

2. KAJIAN TEORI

2.1. Teori *Indoor Air Quality*

2.1.1. Definisi *Indoor Air Quality*

Terdapat berbagai rumusan definisi *Indoor Air Quality* antara lain:

- a. Fungsi dari kualitas udara yang terbebas dari kontaminan yang tidak diinginkan (Levin 11).
- b. Kualitas udara dalam ruang yang dipengaruhi oleh polutan, yang dapat berefek pada penggunaannya (FuturArc 18).
- c. *Nature of air in buildings: the condition of the air inside buildings, including the extent of pollution caused by smoking, dust, mites, mold spores, radon, and gases and chemicals from materials and appliances* (“Indoor Air Quality”).
(Keadaan udara dalam bangunan: kondisi udara di dalam bangunan, termasuk rangkaian polusi yang disebabkan oleh rokok, debu, tungau, spora jamur, radon, berikut gas serta zat kimia dari material dan peralatan elektronik).
- d. Menurut *American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers* (ASHRAE) Standar 62-1989 tentang “*Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*”, IAQ adalah:

“Acceptable indoor air quality is defined as air in which there are known known contaminants at harmful concentrations as determined by cognisant authorities, and with which a substantial majority (80% or more) of the people exposed do not express dissatisfaction.”

(Kualitas udara dalam ruang yang masih dapat diterima diartikan sebagai udara yang diketahui terdapat kontaminan dengan konsentrasi yang berbahaya, yang diketahui oleh pihak yang berwenang dan mayoritas (80% atau lebih) orang yang terekspos tidak menunjukkan ketidakpuasan) (Yeang 450).

Berdasarkan beberapa definisi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa *indoor air quality* adalah kualitas udara dalam ruang yang terbebas dari polutan, yang berdampak buruk pada penggunaannya.

2.1.2. Faktor yang Mempengaruhi *Indoor Air Quality*

Terdapat lima faktor pokok yang mempengaruhi kualitas udara dalam ruang, yaitu temperatur, aliran udara, kelembaban nisbi, konsentrasi dari zat berbahaya dan kandungan bakteri di udara. Nilai ambang batas yang ditetapkan dibedakan atas lingkungan kantor dan laboratorium. Untuk lingkungan kantor, parameter yang digunakan adalah KepMenKes No.1405/MenKes/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri. Sedangkan untuk laboratorium mengacu kepada KepMenKes No. 1204/MenKes/SK/X/2004 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit.

a. Temperatur

Standarisasi suhu membantu memastikan bahwa kesehatan dan kenyamanan pekerja terjamin, sehingga mereka dapat bekerja secara optimal yang pada akhirnya meningkatkan produktivitas perusahaan. Indonesia merupakan negara beriklim tropis lembab, dimana suhu udara berkisar antara 24-32°C. Suhu dalam ruang kerja yang sesuai dengan iklim di Indonesia adalah antara 18°C hingga 28°C, sedangkan untuk laboratorium antara 22-26°C. Bila suhu dalam ruang <18°C maka perlu menggunakan pemanas ruang (*heater*). Sedangkan bila suhu dalam ruang >28°C, perlu dipasang alat pengkondisi udara/*air conditioner* (AC) atau kipas angin agar tercapai kenyamanan maksimum.

b. Aliran udara

Adanya sirkulasi aliran udara yang baik berarti akan meningkatkan kadar evaporasi air serta menghindari kelembaban dan korosi, sehingga dapat menekan pertumbuhan jumlah bakteri. Laju pertukaran udara yang sesuai dengan standar KepMenKes adalah sebesar 0,283 m³/menit/orang dengan laju ventilasi 0,15-0,25 m/detik, dengan ketinggian plafon dari lantai minimal 2,50 meter.

Untuk ruangan kerja yang tidak menggunakan pendingin harus memiliki lubang ventilasi minimal 15% dari luas lantai dengan menerapkan sistem ventilasi silang. Sedangkan jika area kerja berada di ruang yang tertutup

rapat, khususnya ruang bawah tanah, aliran udara tidak boleh lebih rendah dari 0.15 hingga 0.2 m/detik.

c. Kelembaban nisbi

Kelembaban merupakan masalah utama dalam ruang tertutup, karena dapat menyebabkan banyak peralatan, perabot dan material bangunan rusak. Hal ini mengingat sebagai negara dengan iklim tropis, Indonesia mempunyai kelembaban yang cukup tinggi, yaitu sebesar 60-95%. Sementara itu, perlu diketahui untuk standar ambang batas kelembaban nisbi dalam ruang kerja adalah antara 40% hingga 60%. Sedangkan persentase kelembaban nisbi untuk laboratorium berkisar antara 35-60%.

