehyde</i> dalam ruangan / bagian ruangan yang diperiksa	Pengukuran lapangan dan uji laboratorium	Pompa, DNPH Cartridge, reversed-phase HPLC	Buruk, bila konsentrasi <i>formaldehyde</i> yang diukur ≥ 0.3 ppm Baik, bila konsentrasi <i>formaldehyde</i> yang diukur dalam ruangan < 0.3 ppm

NO	VARIABEL	DEFINISI OPERASIONAL	CARA UKUR	ALAT UKUR	HASIL UKUR
17.	Gender	Jenis kelamin responden	Pengisian kuesioner dan wawancara	Kuesioner	Wanita Pria
18.	Usia	Usia responden	Pengisian kuesioner dan wawancara	Kuesioner	Tinggi, usia responden ≥ 40 Tahun Rendah, bila usia responden < 40 tahun
19.	Riwayat Alergi	Riwayat alergi yang dimiliki responden	Pengisian kuesioner dan wawancara	Kuesioner	Negatif, bila responden tidak memiliki riwayat alergi Positif, bila responden memiliki riwayat alergi

NO	VARIABEL	DEFINISI OPERASIONAL	CARA UKUR	ALAT UKUR	HASIL UKUR
20.	Kebiasaan Merokok	Kebiasaan merokok responden	Pengisian kuesioner dan wawancara	Kuesioner	<p>Negatif, bila responden tidak memiliki riwayat merokok atau sudah berhenti merokok minimal 3 bulan</p> <p>Positif, bila responden masih merokok atau sudah berhenti merokok namun belum mencapai 6 bulan</p>

NO	VARIABEL	DEFINISI OPERASIONAL	CARA UKUR	ALAT UKUR	HASIL UKUR
21.	Tekanan Kerja	Stress yang dialami responden terkait pekerjaan dan merupakan fungsi dari hubungan kerja, beban kerja, kondisi yang dialami penghuni gedung di tempat kerja serta menuju dan meninggalkan tempat kerja. Stress dalam hal ini diukur bila responden mengisi tekanan kerja dalam kuesioner sering ataupun selalu dan hanya pada hari kerja	Pengisian kuesioner dan wawancara	Kuesioner	<p>Negatif, bila responden tidak pernah dan atau jarang mengalami stress kerja dalam perspeksinya dan hanya pada hari kerja</p> <p>Positif bila responden seringkali dan atau selalu mengalami stress kerja dalam perspeksinya dan hanya pada hari kerja</p>

3.3. HIPOTESIS

Penelitian yang dilakukan bersifat deskriptif dan dimaksudkan untuk mendapatkan gambaran kondisi yang ada. Dengan hipotesis dalam penelitian ini tidak ditentukan.



BAB 4

METODOLOGI PENELITIAN DAN RENCANA ANALISIS

4.1. RANCANGAN PENELITIAN

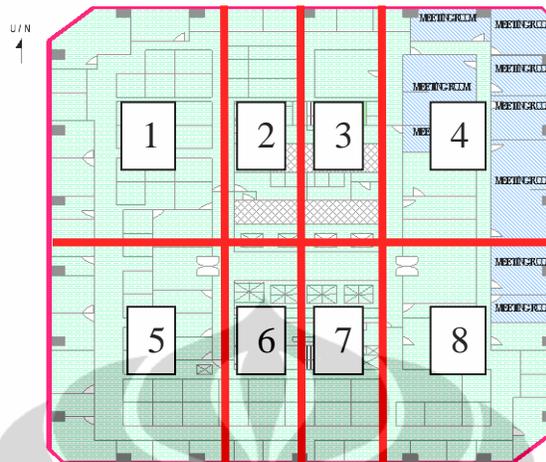
Desain penelitian ini bersifat kualitatif untuk mengetahui besaran dari masing-masing faktor yang diteliti. Penelitian tidak dimaksudkan untuk mengukur hubungan antara masing-masing faktor yang diuji dan diteliti.

Penelitian dilaksanakan di Kantor Pusat PT. X yang terletak pada Lantai 21 – 29 Gedung Y. Gedung Y sendiri berada di Kawasan Segitiga Emas Jakarta Selatan. Pengambilan data primer berupa pengukuran parameter-parameter kualitas udara, observasi, penyebaran kuesioner, dan wawancara tidak terstruktur dilaksanakan pada bulan Mei-Juni 2010.

4.2. POPULASI DAN SAMPEL PENELITIAN

Populasi penelitian untuk meneliti kondisi psikososial kejadian SBS adalah pekerja (termasuk PWTT, PWT, dan kontraktor) di Kantor Pusat PT. X yang merupakan tenaga kerja yang menghabiskan sebagian besar waktu kerjanya dalam gedung. Populasi penelitian berjumlah 754 orang yang tersebar di 8 lantai dengan perincian jumlah pekerja per lantai seperti terlihat pada Tabel 4.1.

Sampling kualitas udara dalam penelitian ini dilakukan dengan menyesuaikan kepada blok kerja AHU. Teknik ini digunakan untuk mengakomodir sebisa mungkin representasi dari populasi yang dibagi menjadi 8 blok kerja unit *air handling unit* setiap lantainya. Pembagian blok per lantai adalah generik dan dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Blok Kerja AHU Tipikal Setiap Lantai

Sampling responden dalam penelitian ini dilakukan dengan teknik *systematic random sampling*. Teknik ini digunakan untuk mengakomodir sebisa mungkin representasi dari populasi yang dibagi menjadi 8 blok kerja unit *air handling unit* setiap lantainya. Pembagian blok per lantai adalah generik dan dapat dilihat pada Gambar 4.1. Jumlah sampel secara keseluruhan ditentukan dengan menggunakan persamaan dari Ariawan, 1998 sebagai berikut :

$$n = \frac{\left(Z_{1-\alpha/2}^2 \right) P (1 - P)}{d^2}$$

n = jumlah sampel

$Z_{1-\alpha/2}^2$ = Derajat kepercayaan, pada derajat kepercayaan 95 % = 1.96

P = Proporsi untuk sifat tertentu yang diperkirakan pada populasi

d = Presisi, pada presisi 90 % = 0.1

Berdasarkan persamaan tersebut dan pertimbangan bahwa prevalensi SBS berdasarkan studi WHO dalam suatu gedung bisa mencapai 30 % (EPA,2009) dan dengan derajat kepercayaan sebesar 95 % dan presisi 90 % ditentukan jumlah sampel minimal dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

$$n = \frac{(Z_{1-\alpha/2}^2) P (1 - P)}{d^2}$$

$$= \frac{(1.96^2) 0.3 (1 - 0.3)}{0.1^2}$$

$$n \simeq 81 \text{ orang}$$

Dengan demikian berdasarkan perhitungan tersebut maka jumlah sampel minimal untuk penelitian ini sehingga didapat tingkat kepercayaan sebesar 95 % dan presisi 90 % adalah sebanyak 81 orang.

Tabel 4.1. Populasi Per Lantai Kantor Pusat PT. X

No.	Lantai	Jumlah Tenaga Kerja (orang)
1.	21	134
2.	22	67
3.	23	91
4.	25	90
5.	26	136
6.	27	95
7.	28	81
8.	29	60

Sampling juga dilakukan terhadap kualitas udara dalam ruangan. Setiap lantai akan diwakili oleh 4 titik sampling. Dengan demikian setiap titik sampling akan merepresentasikan 2 blok unit kerja AHU. Dengan demikian secara keseluruhan akan didapatkan 32 sampel kualitas udara / parameter di Kantor Pusat PT. X. Blok kerja dimaksud dapat dilihat pada Gambar 4.1. Berdasarkan gambar dimaksud maka masing-masing titik sampling akan mewakili Blok kerja AHU 1-2 ; 3-4 ; 5-6 ; 7-8.

Penelitian dilaksanakan di Kantor Pusat PT. X yang terletak pada Lantai 21 – 29 Gedung Y. Gedung Y sendiri berada di Kawasan Segitiga Emas Jakarta Selatan. Pengambilan data primer berupa pengukuran parameter-parameter kualitas udara, penyebaran kuesioner, dan wawancara tidak terstruktur dilaksanakan pada bulan Mei 2010. Sementara observasi dan pengambilan data sekunder dilakukan terlebih dahulu sejak April 2010.

4.3. PENGUMPULAN DATA

4.3.1. PENGUMPULAN DATA PRIMER

Data-data primer terkait dengan penelitian ini merupakan data-data yang terkait dengan keseluruhan faktor yang diteliti. Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Melakukan observasi terhadap kondisi lingkungan perkantoran di lokasi yang dijadikan objek studi. Sesuai dengan EPA, 2009 langkah pertama yang harus dilakukan adalah melakukan observasi mengenai faktor-faktor resiko yang ada dalam gedung. Observasi ini juga didukung oleh data sekunder dari pemilik gedung mengenai sistem ventilasi yang ada dalam gedung dan tingkat okupansi per lantai gedung.

- b. Melakukan penyebaran kuesioner dan melakukan wawancara tidak terstruktur dengan penghuni gedung di jam kerja. Penyebaran kuesioner dan wawancara dilakukan untuk menangkap keluhan-keluhan terkait SBS dan juga untuk mengetahui faktor psikososial yang ada pada masing-masing responden. Penyebaran kuesioner dan wawancara dilakukan sesistematis mungkin sehingga keseluruhan responden dapat mewakili setiap bagian gedung. Penyebaran kuesioner dilakukan dengan mempertimbangkan hasil observasi dan data sekunder (sistem ventilasi dan tingkat okupansi per lantai). Setiap lantai secara umum dilayani oleh 8 *air handling unit* yang bertugas mengatur *ventilation rate*, suhu, kelembaban, dan menyaring udara di masing-masing blok yang dilayani.
- c. Melakukan pengukuran faktor kimia : CO₂, CO, PM₁₀, PM_{2.5}, Hidrogen Sulfida, Ozon, Nitrogen Dioksida, Sulfur Dioksida, formaldehyde dan faktor fisika : suhu, kelembaban, pencahayaan, kebisingan, dan *ventilation rate* pada 4 titik per lantai sesuai dengan blok kerja AHU. Pengukuran parameter-parameter tersebut sebagian besar dilakukan dengan menggunakan metode standar sesuai EPA 2003. Penentuan titik dilakukan berdasarkan hasil observasi dan data sekunder yang telah didapat sebelumnya. Metode pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.2.

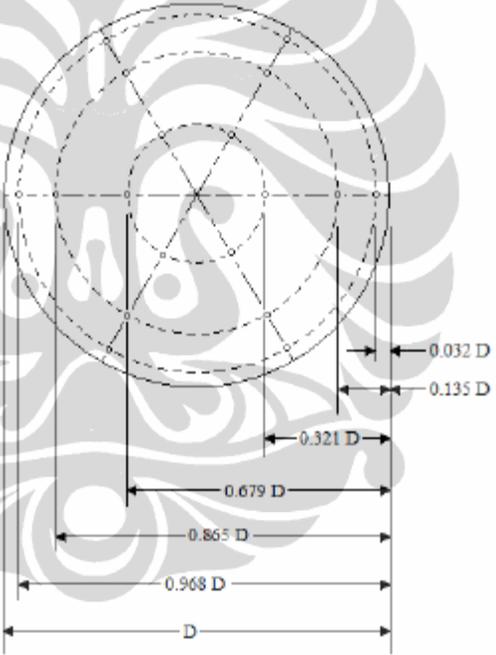
4.3.2. PENGUMPULAN DATA SEKUNDER

Data-data sekunder terkait dengan penelitian ini diantaranya adalah :

- a. Lay out masing-masing lantai yang dijadikan objek penelitian
- b. Populasi masing-masing lantai yang dijadikan objek penelitian
- c. Desain sistem ventilasi gedung yang dijadikan objek penelitian

Tabel 4.2. Metode Pengukuran Parameter-Parameter Fisika dan Kimia

No.	Parameter	Acuan	Metode	Peralatan
1.	Suhu Udara	ASHRAE Standard 55	<p>Temperatur Bola Kering udara ambien akan diukur dengan peralatan thermocouple, RTD, atau alat ukur berbasis thermistor.</p> <p>Pengukuran dilakukan di 4 titik, yaitu 0.1, 0.6, 1.1, dan 1.7 m dari lantai.</p> <p>Pengukuran sesaat akan dilakukan di 4 titik pengukuran dalam ruangan per lantai</p> <p>Pengukuran kontinyu dilakukan di satu titik dalam ruangan dan 1 titik luar ruangan</p>	<p>Portable electronic thermometer / digital</p> <p>thermometer / thermohygrometer</p>
2.	Kelembaban Relatif	ASHRAE Standard 55	<p>Pengukuran dilakukan di 4 titik, yaitu 0.1, 0.6, 1.1, dan 1.7 m dari lantai.</p> <p>Pengukuran sesaat akan dilakukan di 4 titik pengukuran dalam ruangan per lantai</p> <p>Pengukuran kontinyu dilakukan di satu titik dalam ruangan dan 1 titik luar ruangan</p>	Thermohygrometer

No.	Parameter	Acuan	Metode	Peralatan
3.	Ventilation Rate	ASHRAE Standard 111	<p>Area duct dibagi menjadi 6 bagian kemudian kelajuan udara diukur pada setiap diagonal dengan jarak 0.032 D, 0.135D, 0.321 D dari sisi duct.</p>  <p>Kelajuan udara kemudian dirata-ratakan Ventilation rate adalah (kelajuan x luas duct) / (jumlah lantai x jumlah okupan)</p>	Digital Rotating Vane Anemometer

No.	Parameter	Acuan	Metode	Peralatan
4.	Recirculation Rate	ASHRAE Standard 111	<p>Cara pengukuran sama dengan pengukuran ventilation rate, hanya pengukuran dilakukan pada diffuser</p> <p>Recirculation rate adalah (Debit total diffuser - Debit total udara segar) / Debit total diffuser</p>	Digital Rotating Vane Anemometer
5.	Kebisingan	BASE Protocol	<p>Kebisingan diukur dengan sound level meter</p> <p>Pengukuran dilakukan pada ketinggian 1.1 m dari lantai</p> <p>Pengukuran dilakukan secara kontinyu di satu titik tetap dan dilakukan secara sesaat di 4 titik dalam ruangan per lantai. Data akan direkam dan diratakan</p>	Sound Level Meter
6.	Pencahayaan	CIE Guide on Interior Lighting BASE Protocol	<p>Pencahayaan diukur dengan lux meter komersial</p> <p>Pengukuran dilakukan pada ketinggian 1.1 m dari lantai</p> <p>Pengukuran dilakukan secara kontinyu di satu titik tetap dan dilakukan secara sesaat di 4 titik dalam ruangan per lantai</p> <p>Data akan direkam dan diratakan</p>	Digital Lux Meter

No.	Parameter	Acuan	Metode	Peralatan
7.	CO ₂	Indoor Air Compedium, Method IP-3A	Konsentrasi CO ₂ akan diukur dengan alat non-dispersive infra-red (NDIR) analyzer portable. Pengukuran dilakukan pada ketinggian 1.1 m dari lantai Pengukuran sesaat dilakukan di 4 titik indoor per lantai Pengukuran 8 jam akan dilakukan di 1 titik indoor dan 1 titik outdoor Hasil pengukuran disimpan dalam datalogger kemudian diunduh ke komputer	Portable NDIR analyzer
8.	CO	Indoor Air Compedium, Method IP-3A	Konsentrasi CO akan diukur dengan alat portabel dengan sensor elektrokimia. Pengukuran dilakukan pada ketinggian 1.1 m dari lantai Pengukuran sesaat dilakukan di 4 titik indoor per lantai. Pengukuran 8 jam akan dilakukan di 1 titik indoor dan 1 titik outdoor Hasil pengukuran disimpan dalam datalogger kemudian diunduh ke komputer	Portable gas analyzer dengan sensor elektrokimia

No.	Parameter	Acuan	Metode	Peralatan
9.	PM ₁₀ dan PM _{2,5}	BASE Standard Protocol	<p>Pengukuran dilakukan dengan alat portable, termasuk didalamnya pompa dan impactor</p> <p>Pengukuran dilakukan pada ketinggian 1.1 m dari lantai. Pengukuran sesaat dilakukan di 4 titik indoor per lantai. Pengukuran 8 jam akan dilakukan di 1 titik indoor dan 1 titik outdoor</p> <p>Hasil pengukuran disimpan dalam datalogger kemudian diunduh ke komputer</p>	<p>Portable Particle counter dengan pump dan impactor</p>
10.	Hidrogen Sulfida		<p>Konsentrasi H₂S akan diukur dengan alat portabel dengan sensor elektrokimia. Pengukuran dilakukan pada ketinggian 1.1 m dari lantai</p> <p>Pengukuran sesaat dilakukan di 4 titik indoor per lantai. Pengukuran 8 jam akan dilakukan di 1 titik indoor dan 1 titik outdoor</p> <p>Hasil pengukuran disimpan dalam datalogger kemudian diunduh ke komputer</p>	<p>Portable gas analyzer dengan sensor elektrokimia</p>

No.	Parameter	Acuan	Metode	Peralatan
11.	Ozon		<p>Konsentrasi O₃ akan diukur dengan alat portabel dengan sensor elektrokimia. Pengukuran dilakukan pada ketinggian 1.1 m dari lantai</p> <p>Pengukuran sesaat dilakukan di 4 titik indoor per lantai. Pengukuran 8 jam akan dilakukan di 1 titik indoor dan 1 titik outdoor</p> <p>Hasil pengukuran disimpan dalam datalogger kemudian diunduh ke komputer</p>	<p>Portable gas analyzer dengan sensor elektrokimia</p>
12.	Nitrogen Dioksida		<p>Konsentrasi NO₂ akan diukur dengan alat portabel dengan sensor elektrokimia. Pengukuran dilakukan pada ketinggian 1.1 m dari lantai</p> <p>Pengukuran sesaat dilakukan di 4 titik indoor per lantai. Pengukuran 8 jam akan dilakukan di 1 titik indoor dan 1 titik outdoor</p> <p>Hasil pengukuran disimpan dalam datalogger kemudian diunduh ke komputer</p>	<p>Portable gas analyzer dengan sensor elektrokimia</p>

No.	Parameter	Acuan	Metode	Peralatan
13.	Sulfur Dioksida		Konsentrasi SO ₂ akan diukur dengan alat portabel dengan sensor elektrokimia. Pengukuran dilakukan pada ketinggian 1.1 m dari lantai Pengukuran sesaat dilakukan di 4 titik indoor per lantai. Pengukuran 8 jam akan dilakukan di 1 titik indoor dan 1 titik outdoor Hasil pengukuran disimpan dalam datalogger kemudian diunduh ke komputer	Portable gas analyzer dengan sensor elektrokimia
14.	Formaldehde	Indoor Air Compedium Method IP-6A	Udara ambien akan dikumpulkan menggunakan cartridge silica gel yang dilapisi 2-4-dinitrophenylhydrazine (DNPH). Sample kemudian dianalisa dengan reverse-phase HPLC menggunakan detektor UV dengan panjang gelombang 360 nm Pengukuran sesaat dilakukan di 4 titik indoor per lantai. Pengukuran 8 jam akan dilakukan di 1 titik indoor dan 1 titik outdoor	Pompa, DNPH cartridge, detektor UV

Sumber : EPA. *A Standardized EPA Protocol for Characterizing Indoor Air Quality in Large Office Building*. US-EPA. Washington DC, 2003.

Anonim. *Air Handling System Characterization*. www.me.umn.edu/courses/me4131/LabManual/LabAirHandling.pdf. 23 Januari 2010.

4.4. RENCANA ANALISIS DATA

A. PENGOLAHAN DATA

Data-data yang diperoleh diolah lebih lanjut sebelum dianalisis. Pengolahan data dilakukan secara manual dan dengan bantuan komputer. Langkah-langkah pengolahan data dilakukan sebagai berikut :

1. Editing data, langkah ini meliputi pemeriksaan terhadap setiap kuesioner yang masuk termasuk kelengkapan pengisian data, kejelasan hasil pengisian, dan validitas hasil pengisian yang diukur dengan kuesioner kedua.
2. Coding data, data yang telah terkumpul kemudian dikelompokkan oleh peneliti berdasarkan definisi operasional yang telah ditentukan sebelumnya.
3. Analisis data

B. ANALISIS DATA

Data yang telah dikumpul dan diolah kemudian dianalisis lebih lanjut sebagai berikut :

1. Analisis parameter-parameter uji kualitas udara dalam ruangan yang melampaui nilai ambang batas. Nilai-nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan lokasi pengambilan sampel, sehingga dapat dianalisis lebih lanjut kemungkinan-kemungkinan penyebab kondisi dimaksud dan alternatif langkah perbaikan.
2. Analisis kejadian SBS berdasarkan adanya gejala-gejala yang diukur dalam kuesioner yang disebarakan.

BAB 5

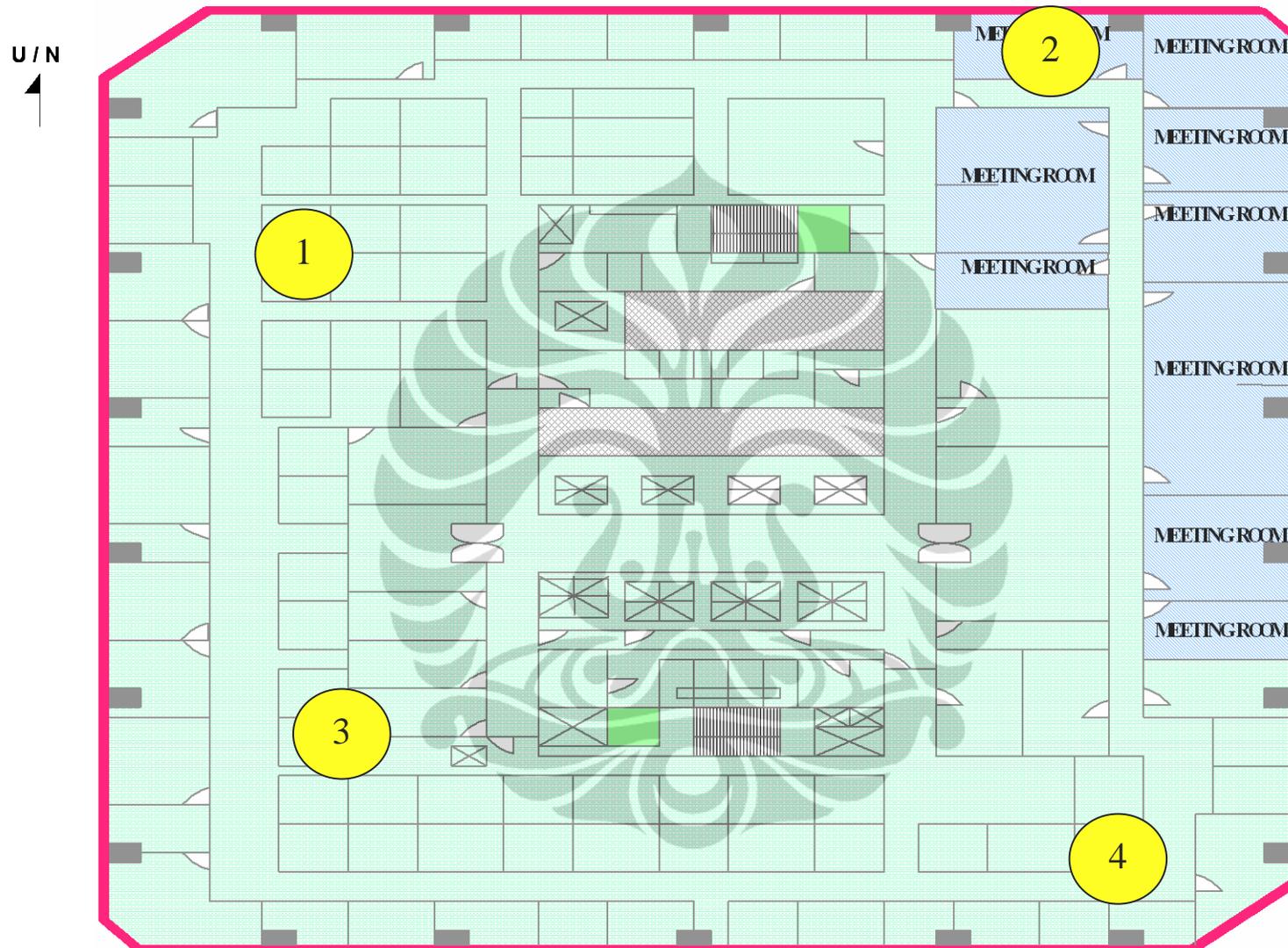
HASIL PENELITIAN

Untuk mengetahui kualitas udara dalam ruangan (IAQ) di Kantor Pusat PT. X telah dilakukan pengukuran kualitas udara dimaksud pada tanggal 15 Juni 2010 sampai dengan 17 Juni 2010. Pengukuran dilakukan bersama dengan petugas dari Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN). Pengukuran dilakukan terhadap parameter-parameter suhu, kelembaban, *ventilation rate*, *recirculation rate*, pencahayaan, kebisingan, CO₂, CO, formaldehyde, H₂S, Ozone, NO₂, SO₂, dan Partikulat (PM_{2.5} dan PM₁₀).