Bila kelembaban udara ruang kerja >60% perlu menggunakan alat *dehumidifier* sehingga dapat mengurangi kelembaban udara dalam ruang. Udara yang terlalu lembab akan menimbulkan rasa lengket di kulit dan mempercepat timbulnya jamur pada dinding. Apabila kelembaban udara ruang kerja <40%, maka perlu menggunakan *humidifier* untuk mengontrol kelembaban udara agar tidak terlalu kering. Udara yang terlalu kering akan menyebabkan mata pedih, kulit bersisik, bibir kering dan timbul listrik statik (Satwiko 11).

d. Konsentrasi dari zat berbahaya

Jenis zat berbahaya yang terkandung di udara tergantung dari pekerjaan (kegiatan) yang dilakukan di ruang tersebut. Nilai ambang batas untuk konsentrasi zat berbahaya dalam ruang kerja (rata-rata pengukuran sampel selama 8 jam) adalah sebagai berikut:

Tabel 2.1. Tabel Parameter Zat Berbahaya Dalam Ruang

PARAMETER	KONSENTRASI MAKSIMAL	
	(mg/m ³)	ppm
Asam Sulfida (H ₂ S)	1	-
Amonia (NH ₃)	17	25
Karbon Monoksida (CO)	29	25

Tabel 2.1. Tabel Parameter Zat Berbahaya Dalam Ruang (sambungan)

Nitrogen Dioksida (NO ₂)	5,60	3,0
Sulfur Dioksida (SO ₂)	5,2	2

Sumber: KepMenKes No.1405/MenKes/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri.

Selain zat-zat kimia yang tersebut diatas, perlu diperhatikan pula zat kimia berbahaya lainnya yang terkandung di udara seperti zat kimia golongan hidrokarbon, VOC, logam berat, dan sebagainya.

e. Kandungan bakteri di udara

Bila makin kotor dan lembab sebuah ruang dan kurangnya jumlah ventilasi, maka makin tinggi jumlah bakteri yang tumbuh. Dalam standar yang ditetapkan, nilai ambang batas untuk mikroba adalah angka kuman kurang dari 700 koloni/m³ udara serta harus bebas kuman patogen. Untuk laboratorium konsentrasi maksimum mikroorganisme per m³ udara (CFU/m³) adalah antara 200-500 CFU/m³.

Isu buruknya kualitas udara dalam ruang dipengaruhi oleh 3 bagian besar, yaitu adanya sumber polutan, ventilasi yang tidak adekuat, serta kurangnya perawatan dan pemeliharaan sistem pengkondisian udara (AC).

1. Adanya Sumber Polutan

Kualitas udara di dalam ruang ditentukan oleh adanya sumber polutan yang ada pada ruang tersebut. Menurut Chen (83), sumber polutan yang mempengaruhi buruknya IAQ dikategorikan menjadi 3 bagian besar, yaitu:

a. Fisik

Dapat diasosiasikan dengan berbagai fenomena, termasuk panas, suara, cahaya, gas/uap, partikel, radiasi elektromagnetik (sinar-X, sinar γ), radioaktif (radon beserta turunannya, debu-debu radioaktif lainnya), serta adanya partikel yang berkekuatan tinggi seperti sinar kosmik dan radiasi energi. Menurut Ryadi (50-2), partikel adalah benda-benda padat atau cair yang “terkecilkan” dari suatu massa melalui suatu proses dispersi dalam media

gas/udara, yang hampir tidak memiliki kecepatan jatuh, berukuran kurang dari 500 μm . Berdasarkan bentuknya, partikel dibedakan menjadi 5 macam, yaitu:

- Aerosol, adalah partikel yang ditimbulkan karena adanya aktivitas yang melibatkan energi menjadi material cair atau semi-cair, seperti mengocok, menuang, mengaduk atau meneteskan cairan ke suatu permukaan atau ke cairan lain. Partikel yang termasuk aerosol adalah:
 - *Smoke* (asap), adalah partikel karbon (padat) yang terjadi dari pembakaran yang tidak lengkap pada sumber-sumber pembakaran yang menggunakan bahan bakar hidrokarbon dengan partikel kurang dari 5 μm .
 - *Mist* (kabut), adalah partikel cair yang berada dalam suspensi udara yang terjadi karena kondensasi uap, atau otomatisasi cairan ke tingkat dispersi. Otomatisasi terjadi pada proses penyemprotan, pembuihan, dan lainnya.
 - *Fog* (kabut yang padat/tebal) hampir sama dengan *mist*, tetapi *fog* masih bisa dilihat dengan mata, tanpa alat pembantu pengelihatatan.
- Debu