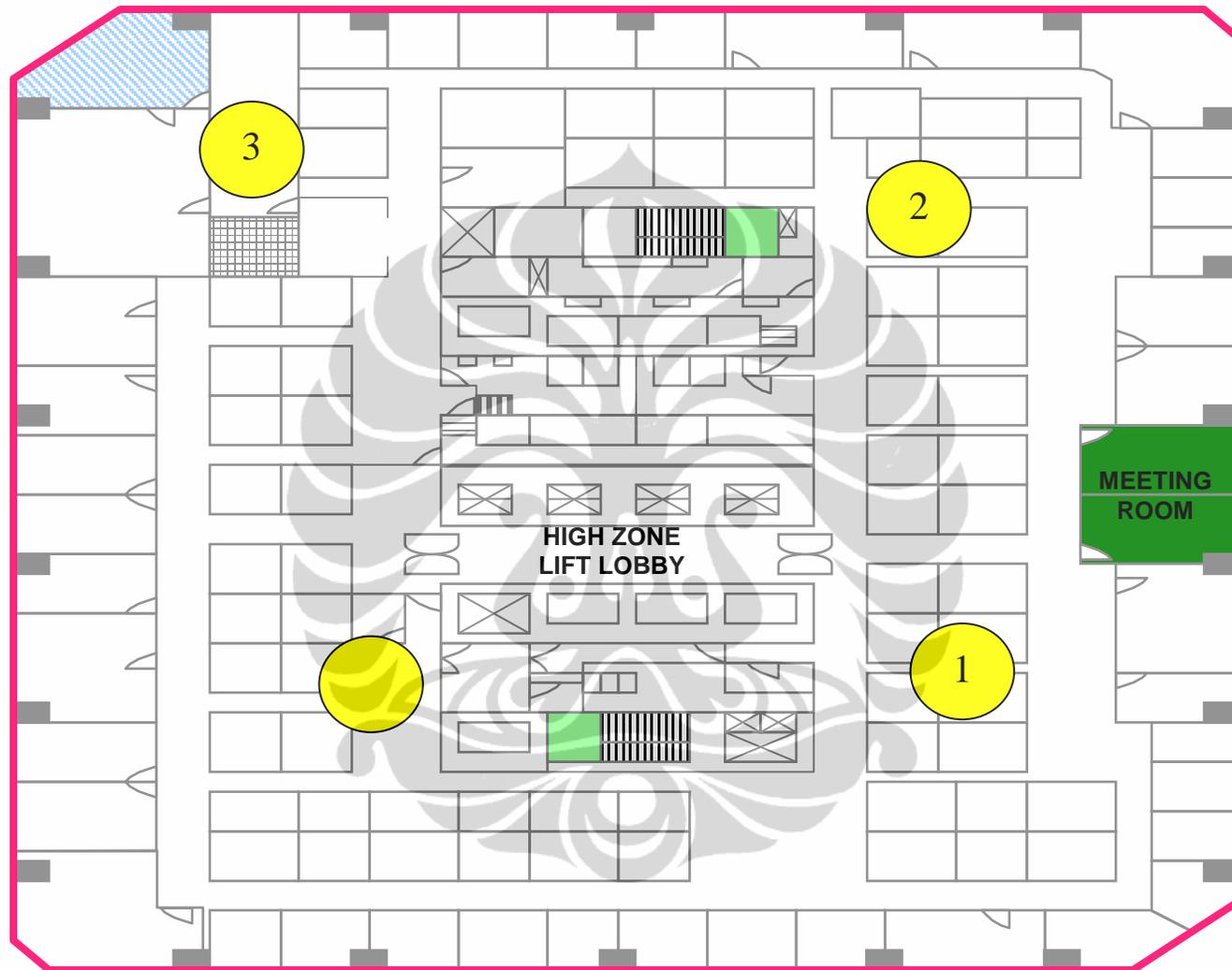
Pengukuran IAQ dilakukan bersamaan dengan penyebaran kuesioner untuk mengetahui karakteristik umum pekerja (gender, usia, riwayat alergi, riwayat merokok, dan tekanan kerja yang dirasakan). Kuesioner ini juga dimaksudkan untuk menangkap keluhan pekerja yang sesuai dengan gejala-gejala SBS (*membrane mucous symptoms*, yaitu iritasi mata, iritasi hidung/bersin-bersin, hidung tersumbat, radang tenggorokan, suara serak, batuk-batuk, gejala seperti asma, sulit bernafas ; *skin symptoms*, yaitu kulit kering disekitar tangan, wajah seperti terbakar ; *general symptoms*, yaitu kelelahan, sakit kepala, sulit berkonsentrasi). Jumlah kuesioner yang disebarakan adalah 283 kuesioner. Dari jumlah tersebut 93 kuesioner kembali untuk kemudian direkapitulasi dan dianalisis.

5.1. KUALITAS UDARA DALAM RUANGAN DI KANTOR PUSAT PT. X

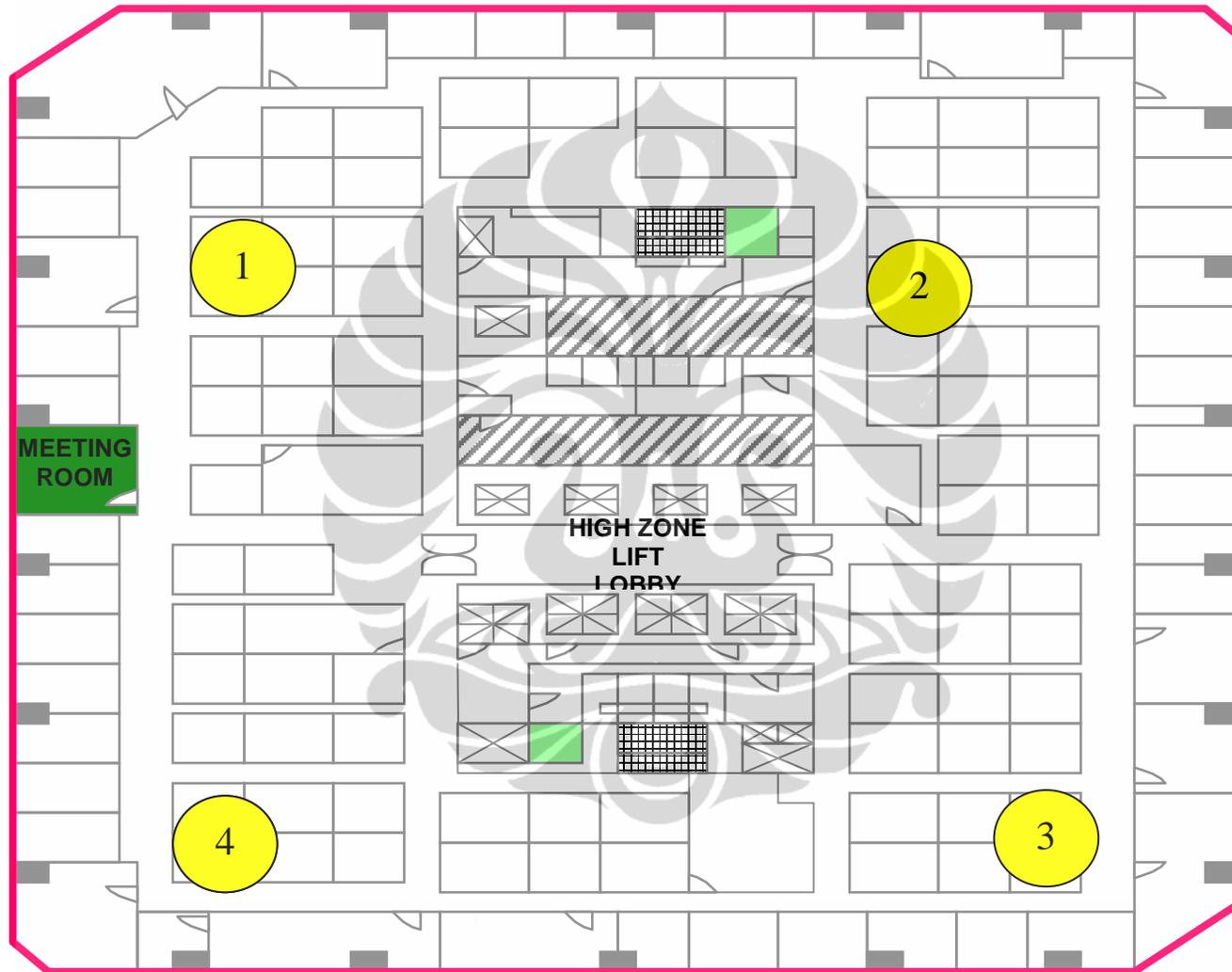
Pengukuran kualitas udara dalam ruangan di Kantor Pusat PT. X dilakukan selama 3 hari antara Selasa, 15 Juni 2010 sampai dengan Kamis, 17 Juni 2010. Pengukuran juga dilakukan untuk parameter CO₂ dan PM₁₀ dibagian luar gedung, tepatnya di titik dekat inlet udara segar yang disuplai kedalam sistem VAC lantai 21-29 Gedung Y. Denah pengambilan sampel disetiap lantai dapat dilihat pada Gambar 5.1 sampai dengan Gambar 5.8. Tipikal Ruang Kerja di Lantai 21-29 dapat dilihat pada Gambar 5.9 sampai dengan Gambar 5.12.



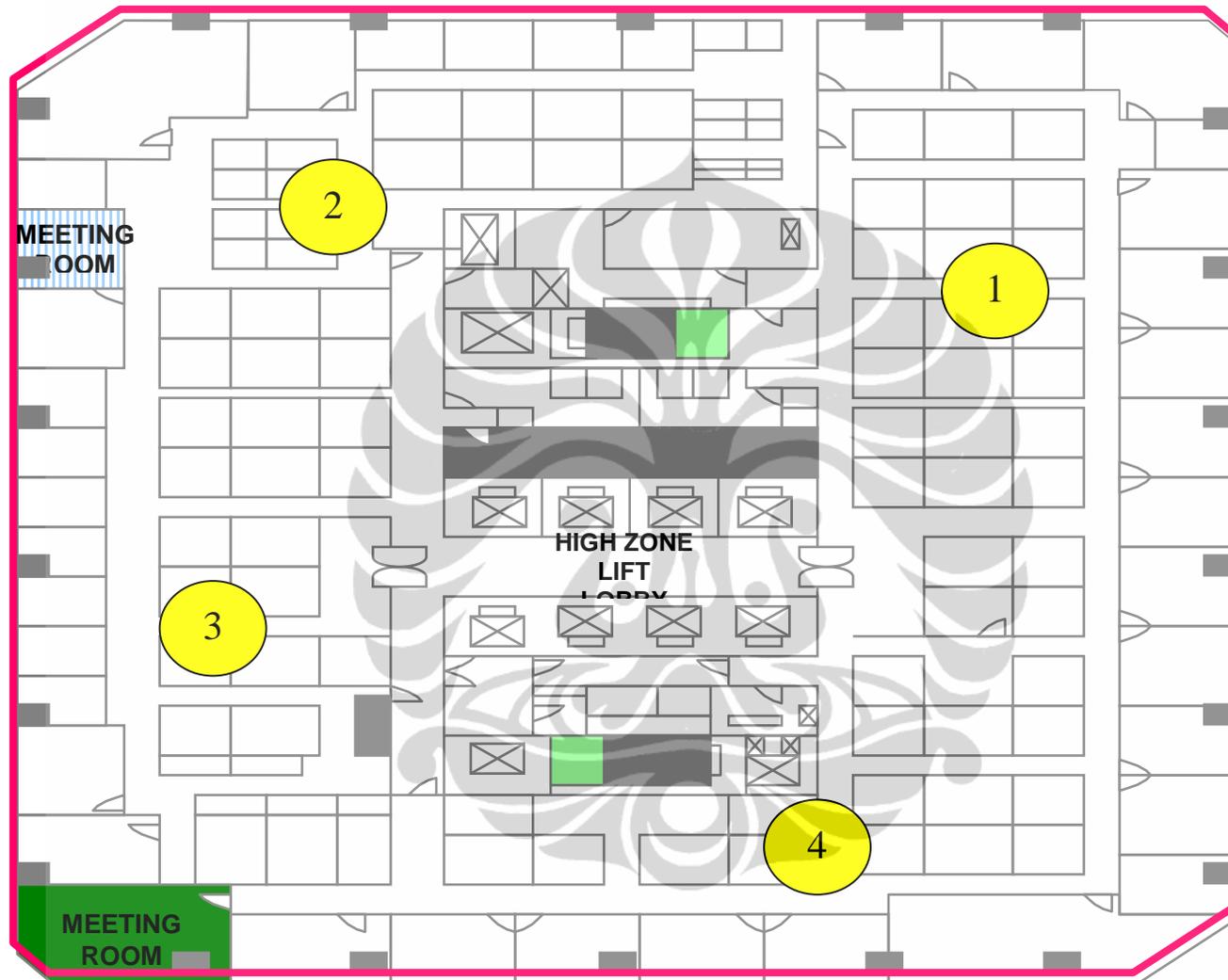
Gambar 5.1. Denah Titik Sampling Lantai 21



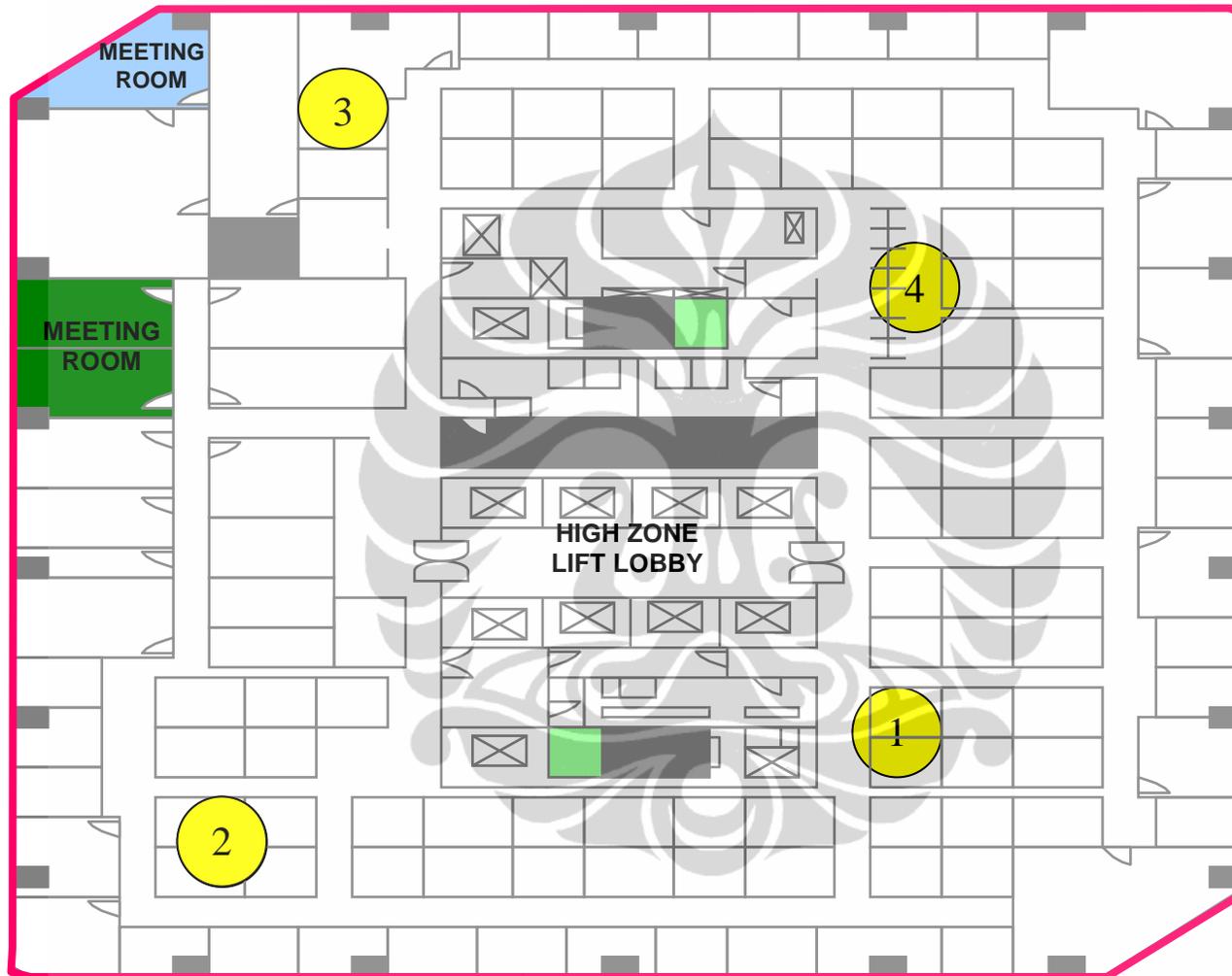
Gambar 5.2. Denah Titik Sampling Lantai 22



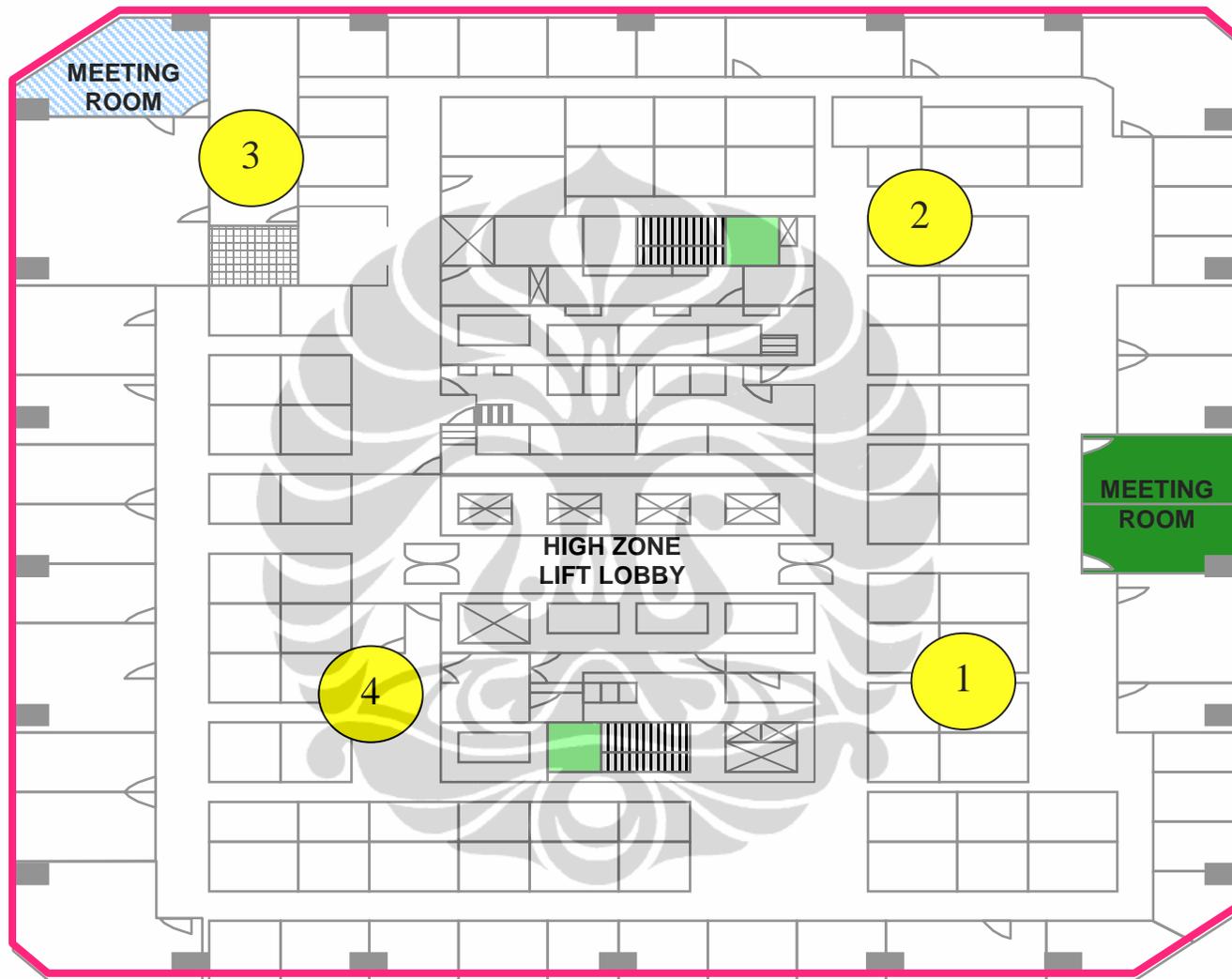
Gambar 5.3. Denah Titik Sampling Lantai 23



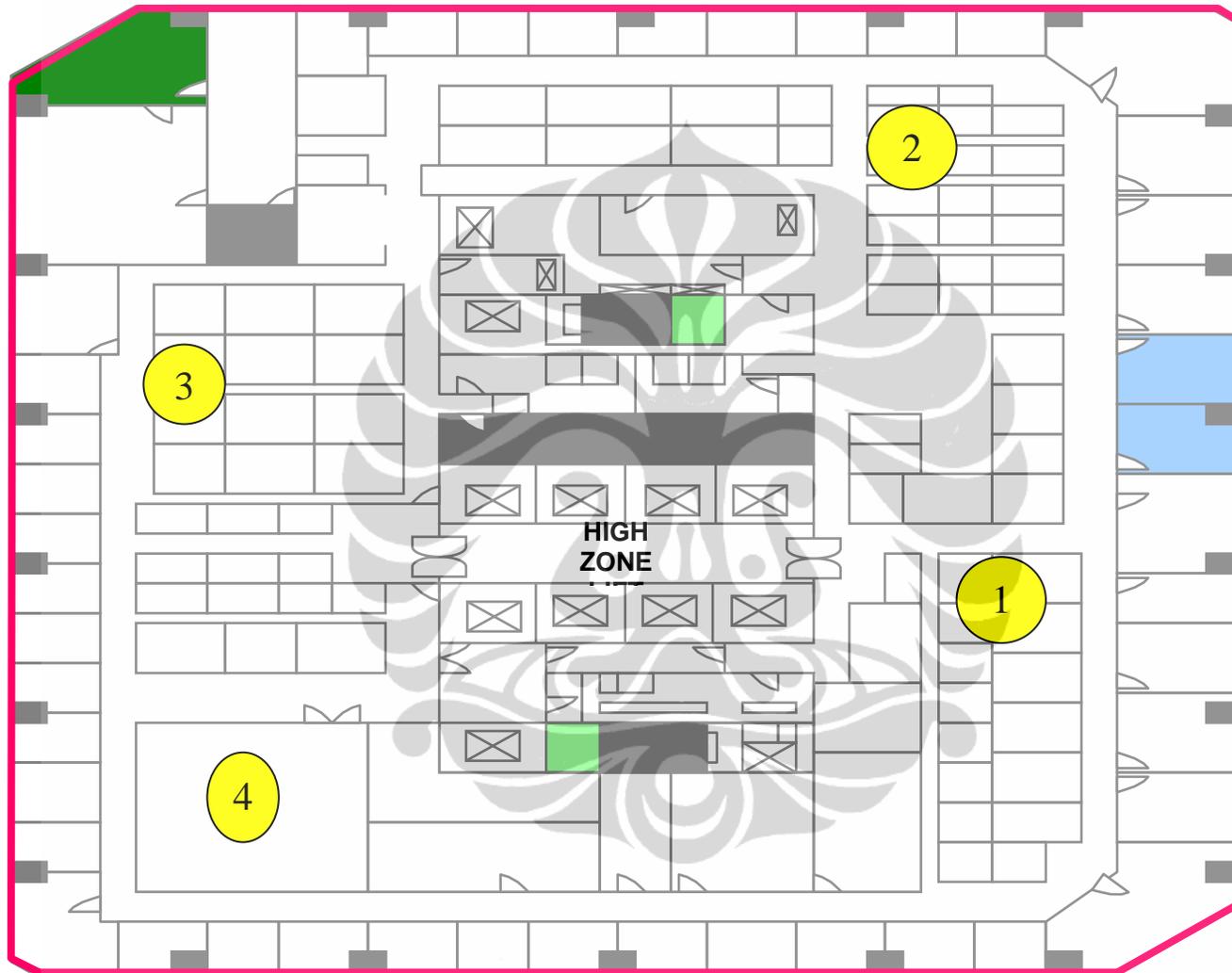
Gambar 5.4. Denah Titik Sampling Lantai 25



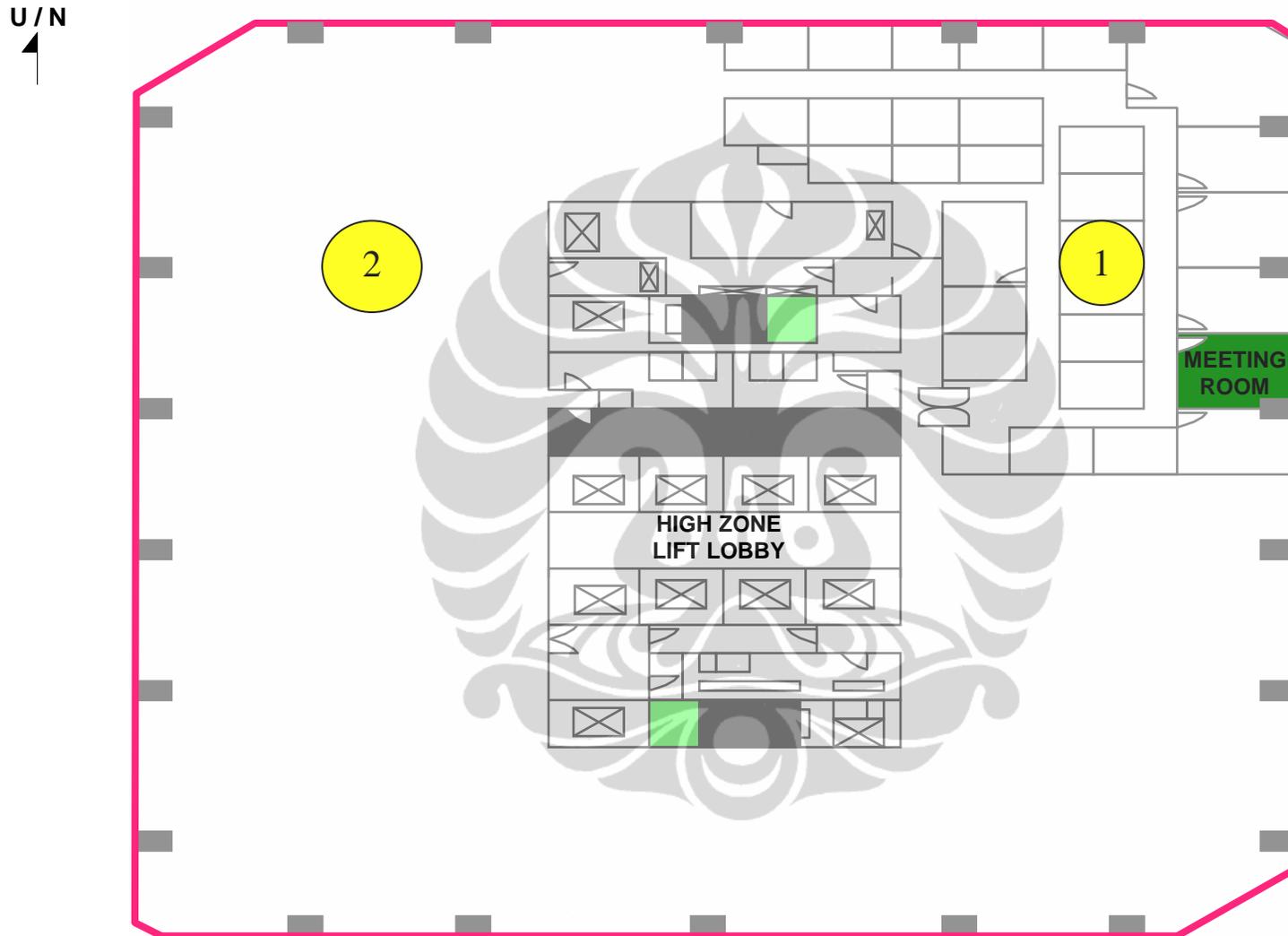
Gambar 5.5. Denah Titik Sampling Lantai 26



Gambar 5.6. Denah Titik Sampling Lantai 27



Gambar 5.7. Denah Titik Sampling Lantai 28



Gambar 5.8. Denah Titik Sampling Lantai 29



Gambar 5.9



Gambar 5.10



Gambar 5.11



Gambar 5.12

Keterangan : Gambar 5.9 dan 5.10 memperlihatkan partisi tipikal di Kantor Pusat PT. X dengan furniture kayu, karpet, dan bahan kain untuk kursi dan pelapis partisi.

Gambar. 5.11 memperlihatkan Ruang Rapat tipikal di Kantor Pusat PT. X.

Gambar 5.12 memperlihatkan pantry yang ada di setiap lantai.

5.1.1. SUHU

Pengukuran Suhu dilakukan dengan menggunakan Thermo-Hygrometer Model GMK-930HT (Gambar 5.13). Hasil pengukuran suhu dapat dilihat pada Tabel 5.1. NAB yang digunakan berdasarkan ASHRAE Standard 55.



Gambar 5.13. Thermo-Hygrometer GMK-930HT

Tabel 5.1 Hasil Pengukuran Suhu Ruangan

No.	Lokasi	Temperatur (°C)	NAB (°C)
1	Lantai 21.1 (R. Kerja SCM)	24.8	19 - 24
2	Lantai 21.2 (R. Rapat 21.7)	22	19 - 24
3	Lantai 21.3 (R. Kerja Security)	23.9	19 - 24
4	Lantai 21.4 (R. Kerja PPGM)	23.75	19 - 24
5	Lantai 22.1 (R. Kerja PPDM)	23.7	19 - 24
6	Lantai 22.2 (R. Kerja PPDM)	25.15	19 - 24
7	Lantai 22.3 (R. Sekr. Dir. EKS)	24.1	19 - 24
8	Lantai 22.4 (R. Kerja PPGJ)	24	19 - 24
9	Lantai 23.1 (R. Kerja EKS)	23.15	19 - 24
10	Lantai 23.2 (R. Kerja EKS)	23.95	19 - 24
11	Lantai 23.3 (R. Kerja EKS)	22.05	19 - 24
12	Lantai 23.4 (R. Kerja EKS)	22.8	19 - 24
13	Lantai 25.1 (R. Kerja EOR)	21	19 - 24
14	Lantai 25.2 (R. Kerja KTI)	21.05	19 - 24
15	Lantai 25.3 (R. Kerja KTI)	21.25	19 - 24
16	Lantai 25.4 (R. Kerja Us. Bar.)	21.65	19 - 24
17	Lantai 26.1 (R. Kerja Kemitraan)	19.9	19 - 24
18	Lantai 26.2 (R. Kerja EPT)	21.85	19 - 24
19	Lantai 26.1 (R. Kerja DD)	20.45	19 - 24
20	Lantai 26.1 (R. Kerja DD)	21.05	19 - 24
21	Lantai 27.1 (R. Kerja HSE)	24.85	19 - 24
22	Lantai 27.2 (R. Kerja HRD)	24.05	19 - 24
23	Lantai 27.3 (R. Kerja HRD)	22.85	19 - 24
24	Lantai 27.4 (R. Kerja L&R)	20.85	19 - 24
25	Lantai 28.1 (R. Kerja Keuangan)	21.15	19 - 24
26	Lantai 28.2 (R. Kerja Keuangan)	20.5	19 - 24
27	Lantai 28.3 (R. Man. Mutu)	20.35	19 - 24
28	Lantai 28.4 (R. Data & TI)	21.75	19 - 24
29	Lantai 29.1 (R. Kerja RenPorto)	25.8	19 - 24
30	Lantai 29.2 (R. Kerja Komisaris)	23.7	19 - 24

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa suhu yang diukur disetiap lantai berada dalam range antara 19.8 sampai dengan 25.8 °C.

5.1.2. KELEMBABAN

Pengukuran Kelembaban dilakukan dengan menggunakan Thermo-Hygrometer Model GMK-930HT (Gambar 5.13). Hasil pengukuran suhu dapat dilihat pada Tabel 5.2. NAB yang digunakan berdasarkan ASHRAE Standard 55.

Tabel 5.2. Hasil Pengukuran Kelembaban

No.	Lokasi	RH (%)			NAB (%)
		Lutut	Dada	Rata-rata	
1	Lantai 21.1 (R. Kerja SCM)	71.9	72.7	72.3	30 - 60
2	Lantai 21.2 (R. Rapat 21.7)	73.3	73.5	73.4	30 - 60
3	Lantai 21.3 (R. Kerja Security)	71.5	72.4	71.95	30 - 60
4	Lantai 21.4 (R. Kerja PPGM)	72	72.1	72.05	30 - 60
5	Lantai 22.1 (R. Kerja PPDM)	69.5	69.7	69.6	30 - 60
6	Lantai 22.2 (R. Kerja PPDM)	70.4	70.8	70.6	30 - 60
7	Lantai 22.3 (R. Sekr. Dir. EKS)	73.5	73.1	73.3	30 - 60
8	Lantai 22.4 (R. Kerja PPGJ)	67.8	68	67.9	30 - 60
9	Lantai 23.1 (R. Kerja EKS)	71	70.9	70.95	30 - 60
10	Lantai 23.2 (R. Kerja EKS)	69.9	70	69.95	30 - 60
11	Lantai 23.3 (R. Kerja EKS)	71.1	71.4	71.25	30 - 60
12	Lantai 23.4 (R. Kerja EKS)	69.3	69.5	69.4	30 - 60
13	Lantai 25.1 (R. Kerja EOR)	68.8	68.8	68.8	30 - 60
14	Lantai 25.2 (R. Kerja KTI)	70.9	70.8	70.85	30 - 60
15	Lantai 25.3 (R. Kerja KTI)	68.6	68.5	68.55	30 - 60
16	Lantai 25.4 (R. Kerja Us. Bar.)	70.5	70.4	70.45	30 - 60
17	Lantai 26.1 (R. Kerja Kemitraan)	70.8	70.9	70.85	30 - 60
18	Lantai 26.2 (R. Kerja EPT)	72.2	74.1	73.15	30 - 60
19	Lantai 26.1 (R. Kerja DD)	72.8	72.8	72.8	30 - 60
20	Lantai 26.1 (R. Kerja DD)	71	71.7	71.35	30 - 60
21	Lantai 27.1 (R. Kerja HSE)	73.8	73	73.4	30 - 60
22	Lantai 27.2 (R. Kerja HRD)	73.2	73.4	73.3	30 - 60
23	Lantai 27.3 (R. Kerja HRD)	73.4	73.5	73.45	30 - 60
24	Lantai 27.4 (R. Kerja L&R)	75.5	75.4	75.45	30 - 60
25	Lantai 28.1 (R. Kerja Keuangan)	70.9	70.7	70.8	30 - 60
26	Lantai 28.2 (R. Kerja Keuangan)	71	70.2	70.6	30 - 60
27	Lantai 28.3 (R. Man. Mutu)	72.2	72.2	72.2	30 - 60
28	Lantai 28.4 (R. Data & TI)	70.8	70.9	70.85	30 - 60
29	Lantai 29.1 (R. Kerja RenPorto)	72.3	72.4	72.35	30 - 60
30	Lantai 29.2 (R. Kerja Komisariss)	79.7	78.4	79.05	30 - 60

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa kisaran kelembaban didalam Kantor Pusat PT X pada saat pengukuran adalah antara 67.8 sampai dengan 79.7 %.

5.1.3. VENTILATION RATE

Pengukuran *Ventilation Rate* dilakukan dengan menggunakan Anemometer AM-4202 (Gambar 5.14). Hasil pengukuran dengan anemometer dapat dilihat pada Tabel 5.3. Hasil pengukuran kemudian dijadikan bagian dari perhitungan *ventilation rate* bersama dengan parameter lain, diantaranya jumlah tenaga kerja per lantai dan ukuran *diffuser / return*.



Gambar 5.14. Anemometer AM-4202

Tabel 5.3. Hasil Pengukuran Debit Udara Luar yang Dimasukkan kedalam Sistem

No.	Keterangan	Kelajuan udara (m/s)	Diameter (m)	Luas permukaan (m ²)	Debit (m ³ /s)
1	Inlet Udara Luar 1	11.1	1.1	0.95	10.54
2	Inlet Udara Luar 2	10.3	1.1	0.95	9.78
	TOTAL				20.33

Dengan asumsi bahwa kedelapan lantai dilayani dengan jumlah yang sama, dan setiap AHU diset secara tipikal, maka suplai udara segar per lantai adalah sebesar $20,33 : 8 = 2.54 \text{ m}^3/\text{s} = 1640.4 \text{ cfm}$. Dengan menggunakan data jumlah pekerja

per lantai seperti pada Tabel 4.1. dapat dibuat perhitungan suplai udara segar per lantai pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Perhitungan Ventilation Rate Per Lantai

No.	Lantai	Debit udara luar (cfm)	Jumlah Tenaga Kerja (orang)	Ventilation rate (cfm/orang)
1	21	1640.4	134	12.24
2	22	1640.4	67	24.48
3	23	1640.4	91	18.02
4	25	1640.4	90	18.22
5	26	1640.4	136	12.06
6	27	1640.4	95	17.27
7	28	1640.4	81	20.25
8	29	1640.4	60	27.34

Berdasarkan perhitungan diatas dapat dilihat bahwa besarnya ventilation rate di Kantor Pusat PT. X adalah antara 12.06 sampai dengan 27.34 cfm/orang. Ventilation rate terkecil ada di lantai 26 sedangkan ventilation rate terbesar di lantai 29.

5.1.4. RECIRCULATION RATE

Pengukuran *Recirculation Rate* dilakukan dengan menggunakan Anemometer AM-4202. Hasil pengukuran dengan anemometer dapat dilihat pada Tabel 5.5. Hasil pengukuran kemudian dijadikan bagian dari perhitungan *recirculation rate*.

Tabel 5.5. Perhitungan Debit Suplai Udara Per Lantai

No.	Lokasi	Kelajuan diffuser (m/s)	Rata-rata Kelajuan diffuser (m/s)	Sisi Diffuser (m)	Luas Diffuser (m ²)	Jumlah Diffuser	Debit Diffuser (m ³ /s)	Flow Udara (m/s)
1	Lantai 21.1	1.8	1.4	0.30	0.09	112	14.11	0.17
2	Lantai 21.2	2						
3	Lantai 21.3	0.5						
4	Lantai 21.4	1.4						
5	Lantai 22.1	4.2	2.1	0.30	0.09	112	21.17	0.25
6	Lantai 22.2	1.3						
7	Lantai 22.3	1.6						

8	Lantai 22.4	1.3						
9	Lantai 23.1	2.6	1.3	0.30	0.09	112	12.60	0.15
10	Lantai 23.2	0.5						
11	Lantai 23.3	0.5						
12	Lantai 23.4	1.4						
13	Lantai 25.1	2.9	2.3	0.30	0.09	112	22.68	0.27
14	Lantai 25.2	2.2						
15	Lantai 25.3	2.3						
16	Lantai 25.4	1.6						
17	Lantai 26.1	2.6	2.1	0.30	0.09	112	21.17	0.25
18	Lantai 26.2	0.8						
19	Lantai 26.3	2.6						
20	Lantai 26.4	2.4						
21	Lantai 27.1	1.8	1.9	0.30	0.09	112	19.40	0.23
22	Lantai 27.2	0.4						
23	Lantai 27.3	2.1						
24	Lantai 27.4	3.4						
25	Lantai 28.1	2.1	1.9	0.30	0.09	112	19.15	0.22
26	Lantai 28.2	1.8						
27	Lantai 28.3	1.8						
28	Lantai 28.4	1.9						
29	Lantai 29.1	4.6	2.9	0.30	0.09	112	29.23	0.34
30	Lantai 29.2	1.2						
	TOTAL						159.77	

Berdasarkan tabel 5.3 dan 5.5 dapat dihitung bahwa *recirculation rate* adalah sebesar $159.77 - 20.33 = 139.44 \text{ m}^3/\text{s}$. Dengan demikian *recirculation rate* adalah 87.28 % dari keseluruhan udara dalam sistem. Hal ini mendekati keterangan *engineer* gedung bahwa *recirculation rate* diset sebesar 85-90 %. Dapat dihitung juga besarnya aliran udara dalam ruangan, yaitu debit diffuser dibagi dengan luas area. Range besarnya aliran udara dalam ruangan adalah antara 0.15-0.34 m/s.

5.1.5. KEBISINGAN

Pengukuran Kebisingan dilakukan dengan menggunakan Sound Level Meter Tenmars IEC 651 Type I (Gambar 5.15). Hasil pengukuran kebisingan dapat dilihat pada Tabel 5.6. NAB yang digunakan berdasarkan Per. Gub. DKI Jaya No. 54 Tahun 2008.



Gambar 5.15. Sound Level Meter Tenmars IEC 651 Type I

Tabel 5.6. Hasil Pengukuran Kebisingan

No.	Lokasi	Kebisingan (dBA)	Kebisingan Rerata (dBA)	NAB (dBA)
1	Lantai 21.1 (R. Kerja SCM)	50.6	51.1	65
		51.7		
		50.9		
2	Lantai 21.2 (R. Rapat 21.7)	49.2	49.3	65
		49.7		
		49		
3	Lantai 21.3 (R. Kerja Security)	47.2	48.0	65
		46.3		
		50.4		
4	Lantai 21.4 (R. Kerja PPGM)	49.4	45.5	65
		43		
		44.1		
5	Lantai 22.1 (R. Kerja PPDM)	52	52.4	65
6	Lantai 22.2 (R. Kerja PPDM)	53.1	49.2	65
		52		
		48.6		
7	Lantai 22.3 (R. Sekr. Dir. EKS)	49.5	49.3	65
		49.6		
		49.9		
8	Lantai 22.4 (R. Kerja PPGJ)	49.3	48.5	65
		48.7		
		46.8		
9	Lantai 23.1 (R. Kerja EKS)	49.6	53.6	65
		49.2		
		57.6		
		50.9		
		52.4		

10	Lantai 23.2 (R. Kerja EKS)	51 50.8 50.2	50.7	65
11	Lantai 23.3 (R. Kerja EKS)	47.3 50.1 49.5	49.0	65
12	Lantai 23.4 (R. Kerja EKS)	52.2 47.6 54.3	51.4	65
13	Lantai 25.1 (R. Kerja EOR)	49.1 48.1 50.9	49.4	65
14	Lantai 25.2 (R. Kerja KTI)	47.6 52.8 48.6	49.7	65
15	Lantai 25.3 (R. Kerja KTI)	53.5 52.7 50.9	52.4	65
16	Lantai 25.4 (R. Kerja Us. Bar.)	55.4 50.2 48.2	51.3	65
17	Lantai 26.1 (R. Kerja Kemitraan)	48.5 48 46.1	47.5	65
18	Lantai 26.2 (R. Kerja EPT)	48.3 49 46.5	47.9	65
19	Lantai 26.1 (R. Kerja DD)	45 47.1 46	46.0	65
20	Lantai 26.1 (R. Kerja DD)	54.4 50.8 52	52.4	65
21	Lantai 27.1 (R. Kerja HSE)	50.7 52.9 51.5	51.7	65
22	Lantai 27.2 (R. Kerja HRD)	46.3 51.5 46.8	48.2	65
23	Lantai 27.3 (R. Kerja HRD)	45.4 46.6 46.9	46.3	65
24	Lantai 27.4 (R. Kerja L&R)	50.3 53.5	52.0	65

		52.1		
25	Lantai 28.1 (R. Kerja Keuangan)	48.8	49.1	65
		50.3		
		48.2		
26	Lantai 28.2 (R. Kerja Keuangan)	63.3	59.1	65
		57.1		
		57		
27	Lantai 28.3 (R. Man. Mutu)	40.2	40.1	65
		40.7		
		39.4		
28	Lantai 28.4 (R. Data & TI)	55	52.4	65
		49.3		
		53		
29	Lantai 29.1 (R. Kerja RenPorto)	51.5	52.4	65
		55.5		
		50.1		
30	Lantai 29.2 (R. Kerja Komisaris)	52.2	51.3	65
		49.6		
		52.1		
31	Lantai 22 (Titik 22.1 – 8 Jam)		52.4	65

Berdasarkan tabel tersebut dapat dilihat bahwa pada saat pengukuran kebisingan rata-rata di kantor Pusat PT X berada antara 46.3 sampai dengan 59.1 dBA.

5.1.6. PENCAHAYAAN

Pengukuran Pencahayaan dilakukan dengan menggunakan Digital Lux-Meter YF 1065 (Gambar 5.16). Hasil pengukuran kebisingan dapat dilihat pada Tabel 5.7. NAB yang digunakan berdasarkan Per. Gub. DKI Jaya No. 54 Tahun 2008.