Adalah partikel benda padat yang terjadi karena proses mekanis (pemecahan dan reduksi) terhadap massa padat, dimana ia masih dipengaruhi oleh gravitasi dan berukuran kurang dari 100 μm . Gangguan pernafasan akibat debu tergantung pada sifat fisis debu itu sendiri.

Debu yang berukuran $>5 \mu\text{m}$ akan ikut jatuh sejalan dengan percepatan gravitasi, bila terhirup biasanya akan jatuh pada alat pernafasan bagian atas berupa iritasi yang ringan. Sedangkan debu yang berukuran 3-5 μm bila terhirup akan mengganggu saluran pernafasan bagian bronkus/bronkeolus yang dapat menyebabkan penyakit bronkitis, alergi dan asma. Untuk orang yang sudah memiliki predisposisi untuk alergi dan asma frekuensinya akan meningkat.

Untuk debu yang berukuran 1-3 μm , akan jatuh lebih dalam lagi, yaitu pada alveoli dan akan mengganggu kemampuan proses pertukaran gas. Debu yang mempunyai ukuran paling kecil, yaitu 0,1-1 μm , tidak memiliki berat dan tidak dapat menempel pada permukaan alveoli.

- *Droplet*, adalah tetesan cairan yang sangat sedikit jumlahnya.

- *Fly ash*, adalah zat buangan dari stasiun pembangkit yang menggunakan bahan bakar minyak bumi. *Fly ash* merupakan campuran bahan pembuat semen PC dan batu bata.
- *Fume*, adalah partikel padat yang terjadi karena kondensasi dari penguapan logan-logam cair yang kemudian disertai secara langsung oleh suatu oksidasi di udara.

Selain debu, radioaktif juga menjadi salah satu polutan fisik. Zat radioaktif yang berbahaya adalah radon. Radon dianggap berbahaya karena dapat meningkatkan resiko kanker paru pada orang yang terekspos zat gas ini dalam jumlah besar dan dalam jangka waktu yang panjang. Gas mulia yang mempunyai simbol Rn ini diduga terdapat secara alami di tanah, air tanah dan udara. Meskipun terjadi perdebatan bahwa radon menyadi penyebab terjadinya kanker paru, tetapi menurut penelitian dari EPA diperkirakan sebanyak 20.000 dari 140.000 penderita kanker paru tewas disebabkan oleh radon.

Dari golongan metal, timah hitam atau timah hitam (Pb) merupakan zat kimia yang bersifat neurotoksik, yaitu zat racun yang merusak susunan saraf. Karena sifatnya yang mudah terakumulasi, timah mudah terserap dalam aliran darah dan mempengaruhi tumbuh kembang janin dan dapat menyebabkan gangguan perilaku pada balita dan anak-anak.

Pada historisnya, timah hitam (*lead*) sudah digunakan sejak zaman Romawi sebagai bahan pembentuk saluran air, perahu, bahkan peralatan memasak. Setelah zaman modern, umumnya timah hitam digunakan sebagai bahan pembuat aki, pipa, solder, lapisan anti radiasi, bahan pengisi cat, dan lain sebagainya.

b. Kimia

Sedangkan polutan yang termasuk kategori zat kimia meliputi hasil-hasil dari pembakaran, seperti nitrogen oksida (NO_x), karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), sulfur monoksida (SO), sulfur dioksida (SO₂), gas buang, asap rokok serta material-material yang digunakan dalam pembangunan seperti serat asbes, serat kaca, serbuk kayu, plastik dan pestisida.

Karbon monoksida (CO) merupakan gas yang paling cukup banyak terdapat di udara, yang terjadi dari sumber-sumber pembakaran tidak sempurna. Gas ini tidak berbau, tidak berasa, dan tidak berwarna. Efek CO terhadap tubuh adalah gangguan terhadap sistem susunan saraf pusat, yaitu bila kadar CO yang terhirup adalah 15 ppm selama 10 jam.