Gambar 5.16. Digital Lux-Meter YF 1065

Tabel 5.7. Hasil Pengukuran Tingkat Pencahayaan

No.	Lokasi	Pencahayaan (Lux)	Pencahayaan Rerata (Lux)	NAB (min) Lux
1	Lantai 21.1 (R. Kerja SCM)	227 302	264.5	100
2	Lantai 21.2 (R. Rapat 21.7)	180 185	182.5	100
3	Lantai 21.3 (R. Kerja Security)	491 106	298.5	100
4	Lantai 21.4 (R. Kerja PPGM)	281 199	240.0	100
5	Lantai 22.1 (R. Kerja PPDM)	382 351	366.5	100
6	Lantai 22.2 (R. Kerja PPDM)	304 339	321.5	100
7	Lantai 22.3 (R. Sekr. Dir. EKS)	87 63	75.0	100
8	Lantai 22.4 (R. Kerja PPGJ)	341 282	311.5	100
9	Lantai 23.1 (R. Kerja EKS)	297 236	266.5	100
10	Lantai 23.2 (R. Kerja EKS)	240 274	257.0	100
11	Lantai 23.3 (R. Kerja EKS)	439 312	375.5	100
12	Lantai 23.4 (R. Kerja EKS)	298 235	266.5	100
13	Lantai 25.1 (R. Kerja EOR)	401 325	363.0	100
14	Lantai 25.2 (R. Kerja KTI)	247 386	316.5	100
15	Lantai 25.3 (R. Kerja KTI)	180 314	247.0	100
16	Lantai 25.4 (R. Kerja Us. Bar.)	406 325	365.5	100
17	Lantai 26.1 (R. Kerja Kemitraan)	221 254	237.5	100
18	Lantai 26.2 (R. Kerja EPT)	513 273	393.0	100
19	Lantai 26.1 (R. Kerja DD)	281 167	224.0	100
20	Lantai 26.1 (R. Kerja DD)	200 266	233.0	100
21	Lantai 27.1 (R. Kerja HSE)	262	211.5	100

22	Lantai 27.2 (R. Kerja HRD)	161 258 332	295.0	100
23	Lantai 27.3 (R. Kerja HRD)	243 131	187.0	100
24	Lantai 27.4 (R. Kerja L&R)	222 288	255.0	100
25	Lantai 28.1 (R. Kerja Keuangan)	366 468	417.0	100
26	Lantai 28.2 (R. Kerja Keuangan)	272 319	295.5	100
27	Lantai 28.3 (R. Man. Mutu)	352 379	365.5	100
28	Lantai 28.4 (R. Data & TI)	299 385	342.0	100
29	Lantai 29.1 (R. Kerja RenPorto)	301 384	342.5	100
30	Lantai 29.2 (R. Kerja Komisaris)	138 281	209.5	100
31	Lantai 22 (Titik 22.1 – 8 jam)		362	100

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat pada kisaran pencahayaan di Kantor Pusat PT. X pada saat pengukuran berkisar antara 63 sampai dengan 513 lux.

5.1.7. KARBONDIOKSIDA

Pengukuran Karbondioksida dilakukan dengan menggunakan Graywolf Toxic Gas Monitor (Gambar 5.17). Hasil pengukuran karbondioksida dapat dilihat pada Tabel 5.8. NAB yang digunakan berdasarkan Per. Gub. DKI Jaya No. 54 Tahun 2008.



Gambar 5.17. Graywolf Toxic Gas Monitor

Tabel 5.8. Hasil Pengukuran Karbon Dioksida

No.	Lokasi	CO2 ppm	NAB ppm
1	Lt.21.1	910.58	1000
2	Lt. 21.2	929.86	1000
3	Lt. 21.3	1229.00	1000
4	Lt. 21.4	1049.00	1000
5	Lt. 22.1	1081.25	1000
6	Lt. 22.2	1106.17	1000
7	Lt. 22.3	1062.43	1000
8	Lt. 22.4	1113.25	1000
9	Lt. 23.1	1321.33	1000
10	Lt. 23.2	1300.67	1000
11	Lt. 23.3	1476.33	1000
12	Lt. 23.4	1594.29	1000
13	Lt. 25.1	1395.25	1000
14	Lt. 25.2	1410.17	1000
15	Lt. 25.3	1566.50	1000
16	Lt. 25.4	1585.29	1000
17	Lt. 26.1	1440.40	1000
18	Lt. 26.2	1414.17	1000
19	Lt. 26.3	1322.67	1000
20	Lt. 26.4	1413.67	1000
21	Lt. 27.1	1365.00	1000
22	Lt. 27.2	1499.67	1000
23	Lt. 27.3	1290.14	1000
24	Lt. 27.4	1334.17	1000
25	Lt. 28.1	1608.75	1000
26	Lt. 28.2	1743.25	1000
27	Lt. 28.3	1473.25	1000
28	Lt. 28.4	1511.80	1000
29	Lt. 29.1	1322.40	1000
30	Lt. 29.2	1233.00	1000
31	Inlet	484.50	

Berdasarkan hasil pengukuran, maka konsentrasi karbondioksida dalam ruangan Kantor Pusat PT. X berkisar antara 910.58 ppm sampai dengan 1743.25 ppm. Konsentrasi terendah ditemukan di lantai 21 sedangkan tertinggi ditemukan di lantai 28. Dilakukan juga pengukuran terhadap udara luar sekitar inlet udara segar gedung dengan hasil pengukuran sebesar 484.50 ppm.

5.1.8. KARBONMONOKSIDA

Pengukuran Karbonmonoksida dilakukan dengan menggunakan Graywolf Toxic Gas Monitor. Hasil pengukuran karbonmonoksida dapat dilihat pada Tabel 5.9. NAB yang digunakan berdasarkan ASHRAE.

Tabel 5.9. Hasil Pengukuran Karbonmonoksida

No.	Lokasi	CO ppm	NAB ppm
1	Lt.21.1	10.04	9
2	Lt. 21.2	10.57	9
3	Lt. 21.3	9.60	9
4	Lt. 21.4	3.00	9
5	Lt. 22.1	4.30	9
6	Lt. 22.2	4.68	9
7	Lt. 22.3	4.21	9
8	Lt. 22.4	4.43	9
9	Lt. 23.1	5.58	9
10	Lt. 23.2	5.58	9
11	Lt. 23.3	5.20	9
12	Lt. 23.4	5.37	9
13	Lt. 25.1	5.83	9
14	Lt. 25.2	6.37	9
15	Lt. 25.3	6.30	9
16	Lt. 25.4	6.43	9
17	Lt. 26.1	5.70	9
18	Lt. 26.2	5.28	9
19	Lt. 26.3	5.55	9
20	Lt. 26.4	5.60	9
21	Lt. 27.1	5.37	9
22	Lt. 27.2	5.67	9
23	Lt. 27.3	5.23	9
24	Lt. 27.4	4.52	9
25	Lt. 28.1	4.93	9
26	Lt. 28.2	5.35	9
27	Lt. 28.3	5.25	9
28	Lt. 28.4	6.02	9
29	Lt. 29.1	5.92	9
30	Lt. 29.2	5.40	9
31	Lt. 22.1 (8)	3.2	9
32	Inlet	1.85	

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut dapat dilihat bahwa kisaran CO dalam ruangan di Kantor Pusat PT X adalah antara 3.00 ppm sampai dengan 10.70 ppm. Hasil pengukuran tertinggi maupun terendah didapat dari Lantai 21. Sebagai pembandingan dilakukan juga pengukuran selama 8 jam di Lantai 22, tepatnya di titik 22.1 dengan hasil pengukuran rata-rata 3.2 ppm. Dilakukan juga pengukuran selama 8 jam pada udara luar sekitar inlet udara segar gedung dengan hasil pengukuran sebesar 1.85 ppm.

5.1.9. PM₁₀ dan PM_{2.5}

Pengukuran PM₁₀ dan PM_{2.5} dilakukan dengan menggunakan Lighthouse Particle Counter Handheld 3016-IAQ (Gambar 5.18). Hasil pengukuran PM₁₀ dan PM_{2.5} dapat dilihat pada Tabel 5.10. NAB untuk PM₁₀ adalah menurut OSHA dan untuk PM_{2.5} berdasarkan rekomendasi EPA.

Tabel 5.10. Hasil Pengukuran Partikulat

No.	Lokasi	PM _{0.5}	PM _{1.0}	PM _{2.5}	PM _{5.0}	PM _{10.0}	NAB PM ₁₀
		µg / m ³					
1	Lantai 21.1 (R. Kerja SCM)	4.57	5.46	6.09	11.30	24.17	150.00
2	Lantai 21.2 (R. Rapat 21.7)	3.30	3.78	4.04	5.51	9.21	150.00
3	Lantai 21.3 (R. Kerja Security)	2.59	3.04	3.63	9.00	22.78	150.00
4	Lantai 21.4 (R. Kerja PPGM)	2.40	2.73	3.08	5.82	14.33	150.00
5	Lantai 22.1 (R. Kerja PPDM)	9.14	10.10	10.91	19.12	44.47	150.00
6	Lantai 22.2 (R. Kerja PPDM)	4.21	4.83	5.73	14.71	39.42	150.00
7	Lantai 22.3 (R. Sekr. Dir. EKS)	2.58	2.92	3.60	10.92	31.92	150.00
8	Lantai 22.4 (R. Kerja PPGJ)	4.70	5.26	5.70	9.52	21.80	150.00
9	Lantai 23.1 (R. Kerja EKS)	2.94	3.34	3.80	9.01	24.42	150.00
10	Lantai 23.2 (R. Kerja EKS)	3.69	4.43	5.54	14.03	34.89	150.00
11	Lantai 23.3 (R. Kerja EKS)	7.68	8.61	9.53	17.27	39.89	150.00
12	Lantai 23.4 (R. Kerja EKS)	12.09	13.43	14.16	20.97	41.39	150.00
13	Lantai 25.1 (R. Kerja EOR)	3.54	4.16	4.94	13.55	36.75	150.00
14	Lantai 25.2 (R. Kerja KTI)	4.99	5.79	6.36	10.67	23.54	150.00
15	Lantai 25.3 (R. Kerja KTI)	6.47	7.43	8.09	13.71	27.29	150.00
16	Lantai 25.4 (R. Kerja Us. Bar.)	9.86	11.74	12.77	22.39	46.25	150.00
17	Lantai 26.1 (R. Kerja Kemitraan)	2.34	2.66	3.10	8.57	25.73	150.00
18	Lantai 26.2 (R. Kerja EPT)	2.14	2.40	2.63	4.55	10.85	150.00

19	Lantai 26.3 (R. Kerja DD)	4.45	5.19	5.96	13.29	37.80	150.00
20	Lantai 26.4 (R. Kerja DD)	5.71	6.45	6.91	11.14	22.71	150.00
21	Lantai 27.1 (R. Kerja HSE)	14.53	16.29	16.85	21.88	40.28	150.00
22	Lantai 27.2 (R. Kerja HRD)	14.34	16.04	16.67	22.68	41.86	150.00
23	Lantai 27.3 (R. Kerja HRD)	5.68	6.25	6.74	11.99	26.68	150.00
24	Lantai 27.4 (R. Kerja L&R)	3.40	3.86	4.64	16.22	58.08	150.00
25	Lantai 28.1 (R. Kerja Keuangan)	20.19	23.16	24.04	31.93	55.27	150.00
26	Lantai 28.2 (R. Kerja Keuangan)	12.56	13.93	14.56	21.07	39.66	150.00
27	Lantai 28.3 (R. Man. Mutu)	7.21	8.22	9.43	23.36	60.15	150.00
28	Lantai 28.4 (R. Data & TI)	6.98	8.02	9.83	33.57	101.04	150.00
29	Lantai 29.1 (R. Kerja RenPorto)	4.87	5.92	7.13	16.28	38.84	150.00
30	Lantai 29.2 (R. Kerja Komisararis)	11.99	13.57	14.49	22.20	42.68	150.00
31	Inlet	4.04	5.28	5.75	8.14	9.81	
32	Lantai 22.1 (8 jam)	15.36	17.39	17.88	22.07	34.65	150.00

Berdasarkan tabel hasil pengukuran tersebut dapat dilihat bahwa konsentrasi PM_{10} dalam ruangan Kantor Pusat PT. X berada dalam kisaran $9.21 \mu g/m^3$ sampai dengan $101.04 \mu g/m^3$. Hasil pengukuran terendah didapatkan di Ruang Rapat 21.7 di Lantai 21 sedangkan hasil pengukuran tertinggi didapatkan di Lantai 28. Pengukuran juga dilakukan di udara luar sekitar inlet udara segar gedung dengan hasil pengukuran sebesar $9.81 \mu g/m^3$. Dalam tabel yang sama juga dapat dilihat bahwa konsentrasi $PM_{2.5}$ dalam ruangan Kantor Pusat PT. X berada dalam kisaran $2.63 \mu g/m^3$ sampai dengan $24.04 \mu g/m^3$. Hasil pengukuran terendah didapatkan di R. Kerja EPT Lantai 26 dan tertinggi di R. Kerja Keuangan Lantai 27. Untuk pengukuran 8 jam di Lantai 22.1 sebagai pembandingan ditemukan juga bahwa konsentrasi $PM_{2.5}$ mencapai $17.88 \mu g/m^3$.



Gambar 5.19 Lighthouse Particle Counter Handheld 3016-IAQ

5.1.10. HIDROGEN SULFIDA

Pengukuran Hidrogen Sulfida dilakukan dengan menggunakan Graywolf Toxic Gas Monitor. Hasil pengukuran hidrogen sulfida dapat dilihat pada Tabel 5.11. NAB H₂S yang digunakan adalah berdasarkan ACGIH-2008.

Tabel 5.11. Hasil Pengukuran Hidrogen Sulfida

No.	Lokasi	H ₂ S ppm	NAB ppm
1	Lt.21.1	0.91	10
2	Lt. 21.2	0.87	10
3	Lt. 21.3	1.00	10
4	Lt. 21.4	0.33	10
5	Lt. 22.1	0.30	10
6	Lt. 22.2	0.30	10
7	Lt. 22.3	0.21	10
8	Lt. 22.4	0.18	10
9	Lt. 23.1	0.27	10
10	Lt. 23.2	0.20	10
11	Lt. 23.3	0.20	10
12	Lt. 23.4	0.20	10
13	Lt. 25.1	0.10	10
14	Lt. 25.2	0.13	10
15	Lt. 25.3	0.10	10
16	Lt. 25.4	0.17	10
17	Lt. 26.1	0.12	10
18	Lt. 26.2	0.02	10
19	Lt. 26.3	0.10	10
20	Lt. 26.4	0.18	10
21	Lt. 27.1	0.00	10
22	Lt. 27.2	0.00	10
23	Lt. 27.3	0.06	10
24	Lt. 27.4	0.05	10
25	Lt. 28.1	0.10	10
26	Lt. 28.2	0.00	10
27	Lt. 28.3	0.10	10
28	Lt. 28.4	0.22	10
29	Lt. 29.1	0.20	10
30	Lt. 29.2	0.00	10
31	Lt. 22.1 (8)	0.70	10
32	Inlet	0.28	

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut dapat dilihat bahwa kisaran H₂S dalam ruangan di Kantor Pusat PT X adalah antara 0.00 ppm sampai dengan 1.00 ppm. Hasil pengukuran tertinggi didapat dari Lantai 21 dan terendah di Lantai 29. Sebagai pembandingan dilakukan juga pengukuran selama 8 jam di Lantai 22, tepatnya di titik 22.1 dengan hasil pengukuran rata-rata 0.70 ppm. Dilakukan juga pengukuran selama 8 jam pada udara luar sekitar inlet udara segar gedung dengan hasil pengukuran sebesar 0.28 ppm.

5.1.11. OZON

Pengukuran ozon dilakukan dengan menggunakan Graywolf Toxic Gas Monitor. Hasil pengukuran ozon dapat dilihat pada Tabel 5.12. NAB O₃ yang digunakan adalah berdasarkan ACGIH-2008.

Tabel 5.12. Hasil Pengukuran Ozon

No.	Lokasi	O ₃ ppm	NAB ppm
1	Lt.21.1	0.01	0.08
2	Lt. 21.2	0.01	0.08
3	Lt. 21.3	0.01	0.08
4	Lt. 21.4	0.01	0.08
5	Lt. 22.1	0.01	0.08
6	Lt. 22.2	0.01	0.08
7	Lt. 22.3	0.01	0.08
8	Lt. 22.4	0.01	0.08
9	Lt. 23.1	0.01	0.08
10	Lt. 23.2	0.01	0.08
11	Lt. 23.3	0.01	0.08
12	Lt. 23.4	0.01	0.08
13	Lt. 25.1	0.01	0.08
14	Lt. 25.2	0.01	0.08
15	Lt. 25.3	0.01	0.08
16	Lt. 25.4	0.01	0.08
17	Lt. 26.1	0.01	0.08
18	Lt. 26.2	0.01	0.08
19	Lt. 26.3	0.01	0.08
20	Lt. 26.4	0.01	0.08

21	Lt. 27.1	0.01	0.08
22	Lt. 27.2	0.01	0.08
23	Lt. 27.3	0.01	0.08
24	Lt. 27.4	0.01	0.08
25	Lt. 28.1	0.01	0.08
26	Lt. 28.2	0.01	0.08
27	Lt. 28.3	0.01	0.08
28	Lt. 28.4	0.01	0.08
29	Lt. 29.1	0.01	0.08
30	Lt. 29.2	0.01	0.08
31	Lt. 22.1 (8)		
32	Inlet	0.02	

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut dapat dilihat bahwa kisaran ozon dalam ruangan di Kantor Pusat PT X adalah 0.01 ppm disetiap lantai dengan pengukuran sebesar 0.02 ppm dibagian inlet gedung.

5.1.12. NITROGEN DIOKSIDA

Pengukuran nitrogendioksida dilakukan dengan menggunakan Graywolf Toxic Gas Monitor. Hasil pengukuran nitrogendioksida dapat dilihat pada Tabel 5.13. NAB yang digunakan berdasarkan Kep.Men.Kes. No. 1405 Tahun 2002.

Tabel 5.13. Hasil Pengukuran Nitrogendioksida

No.	Lokasi	NO ₂ ppm	NAB ppm
1	Lt.21.1	0.03	3
2	Lt. 21.2	0.02	3
3	Lt. 21.3	0.02	3
4	Lt. 21.4	0.02	3
5	Lt. 22.1	0.02	3
6	Lt. 22.2	0.01	3
7	Lt. 22.3	0.01	3
8	Lt. 22.4	0.02	3
9	Lt. 23.1	0.02	3
10	Lt. 23.2	0.01	3
11	Lt. 23.3	0.01	3
12	Lt. 23.4	0.01	3
13	Lt. 25.1	0.02	3
14	Lt. 25.2	0.01	3

15	Lt. 25.3	0.01	3
16	Lt. 25.4	0.03	3
17	Lt. 26.1	0.02	3
18	Lt. 26.2	0.02	3
19	Lt. 26.3	0.01	3
20	Lt. 26.4	0.01	3
21	Lt. 27.1	0.02	3
22	Lt. 27.2	0.02	3
23	Lt. 27.3	0.02	3
24	Lt. 27.4	0.02	3
25	Lt. 28.1	0.02	3
26	Lt. 28.2	0.02	3
27	Lt. 28.3	0.02	3
28	Lt. 28.4	0.02	3
29	Lt. 29.1	0.01	3
30	Lt. 29.2	0.02	3
31	Lt. 22.1 (8)	0.02	3
32	Inlet	0.08	3

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut dapat dilihat bahwa kisaran nitrogendioksida dalam ruangan di Kantor Pusat PT X adalah antara 0.01 ppm sampai dengan 0.03 ppm. Sebagai pembandingan dilakukan juga pengukuran selama 8 jam di Lantai 22, tepatnya di titik 22.1 dengan hasil pengukuran rata-rata 0.02 ppm. Dilakukan juga pengukuran selama 8 jam pada udara luar sekitar inlet udara segar gedung dengan hasil pengukuran sebesar 0.08 ppm.

5.1.13. SULFURDIOKSIDA

Pengukuran sulfurdiooksida dilakukan dengan menggunakan Graywolf Toxic Gas Monitor. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 5.14. NAB yang digunakan berdasarkan Kep.Men.Kes. No. 1405 Tahun 2002.

Tabel 5.14. Hasil Pengukuran Sulfurdiooksida

No.	Lokasi	SO ₂ ppm	NAB ppm
1	Lt.21.1	0.00	2
2	Lt. 21.2	0.00	2
3	Lt. 21.3	0.00	2
4	Lt. 21.4	0.00	2

5	Lt. 22.1	0.00	2
6	Lt. 22.2	0.00	2
7	Lt. 22.3	0.00	2
8	Lt. 22.4	0.00	2
9	Lt. 23.1	0.00	2
10	Lt. 23.2	0.00	2
11	Lt. 23.3	0.00	2
12	Lt. 23.4	0.00	2
13	Lt. 25.1	0.00	2
14	Lt. 25.2	0.00	2
15	Lt. 25.3	0.00	2
16	Lt. 25.4	0.00	2
17	Lt. 26.1	0.00	2
18	Lt. 26.2	0.00	2
19	Lt. 26.3	0.00	2
20	Lt. 26.4	0.00	2
21	Lt. 27.1	0.00	2
22	Lt. 27.2	0.00	2
23	Lt. 27.3	0.00	2
24	Lt. 27.4	0.00	2
25	Lt. 28.1	0.00	2
26	Lt. 28.2	0.00	2
27	Lt. 28.3	0.00	2
28	Lt. 28.4	0.00	2
29	Lt. 29.1	0.00	2
30	Lt. 29.2	0.00	2
31	Lt. 22.1 (8)	0.00	2
32	Inlet	0.00	

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut dapat dilihat bahwa konsentrasi SO_2 dalam ruangan di Kantor Pusat PT X adalah 0.00 ppm. Dilakukan juga pengukuran selama 8 jam pada udara luar sekitar inlet udara segar gedung dengan hasil pengukuran sebesar 0.00 ppm.

5.1.14. FORMALDEHYDE

Pengukuran formaldehyde dilakukan dengan menggunakan Riken Keiki FP30 Formaldehyde Detector (Gambar 5.19). Hasil pengukuran formaldehyde dapat dilihat pada Tabel 5.15. NAB yang digunakan berdasarkan ACGIH-2008.