Sebagai hasil produk pembakaran, nitrogen oksida juga dapat menyebabkan gangguan kesehatan bila terpapar sebanyak 118-156 mikrogram (setara dengan 0,063-0,083 ppm) selama 6 bulan. Nitrogen oksida (NO_x) adalah gabungan dari NO dengan NO₂, berwarna merah coklat, dan memiliki ambang bau antara 0,12-0,22 ppm. Sedangkan sulfur dioksida (SO₂) adalah gas yang tidak berwarna, berbau pada ambang 0,5 ppm, serta dapat dirasakan pada ambang 0,3 ppm. Pada kadar 0,25 ppm yang tercampur dengan 750 mg/m³ *smoke*, dapat menyebabkan kematian (Ryadi, 66-9).

VOC juga termasuk dalam kategori polutan kimia. VOC merupakan zat organik yang dapat menguap pada suhu ruangan dan tidak dapat terlihat. Terkadang ada yang berbau tajam, terkadang tidak. Umumnya diasosiasikan dengan produk buatan manusia, seperti *medium density fiberboard* (MDF), *plywood*, *particle board*, plastik, cat, vernis, dan sebagainya. Selama ini telah ditemukan lebih dari 900 tipe VOC, tetapi hanya 250 tipe yang dilaporkan berbahaya.

Zat kimia yang umumnya ditemukan dalam lingkup interior dan berbahaya adalah formaldehid. Dimana formaldehid merupakan kontributor terbesar dalam mencemari udara dalam ruang. Zat yang mempunyai rumus kimia HCHO atau CH₂O ini berwujud gas pada suhu ruangan, berbau menyengat, dan dapat dipadatkan menjadi cairan dengan titik didih -21°C yang disebut dengan formalin. Formalin banyak digunakan sebagai pengawet dan pestisida. Efek dari formaldehid ini dapat berlangsung selama beberapa jam hingga beberapa tahun, tetapi yang paling parah jika material yang mengandung zat ini adalah baru digunakan. Selama beberapa tahun, formaldehid telah digunakan sebagai perekat pada kayu lapis (*plywood*). Kadar formaldehid akan meningkat seiring dengan naiknya temperatur.

Asbes (atau asbestos) juga merupakan polutan yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan. Serat asbes telah dikenal sejak lama akan ketahanannya terhadap api sehingga asbes banyak diaplikasikan sebagai lapisan anti api, *acoustic tile*, panel plafon dan lantai. Serat asbes akan menjadi berbahaya bila struktur seratnya terkoyak. Bila hal tersebut terjadi, serat halus yang berwarna putih keabu-abuan ini dapat bertahan di udara selama beberapa jam. Orang yang sering terpapar serat asbes lambat laun akan menderita asbetosis, yaitu penyakit yang menyerang paru-paru yang dapat berakhir dengan kematian. Sejak tahun 1986, EPA telah melarang penggunaan asbes dalam berbagai produk.

Selain formaldehid dan asbestos, zat yang juga dianggap berbahaya adalah ozon (O_3). Gas yang berwarna biru muda ini dapat menyebabkan iritasi pada mata dan selaput mukosa pada konsentrasi 0.1 ppm. Pada konsentrasi yang lebih tinggi dapat menyebabkan sakit kepala, mual, penyakit saluran nafas hingga meningkatnya infeksi paru. Menurut Pilatowicz (35), terdapat beberapa zat kimia lain (golongan hidrokarbon/HC) yang mengandung VOC dan dinyatakan berbahaya bagi kesehatan manusia, yaitu:

- Xilen dan toluen, merupakan zat kimia yang ditemukan pada berbagai perekat dan pelarut.
- Stiren, merupakan zat karsinogenik yang banyak terdapat pada cat, plastik, resin dan busa plastik (*plastic foam*).
- Benzena, adalah zat karsinogenik yang ditemukan pada asap rokok, cat dan bahan *finishing* lainnya.
- Etil benzena, zat kimia yang banyak menyebabkan infeksi akut pada mata serta saluran pernafasan, dan banyak ditemukan pada zat pelarut.

Tabel 2.2. berikut ini merupakan sumber polutan, baik fisik maupun kimia, yang yang paling banyak ditemui dalam ruang lingkup gedung non-industri.