Gambar 5.19 Riken Keiki FP30 Formaldehyde Detector

Tabel 5.15. Hasil Pengukuran Formaldehide

No.	Lokasi	Formaldehyde (ppm)	NAB (ppm)
1	Lantai 21.1 (R. Kerja SCM)	< 0.01	0.3
2	Lantai 21.2 (R. Rapat 21.7)	0.08	0.3
3	Lantai 21.3 (R. Kerja Security)	0.09	0.3
4	Lantai 21.4 (R. Kerja PPGM)	0.11	0.3
5	Lantai 22.1 (R. Kerja PPDM)	0.11	0.3
6	Lantai 22.2 (R. Kerja PPDM)	0.13	0.3
7	Lantai 22.3 (R. Sekr. Dir. EKS)	0.11	0.3
8	Lantai 22.4 (R. Kerja PPGJ)	0.1	0.3
9	Lantai 23.1 (R. Kerja EKS)	0.11	0.3
10	Lantai 23.2 (R. Kerja EKS)	0.11	0.3
11	Lantai 23.3 (R. Kerja EKS)	0.11	0.3
12	Lantai 23.4 (R. Kerja EKS)	0.13	0.3
13	Lantai 25.1 (R. Kerja EOR)	0.1	0.3
14	Lantai 25.2 (R. Kerja KTI)	0.09	0.3
15	Lantai 25.3 (R. Kerja KTI)	0.11	0.3
16	Lantai 25.4 (R. Kerja Us. Bar.)	0.09	0.3
17	Lantai 26.1 (R. Kerja Kemitraan)	0.1	0.3
18	Lantai 26.2 (R. Kerja EPT)	0.1	0.3
19	Lantai 26.1 (R. Kerja DD)	0.1	0.3
20	Lantai 26.1 (R. Kerja DD)	0.1	0.3
21	Lantai 27.1 (R. Kerja HSE)	0.09	0.3
22	Lantai 27.2 (R. Kerja HRD)	0.1	0.3
23	Lantai 27.3 (R. Kerja HRD)	0.1	0.3
24	Lantai 27.4 (R. Kerja L&R)	0.09	0.3
25	Lantai 28.1 (R. Kerja Keuangan)	0.09	0.3
26	Lantai 28.2 (R. Kerja Keuangan)	0.08	0.3
27	Lantai 28.3 (R. Man. Mutu)	0.07	0.3

28	Lantai 28.4 (R. Data & TI)	0.07	0.3
29	Lantai 29.1 (R. Kerja RenPorto)	0.11	0.3
30	Lantai 29.2 (R. Kerja Komisaris)	0.08	0.3

Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan bahwa konsentrasi formaldehide di Kantor Pusat PT. X berada mulai dari < 0.01 ppm (limit deteksi alat adalah 0.01 ppm) sampai dengan 0.13 ppm. Hasil pengukuran terendah didapatkan di Lantai 21 sedangkan pengukuran tertinggi didapatkan di Lantai 22 dan 23.

5.2. KARAKTERISTIK UMUM PEKERJA KANTOR PUSAT PT. X

Bersamaan dengan dilakukannya pengukuran kualitas udara dalam ruangan, disebarkan juga kuesioner kepada pekerja kantor pusat PT. X. Kuesioner tersebut diantaranya digunakan untuk menangkap karakteristik umum pekerja Kantor Pusat PT. X selain untuk mengetahui keluhan pekerja dimaksud terkait dengan gejala SBS. Dari 283 kuesioner yang disebarkan mulai hari Senin, 14 Juni 2010 sampai dengan Jumat, 18 Juni 2010, 93 (32,86 %) diantaranya berhasil dikumpulkan kembali. Sebaran kuesioner yang kembali berdasarkan lantai dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16. Sebaran responden Setiap Lantai

Lantai	Frekuensi	Persentase (%)
21	16	17.2
22	12	12.9
23	12	12.9
25	13	14.0
26	16	17.2
27	13	14.0
28	8	8.6
29	3	3.2
Total	93	100.0

5.2.1. GENDER

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul, pengelompokan gender responden dapat dilihat pada tabel 5.17.

Tabel 5.17. Pengelompokan Gender Responden

Gender	Frekuensi	Persentase (%)
Pria	78	83.9
Wanita	15	16.1
Total	93	100.0

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa sebanyak 78 orang responden (83.9 %) berjenis kelamin pria dan 15 orang responden lainnya (16.1 %) berjenis kelamin wanita.

5.2.2. USIA

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul, distribusi usia responden dapat dilihat pada tabel 5.18. Usia tersebut kemudian dikelompokkan lagi seperti terlihat pada Tabel 5.19.

Tabel 5.18. Usia Responden

Usia	Frekuensi	Persentase (%)
22	1	1.1
24	1	1.1
25	3	3.2
26	6	6.5
27	4	4.3
28	3	3.2
29	4	4.3
30	2	2.2
31	4	4.3
32	6	6.5
33	5	5.4
34	1	1.1
35	1	1.1
36	2	2.2
37	3	3.2
38	1	1.1
39	3	3.2

40	1	1.1
41	1	1.1
42	2	2.2
44	4	4.3
45	8	8.6
46	4	4.3
47	4	4.3
48	3	3.2
50	4	4.3
52	3	3.2
53	1	1.1
54	3	3.2
55	3	3.2
58	1	1.1
59	1	1.1
Total	93	100.0

Tabel 5.19. Pengelompokan Usia Responden

Kelompok Usia	Frekuensi	Persentase (%)
< 40 Tahun	50	53.76
≥ 40 Tahun	43	46.24
Total	93	100.00

Dari kedua tabel diatas dapat dilihat bahwa kisaran usia responden berada antara 22 – 59 tahun. Dari kisaran usia tersebut sebanyak 50 orang responden (53.76 %) berusia dibawah 40 tahun dan 43 orang responden lainnya (46.24 %) berusia sama dengan atau diatas 40 tahun.

5.2.3. RIWAYAT ALERGI

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul, jumlah responden yang memiliki riwayat alergi dan tidak memiliki riwayat alergi dapat dilihat pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20. Riwayat Alergi Responden

Riwayat Alergi	Frekuensi	Persentase (%)
Ada	34	36.6
Tidak ada	59	63.4
Total	93	100.0

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa sebanyak 34 orang responden (36.6 %) memiliki riwayat alergi dan 59 orang responden lainnya (63.4 %) tidak memiliki riwayat alergi

5.2.4. RIWAYAT ASMA

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul, jumlah responden yang memiliki riwayat asma dan tidak memiliki riwayat asma dapat dilihat pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21. Riwayat Asma Responden

Riwayat Asma	Frekuensi	Persentase (%)
Ada	14	15.1
Tidak Ada	79	84.9
Total	93	100.0

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa sebanyak 14 orang responden (15.1 %) memiliki riwayat asma dan 79 orang responden lainnya (84.9 %) tidak memiliki riwayat asma.

5.2.5. KEBIASAAN MEROKOK

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul, jumlah responden yang memiliki kebiasaan merokok dan responden yang tidak memiliki kebiasaan merokok dapat dilihat pada Tabel 5.22.

Tabel 5.22. Kebiasaan Merokok Responden

Kebiasaan Merokok	Frekuensi	Persentase (%)
Ya	39	41.9
Tidak	54	58.1
Total	93	100.0

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa sebanyak 39 orang responden (41.9 %) mengaku memiliki kebiasaan merokok dan 54 responden lainnya (58.1 %) mengaku tidak memiliki kebiasaan merokok

5.2.6. TEKANAN KERJA

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul, jumlah responden yang merasa tidak mengalami tekanan kerja, sesekali mengalami tekanan kerja, dan seringkali mengalami tekanan kerja dalam 4 minggu terakhir sampai dengan yang bersangkutan mengisi kuesioner dapat dilihat pada Tabel 5.23.

Tabel 5.23. Tekanan Kerja yang Dialami Responden

.Tekanan Kerja	Frekuensi	Persentase (%)
Tidak tertekan	66	71.0
Sesekali tertekan	22	23.7
Seringkali tertekan	5	5.4
Total	93	100.0

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa sebanyak 66 orang responden (71.0 %) merasa tidak mengalami tekanan kerja yang cukup berarti dalam 4 minggu terakhir. 22 responden lainnya (23.7 %) mengaku sesekali mengalami tekanan kerja yang cukup berarti dalam 4 minggu terakhir dan 5 orang responden sisanya (5.4 %) mengaku seringkali merasakan tekanan kerja yang cukup berarti dalam 4 minggu terakhir.

5.3. GEJALA SBS DI KANTOR PUSAT PT. X

Kuesioner yang disebarakan selain untuk mengetahui karakteristik umum pekerja di Kantor Pusat PT. X juga dimaksudkan untuk mengetahui ada atau tidaknya gejala-gejala SBS yang dikeluhkan oleh pekerja. Sesuai dengan Kerangka Konsep dan Definisi Operasional maka jumlah gejala SBS dan harus muncul dalam 4 minggu terakhir. Gejala-gejala yang akan diketahui adalah 13 buah sebagai berikut :

- a. Iritasi mata
- b. Iritasi hidung/bersin-bersin
- c. Hidung tersumbat
- d. Radang tenggorokan

- e. Suara serak
- f. Batuk-batuk
- g. Gejala seperti asma
- h. Sulit bernafas
- i. Kulit kering disekitar tangan
- j. Wajah seperti terbakar
- k. Kelelahan
- l. Sakit kepala
- m. Sulit berkonsentrasi

Dalam kuesioner kemudian ditanyakan kapan dirasakannya gejala dimaksud bila gejala tersebut timbul.

5.3.1. IRITASI MATA

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul, jumlah responden yang merasa mengalami iritasi mata dalam 4 minggu terakhir sebelum pengisian kuesioner dapat dilihat pada Tabel 5.24.

Tabel 5.24. Frekuensi Gejala Iritasi Mata

Gejala Iritasi Mata	Frekuensi	Persentasi (%)
Tidak pernah	50	53.8
Sesekali	28	30.1
Sering	13	14.0
Setiap hari	2	2.2
Total	93	100.0

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 50 orang responden (53.8 %) merasa tidak pernah mengalami iritasi mata, 28 responden (30.1 %) mengaku sesekali mengalami iritasi mata, 13 orang responden (14.0 %) mengaku seringkali mengalami iritasi mata, dan 2 orang responden (2.2 %) mengaku mengalami iritasi mata setiap hari. Responden yang menyatakan seringkali ataupun setiap hari mengalami iritasi mata kemudian diminta memberitahu kapan saja mereka mengalami iritasi mata dalam kuesioner yang sama. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.25.

Tabel 5.25. Waktu Dialaminya Iritasi Mata oleh Responden

Waktu Dialaminya Iritasi Mata	Frekuensi	Persentase (%)
Hari libur	0	.0
Hari kerja	15	100.0
Hari libur dan hari kerja	0	.0
Tidak tahu	0	.0
Total	15	100.0

Dari Tabel 5.25 dapat dilihat bahwa seluruh responden yang mengalami iritasi mata dalam 4 minggu terakhir menyatakan bahwa gejala dimaksud dialami pada hari kerja saja.

5.3.2. IRITASI HIDUNG / BERSIN-BERSIN

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul, jumlah responden yang merasa mengalami iritasi hidung/bersin-bersin dalam 4 minggu terakhir sebelum pengisian kuesioner dapat dilihat pada Tabel 5.26.

Tabel 5.26. Frekuensi Gejala Iritasi Hidung / Bersin-bersin

Gejala Iritasi Hidung/Bersin	Frekuensi	Persentasi (%)
Tidak pernah	42	45.2
Sesekali	41	44.1
Sering	8	8.6
Setiap hari	2	2.2
Total	93	100.0

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 42 orang responden (45.2 %) merasa tidak pernah mengalami iritasi hidung/bersin-bersin, 41 responden (44.1 %) mengaku sesekali mengalami iritasi hidung/bersin-bersin, 8 orang responden (8.6 %) mengaku seringkali mengalami iritasi hidung/bersin-bersin, dan 2 orang responden (2.2 %) mengaku mengalami iritasi hidung/bersin-bersin setiap hari. Responden yang menyatakan seringkali ataupun setiap hari mengalami iritasi hidung/bersin-bersin kemudian diminta

memberitahu kapan saja mereka mengalami gejala tersebut dalam kuesioner yang sama. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.27.

Tabel 5.27. Waktu Dialaminya Iritasi Hidung/Bersin-Bersin oleh Responden

Waktu Dialaminya Iritasi Hidung / Bersin-Bersin	Frekuensi	Persentase (%)
Hari libur	0	.0
Hari kerja	7	70.0
Hari libur dan hari kerja	2	20.0
Tidak tahu	1	10.0
Total	10	100.0

Dari Tabel 5.27 dapat dilihat bahwa dari 10 orang responden yang seringkali ataupun selalu mengalami iritasi hidung/bersin-bersin dalam 4 minggu terakhir 7 orang diantaranya (70.0 %) menyatakan bahwa gejala dimaksud dialami pada hari kerja saja, 2 orang (20.0 %) menyatakan bahwa gejala timbul baik pada hari kerja maupun hari libur, 1 orang (10.0 %) tidak mengetahui secara pasti kapan gejala dimaksud muncul, dan tidak seorangpun menyatakan bahwa gejala dimaksud muncul pada hari libur saja.

5.3.3. HIDUNG TERSUMBAT

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul, jumlah responden yang merasa mengalami hidung tersumbat dalam 4 minggu terakhir sebelum pengisian kuesioner dapat dilihat pada Tabel 5.28.

Tabel 5.28. Frekuensi Gejala Hidung Tersumbat

Gejala Hidung Tersumbat	Frekuensi	Persentasi (%)
Tidak pernah	55	59.1
Sesekali	31	33.3
Sering	6	6.5
Setiap hari	1	1.1
Total	93	100.0

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 55 orang responden (59.1 %) merasa tidak pernah mengalami gejala hidung

tersumbat, 31 responden (33.3 %) mengaku sesekali mengalami gejala hidung tersumbat, 6 orang responden (6.5 %) mengaku seringkali mengalami gejala hidung tersumbat, dan 1 orang responden (1.1 %) mengaku mengalami gejala hidung tersumbat setiap hari. Responden yang menyatakan seringkali ataupun setiap hari mengalami gejala hidung tersumbat kemudian diminta memberitahu kapan saja mereka mengalami gejala tersebut dalam kuesioner yang sama. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.29.

Tabel 5.29. Waktu Dialaminya Gejala Hidung Tersumbat oleh Responden

Waktu Dialaminya Gejala Hidung Tersumbat	Frekuensi	Persentase (%)
Hari libur	0	0.0
Hari kerja	4	57.1
Hari libur dan hari kerja	2	28.6
Tidak tahu	1	14.3
Total	7	100.0

Dari Tabel 5.29 dapat dilihat bahwa dari 7 orang responden yang seringkali ataupun selalu mengalami gejala hidung tersumbat dalam 4 minggu terakhir 4 orang diantaranya (57.1 %) menyatakan bahwa gejala dimaksud dialami pada hari kerja saja, 2 orang (28.6 %) menyatakan bahwa gejala timbul baik pada hari kerja maupun hari libur, 1 orang (14.3 %) tidak mengetahui secara pasti kapan gejala dimaksud muncul, dan tidak seorangpun menyatakan bahwa gejala dimaksud muncul pada hari libur saja.

5.3.4. RADANG TENGGOROKAN

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul, jumlah responden yang merasa mengalami radang tenggorokan dalam 4 minggu terakhir sebelum pengisian kuesioner dapat dilihat pada Tabel 5.30.

Tabel 5.30. Frekuensi Gejala Radang Tenggorokan

Gejala radang Tenggorokan	Frekuensi	Persentasi (%)
Tidak pernah	49	52.7
Sesekali	35	37.6
Sering	7	7.5

Setiap hari	2	2.2
Total	93	100.0

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 49 orang responden (52.7 %) merasa tidak pernah mengalami gejala radang tenggorokan, 35 responden (37.6 %) mengaku sesekali mengalami gejala radang tenggorokan, 7 orang responden (7.5 %) mengaku seringkali mengalami gejala radang tenggorokan, dan 2 orang responden (2.2 %) mengaku mengalami gejala radang tenggorokan setiap hari. Responden yang menyatakan seringkali ataupun setiap hari mengalami gejala radang tenggorokan kemudian diminta memberitahu kapan saja mereka mengalami gejala tersebut dalam kuesioner yang sama. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.31.

Tabel 5.31. Waktu Dialaminya Gejala Radang Tenggorokan oleh Responden

Waktu Dialaminya Gejala Radang Tenggorokan	Frekuensi	Persentase (%)
Hari libur	0	0.0
Hari kerja	4	44.4
Hari libur dan hari kerja	5	55.6
Tidak tahu	0	0.0
Total	9	100.0

Dari Tabel 5.31 dapat dilihat bahwa dari 9 orang responden yang seringkali ataupun selalu mengalami gejala radang tenggorokan dalam 4 minggu terakhir 4 orang diantaranya (44.4 %) menyatakan bahwa gejala dimaksud dialami pada hari kerja saja, 5 orang (55.6 %) menyatakan bahwa gejala timbul baik pada hari kerja maupun hari libur, dan tidak seorangpun yang tidak mengetahui secara pasti kapan gejala dimaksud muncul ataupun menyatakan bahwa gejala dimaksud muncul pada hari libur saja.

5.3.5. SUARA SERAK

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul, jumlah responden yang merasa mengalami suara serak dalam 4 minggu terakhir sebelum pengisian kuesioner dapat dilihat pada Tabel 5.32.

Tabel 5.32. Frekuensi Gejala Suara Serak

Gejala Suara Serak	Frekuensi	Persentasi (%)
Tidak pernah	67	72.0
Sesekali	20	21.5
Sering	6	6.5
Setiap hari	0	0
Total	93	100.0

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 67 orang responden (72.0 %) merasa tidak pernah mengalami gejala suara serak, 20 responden (21.5 %) mengaku sesekali mengalami gejala suara serak, 6 orang responden (6.5 %) mengaku seringkali mengalami gejala suara serak, dan tidak seorang respondenpun mengaku mengalami gejala suara serak setiap hari. Responden yang menyatakan seringkali mengalami gejala suara serak kemudian diminta memberitahu kapan saja mereka mengalami gejala tersebut dalam kuesioner yang sama. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.33

Tabel 5.33. Waktu Dialaminya Gejala Suara Serak oleh Responden

Waktu Dialaminya Gejala Suara Serak	Frekuensi	Persentase (%)
Hari libur	0	0.0
Hari kerja	4	66.7
Hari libur dan hari kerja	1	16.7
Tidak tahu	1	16.7
Total	6	100.0

Dari Tabel 5.33 dapat dilihat bahwa dari 6 orang responden yang seringkali mengalami gejala suara serak dalam 4 minggu terakhir 4 orang diantaranya (66.7 %) menyatakan bahwa gejala dimaksud dialami pada hari kerja saja, 1 orang (16.7 %) menyatakan bahwa gejala timbul baik pada hari kerja maupun hari libur, 1 orang (16.7 %) tidak mengetahui secara pasti kapan gejala dimaksud muncul, dan tidak seorangpun menyatakan bahwa gejala dimaksud muncul pada hari libur saja.

5.3.6. BATUK-BATUK

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul, jumlah responden yang merasa mengalami gejala batuk-batuk dalam 4 minggu terakhir sebelum pengisian kuesioner dapat dilihat pada Tabel 5.34.

Tabel 5.34. Frekuensi Gejala Batuk-Batuk

Gejala Batuk-Batuk	Frekuensi	Persentasi (%)
Tidak pernah	44	47.3
Sesekali	39	41.9
Sering	8	8.6
Setiap hari	2	2.2
Total	93	100.0

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 44 orang responden (47.3 %) merasa tidak pernah mengalami gejala batuk-batuk, 39 responden (41.9 %) mengaku sesekali mengalami gejala batuk-batuk, 8 orang responden (8.6 %) mengaku seringkali mengalami gejala batuk-batuk, dan 2 orang responden (2.2 %) mengaku mengalami gejala batuk-batuk setiap hari. Responden yang menyatakan seringkali ataupun setiap hari mengalami gejala batuk-batuk kemudian diminta memberitahu kapan saja mereka mengalami gejala tersebut dalam kuesioner yang sama. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.35.

Tabel 5.35. Waktu Dialaminya Gejala Batuk-Batuk oleh Responden

Waktu Dialaminya Gejala Batuk-Batuk	Frekuensi	Persentase (%)
Hari libur	1	10.0
Hari kerja	4	40.0
Hari libur dan hari kerja	5	50.0
Tidak tahu	0	.0
Total	10	100.0

Dari Tabel 5.35 dapat dilihat bahwa dari 10 orang responden yang seringkali ataupun selalu mengalami gejala batuk-batuk dalam 4 minggu terakhir 4 orang diantaranya (40.0 %) menyatakan bahwa gejala dimaksud dialami pada hari kerja saja, 5 orang (50.0 %) menyatakan bahwa gejala timbul baik pada hari kerja

maupun hari libur, 1 orang (10.0 %) menyatakan bahwa gejala dimaksud muncul pada hari libur saja, dan tidak seorangpun yang tidak mengetahui secara pasti kapan gejala dimaksud muncul.

5.3.7. GEJALA SEPerti ASMA

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul, jumlah responden yang merasa mengalami gejala seperti asma dalam 4 minggu terakhir sebelum pengisian kuesioner dapat dilihat pada Tabel 5.36.

Tabel 5.36. Frekuensi Gejala Seperti Asma

Gejala Seperti Asma	Frekuensi	Persentase (%)
Tidak pernah	87	93.5
Sesekali	6	6.5
Sering	0	0
Setiap hari	0	0
Total	93	100.0

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 87 orang responden (93.5 %) merasa tidak pernah mengalami gejala seperti asma, 6 responden (6.5 %) mengaku sesekali mengalami gejala seperti asma, dan tidak seorang respondenpun yang menyatakan seringkali ataupun setiap hari mengalami gejala seperti asma.

5.3.8. KESULITAN BERNAFAS

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul, jumlah responden yang merasa mengalami gejala kesulitan bernafas dalam 4 minggu terakhir sebelum pengisian kuesioner dapat dilihat pada Tabel 5.37.

Tabel 5.37. Frekuensi Gejala Kesulitan Bernafas

Gejala Kesulitan Bernafas	Frekuensi	Persentase (%)
Tidak pernah	84	90.3
Sesekali	6	6.5
Sering	1	1.1

Setiap hari	0	0
Total	93	100.0

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 84 orang responden (90.3 %) merasa tidak pernah mengalami gejala kesulitan bernafas, 6 responden (6.5 %) mengaku sesekali mengalami gejala kesulitan bernafas, 1 orang responden (1.1 %) mengaku seringkali mengalami gejala kesulitan bernafas, dan tidak seorang respondenpun mengaku mengalami gejala kesulitan bernafas setiap hari. Responden yang menyatakan seringkali mengalami gejala kesulitan bernafas menyatakan bahwa gejala tersebut dirasakan baik pada hari kerja maupun hari libur.

5.3.9. KULIT KERING DISEKITAR TANGAN

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul, jumlah responden yang merasa mengalami gejala kulit kering disekitar tangan dalam 4 minggu terakhir sebelum pengisian kuesioner dapat dilihat pada Tabel 5.38.

Tabel 5.38. Frekuensi Gejala Kulit Kering Disekitar Tangan

Gejala Kulit Kering Disekitar Tangan	Frekuensi	Persentasi (%)
Tidak pernah	56	60.2
Sesekali	21	22.6
Sering	10	10.8
Setiap hari	6	6.5
Total	93	100.0

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 56 orang responden (60.2 %) merasa tidak pernah mengalami gejala kulit kering disekitar tangan, 21 responden (22.6 %) mengaku sesekali mengalami gejala kulit kering disekitar tangan, 10 orang responden (10.8 %) mengaku seringkali mengalami gejala kulit kering disekitar tangan, dan 6 orang responden (6.5 %) mengaku mengalami gejala kulit kering disekitar tangan setiap hari. Responden yang menyatakan seringkali ataupun setiap hari mengalami gejala kulit kering disekitar tangan kemudian diminta memberitahu kapan saja mereka mengalami

gejala tersebut dalam kuesioner yang sama. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.39.

Tabel 5.39. Waktu Dialaminya Gejala Kulit Kering disekitar Tangan Responden

Waktu Dialaminya Gejala Kulit Kering Disekitar Tangan	Frekuensi	Persentase (%)
Hari libur	1	6.3
Hari kerja	12	75.0
Hari libur dan hari kerja	3	18.8
Tidak tahu	0	.0
Total	16	100.0

Dari Tabel 5.39 dapat dilihat bahwa dari 16 orang responden yang seringkali ataupun selalu mengalami gejala kulit kering disekitar tangan dalam 4 minggu terakhir 12 orang diantaranya (75.0 %) menyatakan bahwa gejala dimaksud dialami pada hari kerja saja, 3 orang (16.8 %) menyatakan bahwa gejala timbul baik pada hari kerja maupun hari libur, 1 orang (6.3 %) menyatakan bahwa gejala dimaksud muncul pada hari libur saja, dan tidak seorangpun yang tidak mengetahui secara pasti kapan gejala dimaksud muncul.