Tabel 2.2. Beberapa Sumber Polutan yang Umum Ditemui di Kantor dan Laboratorium Beserta Jenisnya

Kemungkinan Sumber Polutan	Jenis Polutan
Lem, cat, plastik, pengawet kayu, pengharum ruangan, cairan pembersih, bahan untuk <i>dry-clean</i> , parfum	VOC (xilen, toluen, perkloroetilen, benzena, stiren, 1,1,1-trikloroetan, metil etil keton, alkohol, dan lain sebagainya)
Cat, lem, <i>acid hardening lacquer</i> , <i>Environmental Tobacco Smoke (ETS)</i> , kayu dan hasil olahannya	Formaldehid (UF: urea formaldehid dan PF: fenol-formaldehid) dan aldehid lainnya
Cat	Amino, Timah hitam, Merkuri
Manusia, hasil pembakaran yang tidak terbang.	Karbon dioksida
Plastik	Ftalat, Stiren, PVC
Mesin fotokopi, alat pembersih (motorik)	Ozon
Kertas, tekstil, rak yang terbuka, material yang bertekstur	Debu organik
Plafon akustik, insulasi, papan gipsum	<i>Man-made mineral fibres (MMMMF)</i> , kalsium sulfat
Tungau, jamur, tumbuhan, AC sentral yang terkontaminasi, okupan	Debu biologis, hasil metabolisme dari mikroorganisme, jamur, bakteri, virus, serbuk sari, dsb.
Cat, air minum dari tanah yang terkontaminasi, debu	Timah hitam
Pestisida	Klordan, aldrin, diedrin, heptaklor, dsb.
Desinfektan	Alkohol, <i>quarternary ammonium compound (QAC)</i> , fenol, dsb.
Proses pengerjaan spesimen	Aerosol

Sumber: Doren (2008, p.12-6), Maroni, Seifert, dan Lindvall (1995, p.581), Mandler dan Odell (2000, p.131)

c. Biologis

Microbial contamination (atau *biological contamination*) merupakan komponen berbahaya yang berasal dari manusia, tanaman, makanan dan semua serpihan zat organik. Polutan utamanya adalah mikroba, seperti bakteri (khususnya *Salmonella* dan *Legionella pneumophila*), jamur, virus, kutu, serbuk sari tanaman dan bulu binatang. Pemicu terjadinya *microbial contamination* itu sendiri antara lain terkontaminasinya sistem penghawaan udara, kurang memadainya ventilasi, tingkat kelembaban yang tinggi serta kurang tepatnya pengaplikasian material pada bangunan. Selain itu, pengontrolan kadar kelembaban nisbi pada ruang yang dihuni sangat penting. Kadar kelembaban yang tinggi dapat memicu tumbuhnya jamur serta mikroba-mikroba lainnya dan berdampak buruk bagi kesehatan.



(a) Pada dinding dan *wallcover*



(b) Pada plafon



(c) Pada *ducting* AC



(d) Pada *diffuser* AC

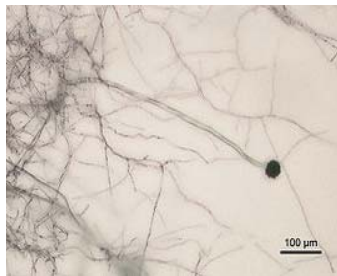
Gambar 2.1. Tumbuhnya jamur dalam interior akibat kelembaban yang tinggi

Sumber: US-EPA. (2001, p.1,7,8)

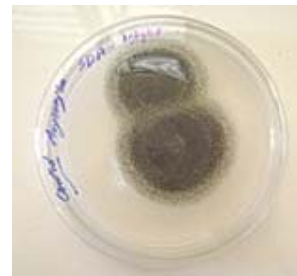
Area yang paling rentan lembab umumnya terdapat pada sistem pengkondisian udara, dimana terjadi kondensasi pada *evaporator coil*, pada

genangan air yang terdapat pada *vaporizer* dan *humidifier*, serta pada *ducting* AC. Area yang lembab dan gedung yang menggunakan *humidifier* memiliki resiko terjadinya masalah yang berhubungan dengan kelembaban seperti pada panel plafon, *drywall*, karpet dan produk-produk yang terbuat dari kayu.

Jamur merupakan salah satu mikroorganisme yang umum ditemui di interior bangunan yang lembab. Spesies jamur yang umum dalam interior antara lain *Cladosporium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, dan *Alternaria*. Berdasarkan Washington State Department of Health (para. 2), terdapat pula jamur dengan spesies *Stachybotrys chartarum*, yaitu jamur yang berlendir dan berwarna hitam. Jamur ini dapat tumbuh pada kertas, *dry wall*, serta material dengan kadar selulosa tinggi. Spora dari jamur yang berjenis jamur basah (*wet mold*) tidak mudah melayang dalam udara. Tetapi pada material yang terkontaminasi jamur jenis kering (*dry mold*), sporanya sangat mudah melayang di udara yang mengakibatkan gangguan pada pengguna ruang.



(a) *A. niger* diperbesar 100 kali

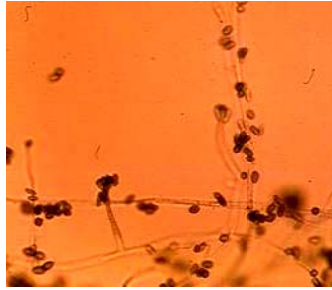


(b) *A. niger* pada media *Sabouroud agar*

Gambar 2.2. *Aspergillus niger*

Sumber: Wikipedia (2009, p.1)

Stachybotrys chartarum atau yang umum disebut *Stachybotrys atra*, dapat menyebabkan masalah kesehatan dari uap atau toksin yang terhirup, atau dari adanya kontak dengan spora yang mengandung toksin. Efek dari toksin yang ditimbulkan dalam dosis rendah antara lain ruam dan penyakit neurotoksik ringan, seperti pusing, mual, nyeri dan kelelahan. Selain itu, sistem imun juga dapat terganggu, sehingga ketahanan tubuh untuk melawan infeksi sangat lemah.



Gambar 2.3. *Stachybotrys chartarum*

Sumber: Indoor Air Quality Testing Specialists (2009, p.1)

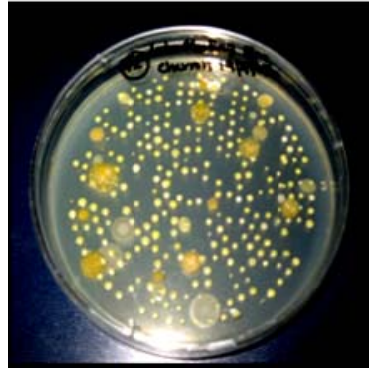
Untuk dapat tumbuh di dalam ruang, *Stachybotrys chartarum* membutuhkan kondisi yang mengandung air dalam jumlah banyak. Seperti pada area yang terkena banjir, atap, dinding, atau pada sistem *plumbing* yang bocor. Pada tempat yang lembab dan tersembunyi, jamur dapat tumbuh secara ekstensif. Sehingga sangat penting guna mengetahui cakupan area yang terkontaminasi oleh jamur. Untuk area yang kecil dan dapat dilihat secara kasat mata, maka pembersihan dapat dilakukan sendiri. Akan tetapi bila jamur tumbuh di tempat yang sulit dijangkau, maka perlu memanggil tenaga ahli untuk membersihkannya.

Menurut EPA (2001, 3), solusi yang perlu diperhatikan agar jamur tidak tumbuh antara lain:

- Pengontrolan akan kadar air dan kelembaban. Atap, dinding dan sistem *plumbing* perlu diperiksa secara berkala untuk menghindari adanya kebocoran dan harus dalam keadaan kering.
- Material yang terkontaminasi harus segera dibersihkan atau dibuang.
- Pemeriksaan dan perawatan berkala untuk sistem ventilasi udara.
- Upayakan agar pondasi bangunan tidak basah, agar air tidak meresap naik ke dinding.
- Bersihkan dan keringkan lokasi yang basah dalam waktu 48 jam.
- Atur kelembaban nisbi ruang yang rendah, dibawah 60%.

Selain jamur, bakteri juga ditemukan dalam kondisi ruang khususnya berasal dari manusia (kulit dan respirasi) atau dari luar ruangan. Seperti halnya

jamur, bakteri yang ditemukan di udara adalah saprofit (berkembang biak pada benda mati organik) dan tumbuh di tempat yang lembab. Bakteri itu sendiri banyak berasal dari permukaan kulit manusia.



Gambar 2.4. Koloni bakteri yang tumbuh pada media agar
Sumber: Indoor Air Quality Testing Specialists (2009, p.1)

Menurut lembaga konsultan *Indoor Air Quality* di Singapura (IAQ Consultants Pte. Ltd. 1), terdapat tipe dari beberapa bakteri yang banyak ditemukan di dalam ruang, antara lain:

- *Micrococcus sp*

Adalah spesies bakteri yang terdapat pada kulit tubuh manusia. Bakteri ini ditemukan pada area dengan okupansi yang tinggi dan/atau pada area dengan ventilasi yang tidak adekuat. *Micrococcus* adalah jenis bakteri yang tidak berbahaya. Dalam keadaan normal, bakteri ini dapat dibasmi dengan sistem ventilasi yang baik dan proses pembersihan (dengan penyedot debu atau sejenisnya).