5.3.10. WAJAH SEPERTI TERBAKAR

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul, jumlah responden yang merasa mengalami gejala wajah seperti terbakar dalam 4 minggu terakhir sebelum pengisian kuesioner dapat dilihat pada Tabel 5.40.

Tabel 5.40. Frekuensi Gejala Wajah Seperti Terbakar pada Responden

Gejala Wajah Seperti Terbakar	Frekuensi	Persentasi (%)
Tidak pernah	87	93.5
Sesekali	6	6.5
Sering	0	0
Setiap hari	0	0
Total	93	100.0

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 87 orang responden (93.5 %) merasa tidak pernah mengalami gejala wajah seperti terbakar, 6 responden (6.5 %) mengaku sesekali mengalami gejala wajah seperti terbakar.

5.3.11. KELELAHAN

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul, jumlah responden yang merasa mengalami kelelahan dalam 4 minggu terakhir sebelum pengisian kuesioner dapat dilihat pada Tabel 5.41.

Tabel 5.41. Frekuensi Kelelahan pada Responden

Kelelahan	Frekuensi	Persentasi (%)
Tidak pernah	37	39.8
Sesekali	39	41.9
Sering	16	17.2
Setiap hari	1	1.1
Total	93	100.0

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 37 orang responden (39.8 %) merasa tidak pernah mengalami kelelahan, 39 responden (41.9 %) mengaku sesekali mengalami kelelahan, 16 orang responden (17.2 %) mengaku sering kali mengalami kelelahan, dan 1 orang responden (1.1 %) mengaku mengalami kelelahan setiap hari. Responden yang menyatakan sering kali ataupun setiap hari mengalami kelelahan kemudian diminta memberitahu kapan saja mereka mengalami gejala tersebut dalam kuesioner yang sama. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.42.

Tabel 5.42. Waktu Dialaminya Kelelahan oleh Responden

Waktu Dialaminya Kelelahan	Frekuensi	Persentase (%)
Hari libur	1	5.9
Hari kerja	13	76.5
Hari libur dan hari kerja	2	11.8
Tidak tahu	1	5.9
Total	17	100.0

Dari Tabel 5.42 dapat dilihat bahwa dari 16 orang responden yang seringkali ataupun selalu mengalami kelelahan dalam 4 minggu terakhir 13 orang diantaranya (76.5 %) menyatakan bahwa gejala dimaksud dialami pada hari kerja saja, 2 orang (11.8 %) menyatakan bahwa gejala timbul baik pada hari kerja maupun hari libur, 1 orang (5.9 %) menyatakan bahwa gejala dimaksud muncul pada hari libur saja, dan 1 orang (5.9 %) menyatakan tidak mengetahui secara pasti kapan gejala dimaksud muncul.

5.3.12. SAKIT KEPALA

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul, jumlah responden yang merasa mengalami sakit kepala dalam 4 minggu terakhir sebelum pengisian kuesioner dapat dilihat pada Tabel 5.43.

Tabel 5.43. Frekuensi Sakit Kepala pada Responden

Sakit Kepala	Frekuensi	Persentasi (%)
Tidak pernah	46	49.5
Sesekali	40	43.0
Sering	7	7.5
Setiap hari	1	1.1
Total	93	100.0

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 46 orang responden (49.5 %) merasa tidak pernah mengalami sakit kepala, 40 responden (43.0 %) mengaku sesekali mengalami sakit kepala, 7 orang responden (7.5 %) mengaku seringkali mengalami sakit kepala, dan 1 orang responden (1.1 %) mengaku mengalami sakit kepala setiap hari. Responden yang menyatakan seringkali ataupun setiap hari mengalami sakit kepala kemudian diminta memberitahu kapan saja mereka mengalami gejala tersebut dalam kuesioner yang sama. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.44.

Tabel 5.44. Waktu Dialaminya Sakit Kepala oleh Responden

Waktu Dialaminya Sakit Kepala	Frekuensi	Persentase (%)
Hari libur	1	12.5
Hari kerja	5	62.5
Hari libur dan hari kerja	2	25.0
Tidak tahu	0	0.0
Total	8	100.0

Dari Tabel 5.44 dapat dilihat bahwa dari 8 orang responden yang seringkali ataupun selalu mengalami sakit kepala dalam 4 minggu terakhir 5 orang diantaranya (62.5 %) menyatakan bahwa gejala dimaksud dialami pada hari kerja saja, 2 orang (25.0 %) menyatakan bahwa gejala timbul baik pada hari kerja maupun hari libur, 1 orang (12.5 %) menyatakan bahwa gejala dimaksud muncul pada hari libur saja, dan tidak seorangpun menyatakan tidak mengetahui secara pasti kapan gejala dimaksud muncul.

5.3.13. SULIT BERKONSENTRASI

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul, jumlah responden yang merasa mengalami kesulitan dalam berkonsentrasi dalam 4 minggu terakhir sebelum pengisian kuesioner dapat dilihat pada Tabel 5.45.

Tabel 5.45. Frekuensi Sulit Berkonsentrasi pada Responden

Kesulitan Berkonsentrasi	Frekuensi	Persentasi (%)
Tidak pernah	57	61.3
Sesekali	28	30.1
Sering	7	7.5
Setiap hari	1	1.1
Total	93	100.0

Dari tabel tersebut dapat dilihat bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 57 orang responden (61.3 %) merasa tidak pernah mengalami kesulitan berkonsentrasi, 28 responden (30.1 %) mengaku sesekali mengalami kesulitan berkonsentrasi, 7 orang responden (7.5 %) mengaku seringkali mengalami kesulitan berkonsentrasi, dan 1 orang responden (1.1 %) mengaku mengalami

kesulitan berkonsentrasi setiap hari. Responden yang menyatakan seringkali ataupun setiap hari mengalami kesulitan berkonsentrasi kemudian diminta memberitahu kapan saja mereka mengalami gejala tersebut dalam kuesioner yang sama. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.46.

Tabel 5.46. Waktu Dialaminya Kesulitan Berkonsentrasi oleh Responden

Waktu Dialaminya Kesulitan Berkonsentrasi	Frekuensi	Persentase (%)
Hari libur	1	12.5
Hari kerja	5	62.5
Hari libur dan hari kerja	2	25.0
Tidak tahu	0	0.0
Total	8	100.0

Dari Tabel 5.46 dapat dilihat bahwa dari 8 orang responden yang seringkali ataupun selalu mengalami kesulitan berkonsentrasi dalam 4 minggu terakhir 5 orang diantaranya (62.5 %) menyatakan bahwa gejala dimaksud dialami pada hari kerja saja, 2 orang (25.0 %) menyatakan bahwa gejala timbul baik pada hari kerja maupun hari libur, 1 orang (12.5 %) menyatakan bahwa gejala dimaksud muncul pada hari libur saja, dan tidak seorangpun menyatakan tidak mengetahui secara pasti kapan gejala dimaksud muncul.

Berdasarkan hasil dalam Sub.Bab. 5.3 maka prevalensi per gejala SBS di Kantor Pusat PT. X dapat diresumekan dalam Tabel 5.47.

Tabel 5.47. Prevalensi Per Gejala SBS di Kantor Pusat PT. X

No.	Gejala SBS	Prevalensi (Kasus)	Prevalensi (%)
1	Iritasi mata	15	16.13
2	Iritasi hidung/bersin-bersin	7	7.53
3	Hidung tersumbat	4	4.30
4	Radang tenggorokan	4	4.30
5	Suara serak	4	4.30
6	Batuk-batuk	4	4.30
7	Gejala seperti asma	0	0.00
8	Sulit bernafas	0	0.00
9	Kulit kering disekitar tangan	12	12.90
10	Wajah seperti terbakar	0	0.00

11	Kelelahan	13	13.98
12	Sakit kepala	5	5.38
13	Sulit berkonsentrasi	5	5.38



BAB 6

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan baik terhadap parameter-parameter kualitas udara, karakteristik umum pekerja, maupun keluhan terkait gejala SBS dilakukan analisis yang akan diuraikan dalam bab ini. Bab ini juga akan membahas keterbatasan yang terjadi selama penelitian dilakukan.

6.1. KETERBATASAN PENELITIAN

Dalam pelaksanaan penelitian terdapat beberapa keterbatasan di lapangan yang dapat mempengaruhi hasil penelitian. Keterbatasan dimaksud antara lain adalah :

- a. Dalam pelaksanaan pengukuran kualitas udara dalam ruangan, peneliti bekerjasama dengan pihak Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN). Sehubungan dengan keterbatasan jumlah alat dan personel maka pengukuran dalam ruangan selama 8 jam hanya dilakukan di 1 titik saja. Titik tersebut dipilih dengan alasan bahwa bau asap rokok yang tercium di titik dimaksud cukup menyengat dibandingkan titik-titik lain yang diobservasi pada pagi hari menjelang pengukuran bersama tim.
- b. Pengukuran terhadap titik lain dilakukan berdasarkan grab sampling di titik-titik lokasi yang telah ditentukan. Pengukuran dengan metode grab sampling juga dilakukan di titik yang tersebut di point a. Pengukuran dengan metode grab sampling juga dilakukan dengan asumsi bahwa untuk kualitas udara dalam ruangan secara umum tidak terdapat fluktuasi yang signifikan selama 8 jam.
- c. Pada pengukuran yang dimaksud dalam butir a terdapat *error* dari salah satu *toxic gas probe* sehingga tidak semua parameter yang diukur dalam butir b dapat terukur. Untuk itu pengukuran 8 jam dalam butir a hanya dijadikan pembanding saja, sedangkan hasil pengukuran dalam butir b dijadikan acuan utama.

- d. Pengukuran selama 8 jam juga dilakukan dibagian luar gedung. Sesuai arahan EPA,2003 maka titik sampel adalah titik yang berada sedekat mungkin dengan inlet udara segar yang disuplai kedalam sistem VAC. Pengukuran dilakukan pada hari Kamis, 17 Juni 2010. Selama 3 hari sebelum pengukuran dan malam sebelum pengukuran, terjadi hujan disekitar Gedung Y, hal ini sedikit banyak akan mempengaruhi hasil pengukuran dibagian luar gedung.
- e. Dalam penelitian keluhan terkait gejala SBS coba diukur oleh peneliti dengan menggunakan pertanyaan-pertanyaan yang bersifat subjektif dan sangat bergantung pada pengalaman individu masing-masing responden. Mengingat keluhan yang coba ditangkap adalah keluhan dalam 4 minggu terakhir maka terdapat potensi *recall bias* dari responden.
- f. Kesalahan dapat terjadi bila responden tidak mengerti bagaimana cara mengisi kuesioner. namun demikian hal tersebut coba dikurangi dengan memberikan arahan tertulis dan juga arahan lisan oleh peneliti saat kuesioner disebarkan.
- g. Kuesioner yang disebarkan tidak diuji terlebih dahulu oleh peneliti sebelum disebarkan. Namun demikian pertanyaan-pertanyaan dalam kuesioner didasarkan kepada pertanyaan standar dalam kuesioner EPA terkait SBS yang telah disederhanakan.

6.2. KUALITAS UDARA DALAM RUANGAN DI KANTOR PUSAT PT. X

Pengukuran kualitas udara dalam ruangan di Kantor Pusat PT. X dilakukan selama 3 hari antara Selasa, 15 Juni 2010 sampai dengan Kamis, 17 Juni 2010. Pengukuran juga dilakukan untuk parameter CO₂ dan PM₁₀ dibagian luar gedung, tepatnya di titik dekat inlet udara segar yang disuplai kedalam sistem VAC lantai 21-29 Gedung Y.

6.2.1. SUHU

Pengukuran suhu dilakukan pada sekitar lutut dan dada pekerja. Karena sebagian besar pekerjaan dilakukan pada posisi duduk, maka posisi pengukuran juga disesuaikan dengan kondisi duduk pekerja. Pengukuran dengan cara ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah ada perbedaan yang berarti antara suhu di kedua posisi tersebut. Mengingat bahwa suplai dan exhaust berada di bagian atas ruangan dan sifat natural udara bahwa udara dengan suhu panas akan bergerak keatas sementara udara dengan suhu lebih dingin akan bergerak ke bagian bawah ruang. Dengan mengetahui perbedaan suhu dapat diprediksi apakah terdapat kekurangan dalam sistem ventilasi yang ada termasuk kemungkinan kebocoran dalam jumlah besar dari sistem ventilasi dimaksud.

Berdasarkan pengukuran didapatkan bahwa suhu terendah adalah 19.8 °C yang didapatkan pada pengukuran daerah lutut di Ruang Kerja Kemitraan (Lantai 26) sedangkan hasil pengukuran tertinggi sebesar 25.8 °C yang didapatkan pada daerah lutut dan dada di Ruang Kerja Perencanaan dan Portofolio (Lantai 29). Berdasarkan hasil-hasil yang ada dapat dilihat bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara suhu di bagian lutut dan dada di semua titik yang diukur. Hal ini bisa menunjukkan bahwa aliran udara antara kedua daerah tersebut cukup baik.

Kedua pengukuran yang telah dibahas kemudian dirata-ratakan. Hasil rata-rata tersebut kemudian dibandingkan dengan Nilai Ambang Batas (NAB). Bila dibandingkan dengan ASHRAE maka terdapat beberapa titik yang melampaui NAB, yaitu di R. Kerja SCM (Lantai 21), R. Kerja PPDM, Sekretaris Dir. EKS, dan R. Kerja PPGJ (Lantai 22), R. Kerja HSE dan R. Kerja HRD (Lantai 27), dan R. Kerja Perencanaan dan Portofolio (Lantai 29). Meskipun demikian keseluruhan parameter masih memenuhi NAB berdasarkan Kep. Men. Kes. 1405/2002. Bila ditilik dari sisi Per. Gub. DKI Jakarta No. 54/2008 beberapa titik justru terlalu dingin (NAB 23-28 °C), diantaranya R. Rapat 21.7 (Lantai 21), R. Kerja EKS (Lantai 23), seluruh Ruang Kerja di Lantai 25, 26, dan 28, R. Kerja HRD dan L&R (Lantai 27).

Berdasarkan observasi hampir disemua lantai terdapat beberapa pekerja yang mengeluhkan suhu yang terlalu dingin bahkan menutup alat suplai udara kedalam ruangan dengan harapan suhu tidak terlalu dingin. Hal ini dapat menunjukkan bahwa pekerja mungkin lebih rentan terhadap dingin, dengan demikian NAB dalam Per. Gub. DKI Jakarta No. 54/2008 lebih relevan untuk digunakan untuk pekerja Lantai 21-29 Gedung Y. NAB inilah yang sebaiknya digunakan oleh pengelola gedung dalam melakukan resetting terhadap *Air Handling Unit* (AHU) setiap lantai.

6.2.2. KELEMBABAN

Serupa dengan pengukuran suhu, pengukuran kelembaban juga dilakukan di bagian lutut dan kaki pekerja dalam posisi duduk dan kemudian dibuat rata-ratanya. Berdasarkan hasil pengukuran tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kelembaban dibagian lutut dan bagian dada pekerja di titik-titik yang diukur. Hal ini sekali lagi menunjukkan aliran udara yang cukup baik antara bagian lutut sampai dengan dada pekerja.

Bila dibandingkan dengan NAB kelembaban berdasarkan standar ASHRAE maka seluruh lantai yang diperiksa memiliki kelembaban diatas NAB. Hal yang sama juga didapati bila hasil pengukuran dibandingkan dengan Kep. Men. Kes. No. 1405/2002 maupun Per. Gub. DKI Jakarta No. 54/2008.

Kelembaban yang tinggi berpotensi untuk memberikan lingkungan yang baik untuk pertumbuhan mikroorganisme termasuk yang bersifat patogen. Mikroorganisme patogen dapat menimbulkan berbagai penyakit termasuk penyakit-penyakit yang berhubungan dengan fungsi pernafasan.

6.2.3. VENTILATION RATE

Berdasarkan pengukuran dan perhitungan didapatkan bahwa jumlah udara segar yang disuplai kedalam ruangan berkisar antara 12.06 sampai dengan 27.34 cfm/orang. Bila dibandingkan dengan standar ASHRAE 62 sebesar 20 cfm/orang hanya terdapat 3 lantai yang memenuhi standar yang dipersyaratkan, yaitu lantai 22, 28, dan 29. Ventilation rate yang tidak baik, bisa mengakibatkan akumulasi

UNIVERSITAS INDONESIA

pencemar udara didalam ruangan. Akumulasi berbagai pencemar tersebut bisa menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap kesehatan para pekerja didalam gedung.

Ventilation rate terkecil (12.06 cfm/orang) ditemui di Lantai 26 dan *ventilation rate* terbesar (27.34 cfm/orang) ditemui di Lantai 29. Dengan asumsi bahwa keseluruhan udara segar yang diambil dari luar ruangan (terletak dibagian atap Gedung Y) didistribusikan secara merata disetiap lantai maka besarnya *ventilation rate* bergantung kepada jumlah okupan per lantai. Dengan demikian setting AHU sebaiknya didasarkan juga pada jumlah okupan setiap lantai.

Nilai *ventilation rate* terkecil kedua berada di Lantai 21 (12.24 cfm/orang). *Ventilation rate* dalam hal ini dihitung berdasarkan okupan tetap disuatu lantai. *Ventilation rate* terkecil sebenarnya berpotensi terjadi di Lantai 21 karena Lantai ini khusus digunakan juga sebagai lantai penerima tamu dan 9 ruang rapat yang sesekali dapat digunakan oleh setiap bagian.

Bisa dihitung pula besarnya laju alir udara melalui suplai kesetiap lantai, yaitu debit suplai dibagi dengan luas area. Didapatkan range laju aliran udara dalam ruangan antara 0.15 – 0.34 m/s. Menurut ASHRAE besarnya laju aliran udara dalam ruangan yang baik adalah antara 0.25 – 0.50 m/s. Dengan demikian didapatkan bahwa laju aliran udara 21,23,27, dan 28 tidak memenuhi standar tersebut. Namun demikian dalam pengukuran temperatur tidak didapatkan perbedaan signifikan antara temperatur pada daerah lutut dan daerah dada. Namun demikian pekerja dapat merasakan ketidaknyamanan berkenaan hal ini karena dengan *flow* udara yang buruk sangat mungkin proses dilusi panas hasil metabolisme tubuh tidak dapat berjalan dengan baik.

6.2.4. RECIRCULATION RATE

Pengukuran *Recirculation Rate* dilakukan berdasarkan total dari jumlah udara yang disuplai kemasing-masing ruangan. Dengan demikian secara total jumlah *recirculation rate* dalam gedung adalah sebesar 87.28 % dari keseluruhan udara dalam sistem. Hal ini mendekati keterangan *engineer* gedung bahwa

UNIVERSITAS INDONESIA

recirculation rate diset sebesar 85-90 %. Reirculation rate yang terlalu besar / ventilation rate yang terlalu kecil dapat menimbulkan akumulasi polutan di ruangan-ruangan yang ada sehingga secara tidak langsung juga meningkatkan kemungkinan gangguan terhadap kesehatan pekerja.

6.2.5. KEBISINGAN

Berdasarkan hasil pengukuran kebisingan didapatkan bahwa pada saat pengukuran kebisingan rata-rata di kantor Pusat PT X berada antara 46.3 sampai dengan 59.1 dBA. Kebisingan terutama disebabkan oleh suara orang berdiskusi ataupun suara mesin diantaranya fotokopi dan printer. Dengan demikian kebisingan dapat berada dibawah maupun diatas rata-rata tersebut. Dibandingkan dengan NAB dalam Per. Gub. DKI Jakarta No. 54/2008 kebisingan di Kantor Pusat PT. X masih berada jauh dibawah NAB (65 dBA).

6.2.6. PENCAHAYAAN

Berdasarkan hasil pengukuran pencahayaan, besarnya tingkat pencahayaan pada saat pengukuran adalah antara 63 sampai dengan 513 lux. Tingkat pencahayaan terendah didapatkan pada Ruang Kerja Sekretaris Direktur Eksplorasi yaitu sebesar 63 dan 87 lux. Tingkat pencahayaan tertinggi didapatkan di Ruang Kerja Eksploitasi yaitu sebesar 513 lux. Bila dibandingkan dengan NAB menurut Per. Gub. DKI Jakarta No. 54/2008 maka terdapat 1 lokasi yaitu di Ruang Kerja Sekretaris Dir. Eksplorasi yang tingkat pencahayaannya tidak memadai. Tingkat pencahayaan yang kurang bisa menyebabkan mata harus berakomodasi lebih kuat dan berpotensi menimbulkan kelelahan pada mata. Tingkat pencahayaan yang terlalu tinggi juga dapat menyebabkan silau sehingga mata harus dipicingkan saat bekerja dan berpotensi juga menimbulkan kelelahan pada mata.

Berdasarkan observasi titik dengan pencahayaan terendah menggunakan sumber pencahayaan dari *compact fluorescent lamp*. Pencahayaan dengan *compact fluorescent lamp* di lokasi lain juga diemukan relatif rendah, yaitu sebesar 106 (Ruang Kerja Secutiry) dan 180-185 (R. Rapt 21.7). Sementara itu

UNIVERSITAS INDONESIA

pencahayaan dengan menggunakan *regular tube fluorescent lamp* memiliki tingkat pencahayaan yang lebih tinggi. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh penempatan *compact fluorescent lamp* yang dimasukkan kedalam selongsong di langit-langit sehingga penyebaran cahaya kurang menyebar. Pencahayaan tertinggi yang didapatkan merupakan kombinasi pencahayaan alami (terletak dekat dengan kaca) dan pencahayaan buatan berupa lampu *regular tube fluorescent lamp*.

6.2.7. KARBONDIOKSIDA

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan, kadar karbondioksida di hampir semua titik sampel melampaui NAB, yaitu berada diatas 1000 ppm berdasarkan Per. Gub. DKI No. 54/2008. Hasil pengukuran yang berada dibawah baku mutu terdapat di lantai 21, namun itupun sudah mendekati NAB karena nilainya telah melampaui 900 ppm.

Berdasarkan pengukuran yang dilakukan diluar gedung didapatkan bahwa kadar karbondioksida dari udara luar yang dihisap masuk kedalam gedung rata-rata adalah 484.50 ppm (8 jam). Hal ini menunjukkan bahwa kadar karbondioksida di bagian inlet berada jauh dibawah kadar karbondioksida yang berada didalam gedung, dengan demikian sumber pencemar dari luar gedung bukan merupakan kendala utama dari tingginya kadar karbondioksida dalm gedung.

Sumber utama karbondioksida disetiap lantai adalah aktivitas pernafasan pekerja dan kegiatan merokok. Kadar karbondioksida yang tinggi merupakan akumulasi dari sumber-sumber tersebut. Dengan *ventilation rate* yang kurang memadai maka jumlah karbondioksida yang dibuang keluar gedung akan terakumulasi. Hasil pengukuran kadar karbondioksida juga mengkonfirmasi kurangnya ventilation rate di Gedung Y.