- *Bacillus sp*

Bakteri yang tidak berbahaya ini umumnya diasosiasikan dengan tanah dan debu. Keadaan temperatur dan kadar air yang tepat pada permukaan yang berdebu dan keras adalah media yang baik bagi pertumbuhan bakteri ini.

- *Staphylococcus sp*

Staphylococcus juga terdapat pada permukaan kulit tubuh manusia. Diantara spesies *Staphylococcus*, yang paling umum terdapat di dalam ruang adalah *Staphylococcus aureus*, yaitu patogen yang penting dalam lingkungan rumah sakit, karena mempunyai kemampuan memecah sel darah merah.

- Batang gram-positif

Tipe bakteri ini juga diasosiasikan dengan tanah dan debu. Meskipun tergolong jenis patogen yang tidak berbahaya, bakteri ini tumbuh di area yang basah dan lembab seperti pada karpet, dinding, dan perabot. Bakteri ini dapat dihilangkan dengan cara pembersihan dan sistem ventilasi yang adekuat.

- Batang gram-negatif

Organisme ini jarang ditemui di lingkungan ruang dalam. Bila ditemukan dalam konsentrasi yang tinggi, berarti ada keterkaitan dengan bioaerosol dari air yang terkontaminasi atau sumber-sumber kontaminan lainnya, seperti permukaan yang basah dan lembab, tumpahan air pembuangan, banjir, atau dari sistem *Air Handling Unit* (AHU) yang meningkat. Beberapa bakteri gram-negatif (atau endotoksin yang terekstraksi dari dinding selnya) dapat menyebabkan demam. Terkadang pertumbuhan bakteri ini pada AHU dapat memicu terjadinya gejala-gejala seperti pneumonia akut. Pembersihan dengan cairan desinfektan merupakan cara yang paling mudah untuk membunuh bakteri jenis ini.

Selain berasal dari luar pengguna, polutan juga bisa datang dari pengguna itu sendiri. Perilaku pengguna juga dapat mempengaruhi jumlah polutan, dimana sumber polutannya berasal dari manusia itu sendiri, seperti keringat, urine, air liur, serpihan kulit ari yang terkelupas, dan lain sebagainya. Ditemukannya bakteri di dalam udara pada hasil uji menunjukkan adanya aktivitas manusia selama proses pengambilan sampel berlangsung.

2. Ventilasi yang kurang memadai

Ventilasi tidak hanya menghilangkan udara yang terpolusi, tetapi juga mengatur kadar kelembaban udara dalam ruang. Meskipun ventilasi yang digunakan berupa ventilasi alami atau buatan, harus dipastikan bahwa sistem penghawaan tersebut berjalan dengan lancar. Udara bersih harus dapat mengalir masuk ke dalam ruang, khususnya ruang yang banyak digunakan dalam beraktivitas, sedangkan udara kotor harus dapat keluar dari ruangan yang terkontaminasi secepat mungkin. Untuk kamar mandi dan ruangan yang terdapat mesin fotokopi atau mesin cetak, sebaiknya mempunyai *outlet* udara kotor yang langsung keluar bangunan.

EPA merekomendasikan desain sistem ventilasi harus berdasarkan standar ASHRAE nomor 62-1989 “*Ventilation for Acceptable Air Quality*”, dimana sistem ventilasi harus bisa mengakomodir udara luar sebanyak 15 *cubic feet per minute* (cfm) untuk tiap orang atau 20 cfm tiap orang bila berada di dalam ruang kantor. Untuk tempat yang mempunyai kadar polusi tinggi, seperti ruang merokok, kasino, klub malam, standar yang harus dipenuhi adalah sebesar 60 cfm per orang (Calutech Inc. 3).

3. Kurangnya perawatan dan pemeliharaan sistem pengkondisian udara (AC).

Di negara tropis yang mempunyai kelembaban tinggi seperti Indonesia, sistem penghawaan buatan merupakan salah satu sarana untuk mencapai kenyamanan dalam ruang. Ketidaknyamanan termal dapat mempengaruhi produktivitas pekerja, karena semakin tinggi aktivitas seseorang, semakin besar panas yang dihasilkan tubuhnya.