6.2.8. KARBONMONOKSIDA

Berdasarkan hasil pengukuran dapat dilihat bahwa kisaran CO dalam ruangan di Kantor Pusat PT X adalah antara 3.00 ppm sampai dengan 10.70 ppm. Hasil pengukuran tertinggi maupun terendah didapat dari Lantai 21. Sebagai pembandingan dilakukan juga pengukuran selama 8 jam di Lantai 22, tepatnya di titik 22.1 dengan hasil pengukuran rata-rata 3.2 ppm. Dilakukan juga pengukuran selama 8 jam pada udara luar sekitar inlet udara segar gedung dengan hasil pengukuran sebesar 1.85 ppm.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kadar karbonmonoksida di 3 titik yang diukur telah melampaui NAB menurut ASHRAE, yaitu berada diatas 9 ppm. Angka tersebut juga melampaui NAB menurut Per. Gub. DKI Jakarta No. 54/2008, yaitu berada diatas 8 ppm walaupun masih berada dibawah NAB menurut ACGIH, OSHA maupun Kep. Men. Kes. No. 1405/2002. Hasil pengukuran di titik-titik lainnya menunjukkan angka yang masih berada dibawah NAB seluruh peraturan dan standar tersebut.

Pada pengukuran kualitas udara disekitar inlet VAC ditemukan kadar karbonmonoksida yang berada jauh dibawah konsentrasi yang ada di dalam ruangan. Hal ini juga kembali mengkonfirmasi sistem VAC yang buruk sehingga karbonmonoksida yang seharusnya dibuang keluar terakumulasi secara menerus dalam ruangan-ruangan di Lantai 21-29.

Sumber utama karbonmonoksida adalah pembakaran tidak sempurna. Berdasarkan observasi, sumber utama emisi karbonmonoksida dalam ruangan yang ada di kantor pusat PT. X adalah kegiatan merokok. Berdasarkan keterangan engineer gedung, gedung Y maupun sistem VAC-nya tidak didesain untuk adanya ruang merokok karena exhaust disalurkan ke AHU tanpa melalui duct dan udara diresirkulasi lagi kedalam ruangan. Dengan demikian terdapat 2 kemungkinan asap rokok terbawa kesetiap bagian gedung, yaitu melalui AHU ataupun adanya kebocoran antara ruang tempat AHU dengan ruang kerja maupun antara smoking room dengan ruangan kerja. Gambar sistem AHU dapat dilihat pada Lampiran.

6.2.9. PARTIKULAT (PM₁₀ DAN PM_{2.5})

Berdasarkan tabel hasil pengukuran dapat dilihat bahwa konsentrasi PM₁₀ dalam ruangan Kantor Pusat PT. X berada dalam kisaran 9.21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sampai dengan 101.04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil pengukuran terendah didapatkan di Ruang Rapat 21.7 di Lantai 21 sedangkan hasil pengukuran tertinggi didapatkan di Lantai 28. Pengukuran juga dilakukan di udara luar sekitar inlet udara segar gedung dengan hasil pengukuran sebesar 9.81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Seluruh hasil pengukuran masih berada dibawah NAB menurut OSHA (150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Namun demikian beberapa titik berada diatas NAB yang ditetapkan ACGIH (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), yaitu di R. Kerja Keuangan yang terletak di Lantai 28. Hasil pengukuran di titik ini juga lebih tinggi dibandingkan dengan NAB dalam Per. Gub. DKI Jakarta No. 54/2008 (90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), sementara hasil pengukuran di titik lainnya masih memenuhi NAB dari ketiga standar dan peraturan tersebut.

Dapat dilihat juga bahwa konsentrasi PM_{2.5} dalam ruangan Kantor Pusat PT. X berada dalam kisaran 2.63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sampai dengan 16.85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Hasil pengukuran terendah didapatkan di R. Kerja EPT Lantai 26 dan tertinggi di R. Kerja HSE Lantai 27. Untuk pengukuran 8 jam di Lantai 22.1 sebagai pembanding ditemukan juga bahwa konsentrasi PM_{2.5} mencapai 17.88 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Baik OSHA maupun ACGIH tidak menetapkan NAB secara spesifik, namun demikian berdasarkan EPA dalam Fung (2005) NAB dari PM_{2.5} adalah 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dengan demikian R. Kerja HRD, HSE, dan Keuangan melampaui NAB tersebut. Walaupun demikian nilai ini sangat mungkin terlewati di semua lantai. Hal ini dapat terlihat bahwa dari pembanding berupa pengukuran 8 jam konsentrasi PM_{2.5} di Lantai 22.1 melampaui NAB walaupun tidak demikian saat grab sampling. Hal ini terutama disebabkan karena pergerakan partikulat jenis ini yang lebih dinamis.

Bila dibandingkan dengan udara luar ruangan maka jumlah partikulat dalam ruangan jauh lebih besar. hal tersebut diantaranya menunjukkan adanya sumber dari dalam gedung selain juga ventilation rate yang kurang baik. berdasarkan hasil observasi beberapa sumber yang berpotensi mengemisikan

Partikulat diantaranya adalah debu dari karpet (seluruh lantai dilengkapi dengan karpet), debu yang terbawa oleh pekerja, debu akibat pekerjaan di beberapa lokasi lantai seperti di lantai 22 dan 29, maupun asap rokok.

Menurut Pudjadi (2009) dalam www.batan.go.id/ptkmr/Dosimetri/aerosol/aerosol.htm besarnya partikel rokok adalah antara 0.01 – 1 μm . Menurut Tabel 5.10. pada bab sebelumnya dapat dilihat bahwa pada beberapa titik khususnya disekitar area merokok dari masing-masing lantai besarnya PM_{10} meningkat bila dibandingkan dengan titik-titik lainnya di lantai yang sama namun memiliki jarak yang relatif berjauhan dengan ruangan merokok.

Sebagai contoh adalah R. Kerja PPDM (Lokasi Lantai 22.1), R. Kerja EKS (Lokasi Lantai 23.4), R. Kerja HSE dan HRD (Lokasi Lantai 27.1 dan 27.2), dan R. Kerja Keuangan (Lokasi Lantai 28.1). Kesemua titik berada di dekat ruang merokok dan memiliki kadar PM_{10} yang tinggi. Sama dengan kondisi CO kemungkinan asap rokok terbawa dalam sistem VAC dan disuplai kembali kedalam ruangan ataupun terdapat kebocoran antara R. merokok dengan R. kerja terdekat dan antara langit-langit dengan ruang kerja.

Partikulat dalam ukuran yang lebih besar terdapat disemua lantai namun belum melampaui NAB kecuali di Ruang Kerja Data & TI. Berdasarkan observasi pembersihan karpet dilakukan secara periodik dengan menggunakan vacuum basah. Pembersihan secara periodik dapat menghilangkan partikulat dalam ukuran relatif besar dengan kecenderungan mengendap dan menempel di karpet.

6.2.10. HIDROGEN SULFIDA

Berdasarkan hasil pengukuran dapat dilihat bahwa kisaran H_2S dalam ruangan di Kantor Pusat PT X adalah antara 0.00 ppm sampai dengan 1.00 ppm. Hasil pengukuran tertinggi didapat dari Lantai 21 dan terendah di Lantai 29. Sebagai pembanding dilakukan juga pengukuran selama 8 jam di Lantai 22, tepatnya di titik 22.1 dengan hasil pengukuran rata-rata 0.70 ppm. Dilakukan juga

pengukuran selama 8 jam pada udara luar sekitar inlet udara segar gedung dengan hasil pengukuran sebesar 0.28 ppm.

Berdasarkan hasil-hasil tersebut konsentrasi H₂S masih berada dibawah NAB dari ACGIH sebesar 10 ppm. Senyawa ini pada beberapa titik berada diatas konsentrasinya pada udara segar. Kemungkinan sumber hidrogen sulfida di kantor ini adalah dari dekomposisi anaerobik diantaranya pada tempat sampah dan saluran air kotor. Namun demikian dalam obeservasi yang dilakukan oleh penulis kebersihan pantry, WC, dan tempat sampah tiap ruangan dijaga secara sangat baik. Dengan demikian kontributor terbesar dari adanya hidrogen sulfida kemungkinan adalah kurang baiknya sistem ventilasi yang menghasilkan akumulasi senyawa tersebut di udara.

6.2.11. OZON

Berdasarkan hasil pengukuran dapat dilihat bahwa konsentrasi ozon dalam ruangan di Kantor Pusat PT X adalah 0.01 ppm disetiap lantai dengan pengukuran sebesar 0.02 ppm dibagian inlet gedung. Angka tersebut masih berada dibawah NAB berdasarkan ACGIH baik untuk pekerjaan moderat (0.08 ppm) maupun pekerjaan berat (0.05 ppm). Sumber ozon yang mungkin ada selain dari udara luar adalah dari penggunaan mesin foto kopi yang tersebar disetiap lantai.

6.2.12. NITROGEN DIOKSIDA

Berdasarkan hasil pengukuran dapat dilihat bahwa kisaran nitrogendioksida dalam ruangan di Kantor Pusat PT X adalah antara 0.01 ppm sampai dengan 0.03 ppm. Sebagai pembanding dilakukan juga pengukuran selama 8 jam di Lantai 22, tepatnya di titik 22.1 dengan hasil pengukuran rata-rata 0.02 ppm. Dilakukan juga pengukuran selama 8 jam pada udara luar sekitar inlet udara segar gedung dengan hasil pengukuran sebesar 0.08 ppm.

Besarnya konsentrasi nitrogendioksida masih berada dibawah NAB menurut Kep. Men. Kes. No. 1405 Tahun 2002 (3 ppm). Kemungkinan besar sumber nitrogendioksida selain udara luara adalah penggunaan peralatan

UNIVERSITAS INDONESIA

memasak. Namun demikian dalam observasi tidak ditemukan sumber pembakaran dimaksud dalam gedung. Dengan demikian suplai udara segar merupakan sumber utama nitrogendioksida, mengingat gedung Y berada sangat dekat dengan jalan raya dan buangan kendaraan bermotor merupakan salah satu sumber nitrogendioksida.

6.2.13. SULFURDIOKSIDA

Berdasarkan hasil pengukuran dapat dilihat bahwa konsentrasi SO₂ dalam ruangan di Kantor Pusat PT X adalah 0.00 ppm. Dilakukan juga pengukuran selama 8 jam pada udara luar sekitar inlet udara segar gedung dengan hasil pengukuran sebesar 0.00 ppm. Dalam observasi juga tidak ditemukan sumber sulfurdioksida potensial seperti pembakaran dan pemanas ruangan dengan bahan bakar batu bara maupun minyak tanah.

6.2.14. FORMALDEHYDE

Berdasarkan hasil pengukuran didapatkan bahwa konsentrasi formaldehyde di Kantor Pusat PT. X berada mulai dari < 0.01 ppm (limit deteksi alat adalah 0.01 ppm) sampai dengan 0.13 ppm. Hasil pengukuran terendah didapatkan di Lantai 21 sedangkan pengukuran tertinggi didapatkan di Lantai 22 dan 23.

Keseluruhan konsentrasi formaldehyde yang diukur masih berada dibawah NAB berdasarkan OSHA maupun ACGIH. Formaldehyde yang terukur sebagian besar kemungkinan berasal dari karpet dan bahan-bahan yang digunakan untuk membuat partisi.

6.3. KARAKTERISTIK UMUM PEKERJA KANTOR PUSAT PT. X

Bersamaan dengan dilakukannya pengukuran kualitas udara dalam ruangan, disebarkan juga kuesioner kepada pekerja kantor pusat PT. X. Kuesioner tersebut diantaranya digunakan untuk menangkap karakteristik umum pekerja Kantor Pusat PT. X selain untuk mengetahui keluhan pekerja dimaksud terkait dengan

UNIVERSITAS INDONESIA

gejala SBS. Dari 283 kuesioner yang disebarakan mulai hari Senin, 14 Juni 2010 sampai dengan Jumat, 18 Juni 2010, 93 (32,86 %) diantaranya berhasil dikumpulkan kembali. Hasilnya dapat dilihat sebagai berikut.

6.3.1. GENDER

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul, 78 orang responden (83.9 %) berjenis kelamin pria dan 15 orang responden lainnya (16.1 %) berjenis kelamin wanita. Berdasarkan Gomzi, et.al (2009) wanita memiliki kerentanan yang lebih tinggi dibandingkan pria untuk mendapatkan gejala-gejala SBS. Hal tersebut berpotensi untuk mempengaruhi hasil pengukuran terhadap gejala-gejala SBS dalam kuesioner.

6.3.2. USIA

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul didapatkan bahwa kisaran usia responden berada antara 22 – 59 tahun. Dari kisaran usia tersebut sebanyak 50 orang responden (53.76 %) berusia dibawah 40 tahun dan 43 orang responden lainnya (46.24 %) berusia sama dengan atau diatas 40 tahun. Menurut Reese, 2004 usia merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap gejala-gejala SBS. Hal tersebut disebabkan karena orang dengan usia yang relatif lebih berumur memiliki ketahanan dan kebugaran tubuh yang lebih rendah sehingga memiliki peluang yang lebih besar untuk mengalami gejala-gejala SBS. Dengan demikian seperti juga gender, usia berpotensi untuk mempengaruhi hasil pengukuran terhadap gejala-gejala SBS dalam kuesioner.

6.3.3. RIWAYAT ALERGI / RIWAYAT ASMA

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul sebanyak 34 orang responden (36.6 %) memiliki riwayat alergi dan 59 orang responden lainnya (63.4 %) tidak memiliki riwayat alergi. Di lain sisi 14 orang responden (15.1 %) memiliki riwayat asma dan 79 orang responden lainnya (84.9 %) tidak memiliki riwayat asma. Beberapa gejala SBS menyerupai gejala-gejala dalam alergi maupun asma, dengan demikian responden dengan riwayat alergi / riwayat asma harus dinotifikasi.

UNIVERSITAS INDONESIA

6.3.4. KEBIASAAN MEROKOK

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul didapatkan bahwa sebanyak 39 orang responden (41.9 %) mengaku memiliki kebiasaan merokok dan 54 responden lainnya (58.1 %) mengaku tidak memiliki kebiasaan merokok. Orang dengan kebiasaan merokok secara umum memiliki kondisi kardiovaskular yang lebih buruk dibandingkan orang yang tidak merokok sehingga lebih berpotensi untuk mendapatkan gejala SBS.

6.3.5. TEKANAN KERJA

Berdasarkan 93 kuesioner yang terkumpul didapatkan bahwa sebanyak 66 orang responden (71.0 %) merasa tidak mengalami tekanan kerja yang cukup berarti dalam 4 minggu terakhir. 22 responden lainnya (23.7 %) mengaku sesekali mengalami tekanan kerja yang cukup berarti dalam 4 minggu terakhir dan 5 orang responden sisanya (5.4 %) mengaku seringkali merasakan tekanan kerja yang cukup berarti dalam 4 minggu terakhir. Tekanan kerja yang tinggi berpotensi menimbulkan stress yang memiliki gejala-gejala yang mungkin mirip dengan gejala SBS. Dengan demikian orang yang sering ataupun selalu mengalami tekanan kerja perlu dinotifikasi.

6.4. GEJALA SBS DI KANTOR PUSAT PT. X

Kuesioner yang disebarkan selain untuk mengetahui karakteristik umum pekerja di Kantor Pusat PT. X juga dimaksudkan untuk mengetahui ada atau tidaknya gejala-gejala SBS yang dikeluhkan oleh pekerja. Sesuai dengan Kerangka Konsep dan Definisi Operasional maka jumlah gejala SBS dan harus muncul dalam 4 minggu terakhir. Gejala-gejala yang akan diketahui adalah 13 buah sebagai berikut :

- a. Iritasi mata
- b. Iritasi hidung/bersin-bersin
- c. Hidung tersumbat

- d. Radang tenggorokan
- e. Suara serak
- f. Batuk-batuk
- g. Gejala seperti asma
- h. Sulit bernafas
- i. Kulit kering disekitar tangan
- j. Wajah seperti terbakar
- k. Kelelahan
- l. Sakit kepala
- m. Sulit berkonsentrasi

Pembahasan dari masing-masing gejala yang timbul dapat dilihat dibawah ini.

6.4.1. IRITASI MATA

Berdasarkan hasil kuesioner ditemukan bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 50 orang responden (53.8 %) merasa tidak pernah mengalami iritasi mata, 28 responden (30.1 %) mengaku sesekali mengalami iritasi mata, 13 orang responden (14.0 %) mengaku seringkali mengalami iritasi mata, dan 2 orang responden (2.2 %) mengaku mengalami iritasi mata setiap hari. Dengan demikian responden yang kemudian digolongkan mengalami iritasi mata sesuai dengan definisi operasional berjumlah 15 orang.

Responden yang menyatakan seringkali ataupun setiap hari mengalami iritasi mata kemudian diminta memberitahu kapan saja mereka mengalami iritasi mata dalam kuesioner yang sama. Dapat diketahui pada akhirnya bahwa seluruh responden yang mengalami iritasi mata mengalaminya hanya di hari kerja. Dengan demikian seluruh responden yang mengeluhkan iritasi mata (15 orang atau 16.3 % dari responden) dapat dikatakan mengalami gejala SBS.

6.4.2. IRITASI HIDUNG / BERSIN-BERSIN

Berdasarkan hasil kuesioner ditemukan bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 42 orang responden (45.2 %) merasa tidak pernah mengalami iritasi hidung/bersin-bersin, 41 responden (44.1 %) mengaku sesekali mengalami iritasi

hidung/bersin-bersin, 8 orang responden (8.6 %) mengaku seringkali mengalami iritasi hidung/bersin-bersin, dan 2 orang responden (2.2 %) mengaku mengalami iritasi hidung/bersin-bersin setiap hari.. Dengan demikian responden yang kemudian digolongkan mengalami iritasi hidung/bersin-bersin sesuai dengan definisi operasional berjumlah 10 orang.

Responden yang menyatakan seringkali ataupun setiap hari mengalami iritasi hidung/bersin-bersin kemudian diminta memberitahu kapan saja mereka mengalami iritasi hidung/bersin-bersin dalam kuesioner yang sama. Dapat diketahui pada akhirnya bahwa seluruh responden yang mengalami iritasi hidung/bersin-bersin mengalaminya hanya di hari kerja. Dengan demikian 7 orang responden yang mengeluhkan iritasi hidung/bersin-bersin (7.5 % dari responden) dapat dikatakan mengalami gejala SBS.

6.4.3. HIDUNG TERSUMBAT

Berdasarkan hasil kuesioner ditemukan bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 55 orang responden (59.1 %) merasa tidak pernah mengalami gejala hidung tersumbat, 31 responden (33.3 %) mengaku sesekali mengalami gejala hidung tersumbat, 6 orang responden (6.5 %) mengaku seringkali mengalami gejala hidung tersumbat, dan 1 orang responden (1.1 %) mengaku mengalami gejala hidung tersumbat setiap hari. Dengan demikian responden yang kemudian digolongkan mengalami hidung tersumbat sesuai dengan definisi operasional berjumlah 7 orang.

Responden yang menyatakan seringkali ataupun setiap hari mengalami hidung tersumbat kemudian diminta memberitahu kapan saja mereka mengalami hidung tersumbat dalam kuesioner yang sama. Dapat diketahui pada akhirnya bahwa 4 responden yang mengalami hidung tersumbat mengalaminya hanya di hari kerja. Dengan demikian 4 orang responden yang mengeluhkan hidung tersumbat (4.3 % dari responden) dapat dikatakan mengalami gejala SBS.

6.4.4. RADANG TENGGOROKAN

Berdasarkan hasil kuesioner ditemukan bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 49 orang responden (52.7 %) merasa tidak pernah mengalami gejala radang tenggorokan, 35 responden (37.6 %) mengaku sesekali mengalami gejala radang tenggorokan, 7 orang responden (7.5 %) mengaku seringkali mengalami gejala radang tenggorokan, dan 2 orang responden (2.2 %) mengaku mengalami gejala radang tenggorokan setiap hari. Dengan demikian responden yang kemudian digolongkan mengalami radang tenggorokan sesuai dengan definisi operasional berjumlah 9 orang.

Responden yang menyatakan seringkali ataupun setiap hari mengalami radang tenggorokan kemudian diminta memberitahu kapan saja mereka mengalami radang tenggorokan dalam kuesioner yang sama. Dapat diketahui pada akhirnya bahwa 4 responden yang mengalami radang tenggorokan mengalaminya hanya di hari kerja. Dengan demikian 4 orang responden yang mengeluhkan radang tenggorokan (4.3 % dari responden) dapat dikatakan mengalami gejala SBS.

6.4.5. SUARA SERAK

Berdasarkan hasil kuesioner ditemukan bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 67 orang responden (72.0 %) merasa tidak pernah mengalami gejala suara serak, 20 responden (21.5 %) mengaku sesekali mengalami gejala suara serak, 6 orang responden (6.5 %) mengaku seringkali mengalami gejala suara serak, dan tidak seorang respondenpun mengaku mengalami gejala suara serak setiap hari. Dengan demikian responden yang kemudian digolongkan mengalami gejala suara serak sesuai dengan definisi operasional berjumlah 6 orang.

Responden yang menyatakan seringkali ataupun setiap hari mengalami gejala suara serak kemudian diminta memberitahu kapan saja mereka mengalami gejala tersebut dalam kuesioner yang sama. Dapat diketahui pada akhirnya bahwa 4 responden yang mengalami gejala suara serak mengalaminya hanya di hari kerja. Dengan demikian 4 orang responden yang mengeluhkan gejala suara serak (4.3 % dari responden) dapat dikatakan mengalami gejala SBS.

6.4.6. BATUK-BATUK

Berdasarkan hasil kuesioner ditemukan bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 44 orang responden (47.3 %) merasa tidak pernah mengalami gejala batuk-batuk, 39 responden (41.9 %) mengaku sesekali mengalami gejala batuk-batuk, 8 orang responden (8.6 %) mengaku seringkali mengalami gejala batuk-batuk, dan 2 orang responden (2.2 %) mengaku mengalami gejala batuk-batuk setiap hari. Dengan demikian responden yang kemudian digolongkan mengalami gejala batuk-batuk sesuai dengan definisi operasional berjumlah 10 orang.

Responden yang menyatakan seringkali ataupun setiap hari mengalami gejala batuk-batuk kemudian diminta memberitahu kapan saja mereka mengalami gejala tersebut dalam kuesioner yang sama. Dapat diketahui pada akhirnya bahwa 4 responden yang mengalami gejala batuk-batuk mengalaminya hanya di hari kerja. Dengan demikian 4 orang responden yang mengeluhkan gejala batuk-batuk (4.3 % dari responden) dapat dikatakan mengalami gejala SBS.

6.4.7. GEJALA SEPerti ASMA

Berdasarkan hasil kuesioner ditemukan bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 87 orang responden (93.5 %) merasa tidak pernah mengalami gejala seperti asma, 6 responden (6.5 %) mengaku sesekali mengalami gejala seperti asma, dan tidak seorang respondenpun yang menyatakan seringkali ataupun setiap hari mengalami gejala seperti asma. Dengan demikian responden tidak seorangpun responden yang kemudian digolongkan mengalami gejala seperti asma sebagai bagian dari gejala SBS sesuai dengan definisi operasional.

6.4.8. KESULITAN BERNAFAS

Berdasarkan hasil kuesioner ditemukan bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 84 orang responden (90.3 %) merasa tidak pernah mengalami gejala kesulitan bernafas, 6 responden (6.5 %) mengaku sesekali mengalami gejala kesulitan bernafas, 1 orang responden (1.1 %) mengaku seringkali mengalami gejala kesulitan bernafas, dan tidak seorang respondenpun mengaku mengalami gejala kesulitan bernafas setiap hari. Responden yang menyatakan seringkali

UNIVERSITAS INDONESIA

mengalami gejala kesulitan bernafas menyatakan bahwa gejala tersebut dirasakan baik pada hari kerja maupun hari libur. Dengan demikian responden tidak seorangpun responden yang kemudian digolongkan mengalami kesulitan bernafas sebagai bagian dari gejala SBS sesuai dengan definisi operasional.

6.4.9. KULIT KERING DISEKITAR TANGAN

Berdasarkan hasil kuesioner ditemukan bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 56 orang responden (60.2 %) merasa tidak pernah mengalami gejala kulit kering disekitar tangan, 21 responden (22.6 %) mengaku sesekali mengalami gejala kulit kering disekitar tangan, 10 orang responden (10.8 %) mengaku seringkali mengalami gejala kulit kering disekitar tangan, dan 6 orang responden (6.5 %) mengaku mengalami gejala kulit kering disekitar tangan setiap hari. Dengan demikian responden yang kemudian digolongkan mengalami gejala kulit kering disekitar tangan sesuai dengan definisi operasional berjumlah 16 orang.

Responden yang menyatakan seringkali ataupun setiap hari mengalami gejala kulit kering disekitar tangan kemudian diminta memberitahu kapan saja mereka mengalami gejala tersebut dalam kuesioner yang sama. Dapat diketahui pada akhirnya bahwa 12 responden yang mengalami gejala kulit kering disekitar tangan mengalaminya hanya di hari kerja. Dengan demikian 12 orang responden yang mengeluhkan gejala kulit kering disekitar tangan (12.9 % dari responden) dapat dikatakan mengalami gejala SBS.

6.4.10. WAJAH SEPERTI TERBAKAR

Berdasarkan hasil kuesioner ditemukan bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 87 orang responden (93.5 %) merasa tidak pernah mengalami gejala wajah seperti terbakar, 6 responden (6.5 %) mengaku sesekali mengalami gejala wajah seperti terbakar. Dengan demikian tidak ada responden yang kemudian digolongkan mengalami gejala wajah seperti terbakar sebagai bagian dari gejala SBS sesuai dengan definisi operasional.

6.4.11. KELELAHAN

Berdasarkan hasil kuesioner ditemukan bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 37 orang responden (39.8 %) merasa tidak pernah mengalami kelelahan, 39 responden (41.9 %) mengaku sesekali mengalami kelelahan, 16 orang responden (17.2 %) mengaku seringkali mengalami kelelahan, dan 1 orang responden (1.1 %) mengaku mengalami kelelahan setiap hari. Dengan demikian responden yang kemudian digolongkan mengalami gejala kelelahan sesuai dengan definisi operasional berjumlah 17 orang.

Responden yang menyatakan seringkali ataupun setiap hari mengalami gejala kelelahan kemudian diminta memberitahu kapan saja mereka mengalami gejala tersebut dalam kuesioner yang sama. Dapat diketahui pada akhirnya bahwa 13 responden yang mengalami gejala kelelahan mengalaminya hanya di hari kerja. Dengan demikian 13 orang responden yang mengeluhkan gejala kelelahan (14 % dari responden) dapat dikatakan mengalami gejala SBS.

6.4.12. SAKIT KEPALA

Berdasarkan hasil kuesioner ditemukan bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 46 orang responden (49.5 %) merasa tidak pernah mengalami sakit kepala, 40 responden (43.0 %) mengaku sesekali mengalami sakit kepala, 7 orang responden (7.5 %) mengaku seringkali mengalami sakit kepala, dan 1 orang responden (1.1 %) mengaku mengalami sakit kepala setiap hari. Dengan demikian responden yang kemudian digolongkan mengalami gejala sakit kepala sesuai dengan definisi operasional berjumlah 8 orang.

Responden yang menyatakan seringkali ataupun setiap hari mengalami gejala sakit kepala kemudian diminta memberitahu kapan saja mereka mengalami gejala tersebut dalam kuesioner yang sama. Dapat diketahui pada akhirnya bahwa 5 responden yang mengalami gejala sakit kepala mengalaminya hanya di hari kerja. Dengan demikian 5 orang responden yang mengeluhkan gejala sakit kepala (5.4 % dari responden) dapat dikatakan mengalami gejala SBS.

6.4.13. SULIT BERKONSENTRASI

Berdasarkan hasil kuesioner ditemukan bahwa dalam 4 minggu terakhir sebanyak 57 orang responden (61.3 %) merasa tidak pernah mengalami kesulitan berkonsentrasi, 28 responden (30.1 %) mengaku sesekali mengalami kesulitan berkonsentrasi, 7 orang responden (7.5 %) mengaku seringkali mengalami kesulitan berkonsentrasi, dan 1 orang responden (1.1 %) mengaku mengalami kesulitan berkonsentrasi setiap hari. Dengan demikian responden yang kemudian digolongkan mengalami kesulitan berkonsentrasi sesuai dengan definisi operasional berjumlah 8 orang.

Responden yang menyatakan seringkali ataupun setiap hari mengalami gejala kesulitan berkonsentrasi kemudian diminta memberitahu kapan saja mereka mengalami gejala tersebut dalam kuesioner yang sama. Dapat diketahui pada akhirnya bahwa 5 responden yang mengalami gejala kesulitan berkonsentrasi mengalaminya hanya di hari kerja. Dengan demikian 5 orang responden yang mengeluhkan gejala kesulitan berkonsentrasi (5.4 % dari responden) dapat dikatakan mengalami gejala SBS.

6.4.14. PENYEBAB DI KELOMPOK MEMBRANE MUCOUS SYMPTOMS

Iritasi mata, hidung, dan membran mukosa dapat disebabkan oleh beberapa bahan kimia yang bersifat iritan seperti formaldehide dan ozon. Formaldehide dapat berasal dari bahan-bahan karpet dan partisi yang digunakan disemua lantai. Walaupun berdasarkan pengukuran kadar formaldehide masih berada dibawah NAB namun beberapa orang sangat mungkin mengalami sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan individu lainnya.

Dalam pengukuran lapangan beberapa gas ikut terukur oleh alat yang digunakan dan berpotensi menyebabkan iritasi baik pada mata maupun saluran pernafasan, diantaranya ozon, hidrogen sulfida, dan nitrogen dioksida. Sama dengan formaldehide kadar senyawa-senyawa tersebut di udara masih berada jauh dibawah NAB. Beberapa orang mungkin memiliki sensitivitas yang lebih

UNIVERSITAS INDONESIA

tinggi dibandingkan orang lainnya. Ozon dapat berasal dari peralatan fotokopi yang cukup banyak digunakan disetiap lantai. Hidrogen sulfida dan nitrogen dioksida seperti telah dibahas sebelumnya kemungkinan besar terbawa dari udara luar.

Iritasi terhadap saluran pernafasan juga dapat disebabkan oleh partikulat. Berdasarkan pengukuran seperti dibahas sebelumnya konsentrasi PM_{10} diudara masih berada dibawah NAB namun di beberapa titik konsentrasi $PM_{2.5}$ berada diatas NAB terutama pada beberapa area terutama yang berdekatan dengan ruangan merokok. Hal ini ditandai dengan peningkatan yang drastis terutama pada PM_1 dan $PM_{2.5}$. Seperti telah dibahas, asap rokok berukuran sangat kecil dan sebagiannya berpotensi untuk memasuki saluran pernafasan sampai dengan daerah alveoli. Berdasarkan Botkin (2000), asap rokok termasuk sumber *inhalable particle* yang berpotensi menimbulkan iritasi terhadap saluran pernafasan dan membran mukosa.

Kelembaban juga secara tidak langsung dapat berpengaruh terhadap gejala pada membran mukosa. Kelembaban yang tinggi seperti ditemukan pada kantor pusat PT. X memberikan lingkungan yang ideal bagi pertumbuhan mikroorganisme termasuk mikroorganisme patogen. Mikroorganisme patogen diantaranya dapat menimbulkan berbagai gangguan pada saluran pernafasan yang sangat mungkin serupa dengan gejala SBS.

Beberapa faktor pribadi seperti gender, usia, riwayat alergi/asma, dan riwayat merokok juga dapat memberikan hasil yang berbeda pada setiap orang. Wanita, orang dengan usia lebih tua, dan orang dengan riwayat alergi/asma bisa memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan pria, orang dengan usia lebih muda, dan orang-orang yang tidak memiliki riwayat alergi/asma. Orang dengan riwayat merokok juga bisa jadi lebih rentan karena memiliki kondisi awal kesehatan saluran pernafasan yang lebih buruk.

6.4.15. PENYEBAB DI KELOMPOK SKIN SYMPTOMS

Beberapa bahan kimia dapat menimbulkan kulit kering, dalam kuesioner ditangkap dalam kulit kering disekitar tangan dan sensasi seperti kulit terbakar

disekitar wajah. Tangan dan wajah dijadikan objek utama karena kedua bagian tubuh ini umumnya tidak terlindungi oleh pakaian pada saat bekerja. Salah satu jenis bahan kimia yang merupakan iritan terhadap kulit adalah formaldehyde.

Seperti telah dibahas sebelumnya formaldehyde yang terukur di Kantor Pusat PT. X seluruhnya masih berada dibawah NAB. Namun demikian sensitivitas setiap orang dan kombinasi dengan polutan lainnya sangat mungkin menghasilkan gangguan terhadap kulit seperti yang dirasakan oleh beberapa responden.

6.4.16. PENYEBAB DI KELOMPOK GENERAL SYMPTOMS

Beberapa bahan kimia dapat menimbulkan gejala seperti kelelahan dan sakit kepala. Menurut Nagda dalam Botkin (2000) karbon dioksida dan karbon monoksida dapat menimbulkan sakit kepala, sedangkan ozon dapat menimbulkan kelelahan. Sesuai dengan hasil pengukuran, akibat ventilation rate yang buruk maka akumulasi konsentrasi karbondioksida di hampir setiap titik yang diperiksa berada diatas NAB. Konsentrasi karbon monoksida juga cukup tinggi bila dibandingkan dengan dengan udara luar walaupun belum melampaui NAB.

Karbondioksida sebagian besar berasal dari pernafasan pekerja maupun tamu yang berada dalam gedung. Beberapa sumber karbon monoksida yang memungkinkan berdasarkan observasi di lapangan adalah asap rokok, karena tidak didapatkan sumber pembakaran lain dalam gedung yang berpotensi untuk melepaskan gas ini saat observasi.

Kesulitan berkonsentrasi yang ditemui pada beberapa pekerja bisa jadi disebabkan oleh adanya gangguan lain yang dirasakan pekerja. Gangguan dimaksud dapat berupa gangguan kesehatan, termasuk gejala-gejala SBS lainnya maupun gangguan psikis seperti stress yang dialami pekerja. Stress yang didapatkan pekerja dapat berasal dari pekerjaan, keluarga, ataupun stress yang didapatkan selama perjalanan ke kantor.

BAB VII

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian, analisis data, dan pembahasan maka terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Berdasarkan hasil pengukuran terdapat beberapa parameter kualitas udara dalam ruangan yang melampaui NAB yang telah ditentukan dalam definisi operasional, diantaranya adalah kelembaban, CO₂, PM_{2.5}, ventilation rate, dan recirculation rate. Kelembaban diseluruh titik yang diukur berada diatas NAB yang ditentukan. CO₂ di hampir semua titik melampaui NAB (1000 ppm). Ventilation rate di 5 dari 8 lantai berada dibawah standar (20 cfm/orang), didapatkan juga laju aliran udara dalam ruangan di 4 lantai tidak memenuhi standar (0.25 m/s). Pencahayaan di salah satu titik juga berada dibawah batas minimal yang dipersyaratkan.
- b. Dari 93 persen responden, 16,1 % merupakan wanita, 46.24 % berusia 40 atau lebih dari 40 tahun, 36.6 % memiliki riwayat alergi, 15.1 % memiliki riwayat asma, 41.9 % memiliki riwayat merokok, dan 5.4 % mengaku mengalami tekanan kerja yang cukup signifikan. Kelompok tersebut perlu dinotifikasi karena memiliki kemungkinan untuk mengidap gejala mirip gejala SBS lebih tinggi daripada kelompok sebaliknya.
- c. Berdasarkan hasil penyebaran kuesioner, beberapa pekerja mengalami gejala SBS pada hari kerjanya. Kasus terbanyak yang dirasakan pekerja adalah iritasi mata (16.13 % dari total responden) lalu kelelahan (13.98 %). Sementara itu tidak ditemukan gejala SBS seperti gejala seperti asma, sulit bernafas, dan wajah seperti terbakar pada responden.
- d. Gejala-gejala yang timbul sangat mungkin merupakan hasil dari penggabungan berbagai parameter yang diukur maupun parameter lainnya yang tidak terukur, baik parameter IAQ, kondisi psikososial pekerja, maupun faktor-faktor ergonomik.

7.2. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disampaikan saran sebagai berikut :

- a. Perusahaan dapat meminta pengurus gedung untuk mengadakan perbaikan terhadap kualitas udara dalam gedung, diantaranya dengan :
 - Mengganti seluruh lampu penerangan dari jenis *compact fluorescent lamp* dengan lampu jenis *regular tube fluorescent lamp*
 - Meredesain sistem VAC gedung untuk memastikan bahwa *ventilation rate* dan laju aliran udara dalam ruangan yang diperlukan dapat memenuhi standar. Besarnya *ventilation rate* dan laju aliran udara sangat bergantung pada jumlah pekerja/okupansi setiap lantai dan luas ruangan yang digunakan. Pihak perusahaan dan pengelola gedung dapat menggunakan data-data tersebut untuk melakukan setting terhadap masing-masing AHU.
 - Mengeliminasi ruang merokok ataupun meredesain ruang merokok sehingga asap rokok tidak lagi diresirkulasi ke dalam ruangan, diantaranya dengan membuat sistem *exhaust* tersendiri dari ruang merokok yang langsung *di-by-pass* ke saluran udara keluar gedung ataupun membuat kebijakan bahwa merokok hanya diperbolehkan diluar gedung.
 - Meningkatkan *good house-keeping* dalam gedung sehingga potensi pertumbuhan mikroorganisme patogen dalam gedung dapat diminimalisir mengingat kelembaban yang cukup tinggi dalam gedung
- b. Pekerja dapat turut mengurangi timbulan pencemar dalam gedung diantaranya dengan mengurangi ataupun mengeliminasi kegiatan merokok dalam gedung dan mengikuti pola yang dilakukan oleh *tenant* lain dalam Gedung Y (sebuah bank berskala internasional dan grup media berskala internasional) untuk merokok diluar gedung. Pekerja juga diharapkan ikut menjaga *good-housekeeping* gedung diantaranya dengan membuang sampah-sampah organik yang dapat menjadi lahan pertumbuhan mikroorganisme patogen sesuai tempat yang telah disediakan dan mengurangi semaksimal mungkin penggunaan bahan yang dapat menyebarkan bahan toksik ke udara dalam ruangan seperti pestisida dan bahan-bahan dengan dasar hidrokarbon.

- c. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai faktor-faktor terkait SBS, diantaranya penelitian mengenai faktor IAQ yang sebagian belum dilakukan, faktor ergonomik, dan faktor psikososial secara lebih mendetail. Dengan demikian dapat diketahui secara lebih detail pola kejadian yang ada untuk kemudian diambil langkah-langkah yang perlu terkait faktor-faktor tersebut dalam mencegah kejadian SBS di Kantor Pusat PT. X.



DAFTAR PUSTAKA

- Hedge, Alan. *Addressing the Psychological Aspects of Indoor Air Quality*. Cornell University. 1996
- Institute of Environmental Epidemiology. *Guidelines for Good Indoor Air Quality for Office Premises*. Singapore. 1996
- American Lung Association. *Indoor Air Quality Fact Sheet*. New York. 1999
- Botkin, Daniel B; Keller, Edward A. *Environmental Science : Earth As a Living Planet*. John Wiley & Sons, Inc. New York. 2000
- Pauncu, Elena-Ana ; Sirb, Liliana ; Oros, Carmen ; Fernolendt, Marius ; Papoe, Gabriela ; Bosca, Mioara. *Sick Building Syndrome in Actuality*. Journal of Preventive Medicine 9(4) : p 71-77, 2001.
- WHO. *Guidelines for Air Quality*. Geneva. 2000
- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1405 Tahun 2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan kerja Perkantoran dan Industri
- EPA. *A Standardized EPA Protocol for Characterizing Indoor Air Quality in Large Office Building*. US-EPA. Washington DC, 2003.
- Reese, Charles D. *Office Building Safety and Health*. CRC Press. Boca Raton. 2004.
- Burge, PS. *Sick Building Syndrome*. Journal of Occupational and Environmental Medicine 61 : p 185-190, 2004.
- Nakazawa, Hiroko ; Ikeda, Hiroki ; Yamashita, Toshio ; Hara, Ichiro ; Kumai, Yuko ; Endo, Ginji ; Endo, Yoko. *A Case of Sick Building Syndrome in a Japanese Office Worker*. Journal of Industrial Health 43 : p 341-345. 2005.
- Brauer, Charlotte. *Sick Building Syndrome Revisited*. University of Copenhagen. 2005
- WHO Regional Office for Europe. *Development of WHO Guidelines for Indoor Air Quality*. WHO. Copenhagen, Denmark, 2006.
- Saito, Ikue; Seto, Hiroshi; Kamimutra, Hishashi. *Characteristic Chemicals in Indoor Air of a New Building Complained of a Foul Smell*. Tokyo. 2008
- Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 54 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Kualitas Udara Dalam Ruangan (KUDR)

Gomzi, Milica ; Bobic, Jasminka. *Sick Building Syndrome, Do We Live and Work in Unhealthy Environment*. Periodicum Biologorum Journal Vol. 111 No.1 : p 79-84. 2009.

Orosa, JA ; Garcia-Bustel, EJ . *ASHRAE Standard Application in Humid Climate Ambiences*. European Journal of Scientific Research 27(1) : p 128-139, 2009.

WHO. *Indoor Air Pollution*. 10 September 2009. www.who.int/entity/indoorair/en/

Anonim. *Sick Building Syndrome*. 10 September 2009. en.wikipedia.org/wiki/Sick_Building_syndrome

The Commonwealth of Massachusetts Executive Office of Labor and Workforce Development Division of Occupational Safety. *Thermal Comfort Guidelines for Indoor Air Quality*. 10 September 2009. www.mass.gov/dos

US Environmental Protection Agency. *Indoor Air Facts no. 4 (Revised) Sick Building Syndrome*. 10 September 2009. <http://www.epa.gov/iaq/base/glossary.html>.

US Environmental Protection Agency. *Building Assesment Survey and Evaluation (BASE) Study Summarized Data*. 10 September 2009. http://www.epa.gov/iaq/base/summarized_data.html

US Environmental Protection Agency. *Building Assesment Survey and Evaluation (BASE) Study Highlighted Analysis*. 10 September 2009. http://www.epa.gov/iaq/base/highlighted_analysis.html

US Environmental Protection Agency . *Building Assesment Survey and Evaluation (BASE) Study Methodology*. 10 September 2009. <http://www.epa.gov/iaq/base/methodology.html>

US Environmental Protection Agency . *Building Assesment Survey and Evaluation (BASE) Study Publications*. 10 September 2009. <http://www.epa.gov/iaq/base/publications.html>

US Environmental Protection Agency. *Building Assesment Survey and Evaluation (BASE) Study Basic Information and Overview*. 10 September 2009. http://www.epa.gov/iaq/base/basic_information_and_overview.html

US Department of Labor Occupational Safety and Health Administration. *Indoor Air Quality Investigation*. 2 Oktober 2009. www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iii/otm_iii_2.html

Anonim. *Sick Building Syndrome (SBS)*. 29 November 2009. [http://www.ei-resource.org/illness-information/related-conditions/sick-building-syndrome-\(sbs\)/](http://www.ei-resource.org/illness-information/related-conditions/sick-building-syndrome-(sbs)/)

Illinois Department of Public Health.. *Illinois Department of Public Health Guidelines for Indoor Air Quality*. 21 April 2010
http://www.idph.state.il.us/envhealth/factsheets/indoorairqualityguide_fs.htm

Anonim. *Air Handling System Characterization*. 10 Juni 2010
www.me.umn.edu/courses/me4131/LabManual/LabAirHandling.pdf.

Laboratorium Aerosol Badan Tenaga Nuklir Nasional. *Aerosol*. 20 Juni 2010
www.batan.go.id/ptkmr/Dosimetri/aerosol/aerosol.htm



SICK BUILDING SYNDROME QUESTIONNAIRE I

Gender (Pria / Wanita)*

Usia (..... Tahun)

Riwayat alergi (Ada / Tidak Ada)*

Riwayat asma (Ada / Tidak Ada)*

Lantai

Kebiasaan Merokok (Ya / Tidak)*

No.	Pertanyaan	Tidak	Sesekali	Sering	Setiap hari	Hari libur	Hari kerja	Hari libur dan kerja	Tidak tahu
1 a.	Dalam 4 minggu terakhir apakah anda pernah merasakan iritasi mata ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
b.	Bila ya, kapankah gejala itu paling sering dirasakan ?					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 a.	Dalam 4 minggu terakhir apakah anda pernah merasakan iritasi hidung / bersin ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
b.	Bila ya, kapankah gejala itu paling sering dirasakan ?					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 a.	Dalam 4 minggu terakhir apakah anda pernah merasakan hidung tersumbat ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
b.	Bila ya, kapankah gejala itu paling sering dirasakan ?					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 a.	Dalam 4 minggu terakhir apakah anda pernah merasakan radang tenggorokan ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
b.	Bila ya, kapankah gejala itu paling sering dirasakan ?					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 a.	Dalam 4 minggu terakhir apakah anda pernah merasakan suara serak ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
b.	Bila ya, kapankah gejala itu paling sering dirasakan ?					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 a.	Dalam 4 minggu terakhir apakah anda pernah batuk-batuk ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
b.	Bila ya, kapankah gejala itu paling sering dirasakan ?					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7 a.	Dalam 4 minggu terakhir apakah anda mendengar suara seperti bersiul saat bernafas ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
b.	Bila ya, kapankah gejala itu paling sering dirasakan ?					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8 a.	Dalam 4 minggu terakhir apakah anda merasa kesulitan bernafas ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
b.	Bila ya, kapankah gejala itu paling sering dirasakan ?					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9 a.	Dalam 4 minggu terakhir apakah anda mengalami kulit kering disekitar tangan ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
b.	Bila ya, kapankah gejala itu paling sering dirasakan ?					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10 a.	Dalam 4 minggu terakhir apakah anda mengalami wajah seperti terbakar ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
b.	Bila ya, kapankah gejala itu paling sering dirasakan ?					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11 a.	Dalam 4 minggu terakhir apakah anda mengalami kelelahan ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
b.	Bila ya, kapankah gejala itu paling sering dirasakan ?					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12 a.	Dalam 4 minggu terakhir apakah anda mengalami sakit kepala ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
b.	Bila ya, kapankah gejala itu paling sering dirasakan ?					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13 a.	Dalam 4 minggu terakhir apakah anda mengalami kesulitan dalam berkonsentrasi ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
b.	Bila ya, kapankah gejala itu paling sering dirasakan ?					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Apakah anda merasa tertekan dalam melaksanakan pekerjaan anda ?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

Keterangan : * Coret yang tidak perlu