Satwiko (3-4) menyatakan bahwa jika dirancang dengan benar, penghawaan buatan dengan AC akan memberikan banyak keuntungan, seperti:

- Suhu udara lebih mudah disejukkan dan diatur. Hal ini terkait dengan *thermal comfort* yang dibutuhkan manusia pada saat bekerja. Menurut ASHRAE standar 55-1981, definisi *thermal comfort* adalah:
“*condition of mind that expresses satisfaction with the thermal environment*”
(kondisi yang mencerminkan kepuasan terhadap lingkungan termalnya).

- Kecepatan dan arah angin mudah diatur sehingga tidak akan menimbulkan gangguan bagi penggunanya, seperti kertas berterbangan karena kecepatan angin yang tinggi.
- Kelembaban udara mudah diatur. Kelembaban adalah faktor yang berpengaruh terhadap *thermal comfort*. Meningkatnya kelembaban nisbi akan mengurangi kemampuan untuk melepaskan panas melalui presipitasi dan evaporasi. Efeknya adalah naiknya temperatur. Kelembaban yang terlalu tinggi atau rendah akan menimbulkan ketidaknyamanan. Selain itu, kelembaban yang tinggi dapat memicu berkembangnya bakteri dan jamur.
- Mendistribusikan jumlah udara luar yang adekuat sehingga dapat memenuhi kebutuhan bagi para okupan gedung.
- Kebersihan udara tetap terjaga. Umumnya AC mampu mengisolasi serta menghilangkan bau dan kontaminan melalui filter yang terpasang pada AC. Hal ini didukung dengan pesatnya perkembangan teknologi AC, yaitu AC dengan pembangkit ion negatif (*ionizer*) yang dapat membunuh bakteri, jamur, dan mengikat biang bau serta memberikan efek segar pada ruang. *Ionizer* adalah alat yang dapat membangkitkan ion negatif dengan cara menambahkan sebuah elektron pada atom oksigen di udara melalui proses pelepasan listrik bertegangan tinggi atau penyinaran ultra ungu (UV).
- Diantara kelebihanannya, AC juga memiliki kekurangan. Pertama, AC membutuhkan energi listrik yang cukup besar, karena 60% dari total energi listrik digunakan untuk mengoperasikan AC. Kedua, AC dapat menjadi media yang baik bagi tumbuhnya bakteri bila tidak rutin dilakukan perawatan.

2.1.3. Dampak Umum *Indoor Air Quality*

Dalam jangka pendek, kualitas udara dalam ruang yang buruk ditandai dengan turunnya kadar oksigen sebesar 17%, adanya bau yang mengganggu serta dehidrasi pada kulit. Sedangkan untuk jangka panjang, buruknya kualitas udara dalam ruang ditandai dengan adanya kasus penyakit yang diakibatkan oleh kondisi bangunan yang tidak sehat, seperti *Sick Building Syndrome* (SBS), *Building Related Illness* (BRI), serta *Multiple Chemical Sensitivity* (MCS). Selain penyakit, IAQ yang buruk juga dapat mengakibatkan menurunnya kualitas kerja.

SBS atau *Tight Building Syndrome*, dapat didefinisikan sebagai “situasi dimana penghuni bangunan mengalami masalah kesehatan akut dan beresek pada kenyamanan sehubungan dengan banyaknya waktu yang dihabiskan di dalam bangunan, tetapi tidak bisa ditemukan apa jenis penyakitnya atau penyebabnya” (FuturArc 17).

BRI mempunyai arti sebuah kondisi medis yang didiagnosa secara klinis akibat *airborne contaminant*. Gejala dapat dirasakan dalam ruang yang berkaitan atau di seluruh bagian gedung. Perbedaan antara BRI dan SBS adalah pada SBS keluhan-keluhan akibat gedung yang tidak sehat tidak dapat dikaitkan dengan penyakit tertentu. Tetapi pada BRI, gejala yang dirasakan dapat berlangsung selama beberapa waktu meskipun telah meninggalkan gedung. Gejala yang ditimbulkan SBS bersifat akut, sedangkan gejala yang akibat BRI bersifat kronis. Selain SBS dan BRI, terdapat pula gangguan kesehatan lain yang dikarenakan terkontaminasi zat kimia, yaitu MCS. Umumnya kejadian MCS banyak ditemukan pada bangunan baru maupun bangunan lama yang diremajakan.

Menurut Aditama (2002), dampak pencemaran udara dalam ruang terhadap tubuh pada organ yang kontak langsung dengan udara meliputi:

a. Iritasi selaput lendir

Meliputi iritasi mata, seperti mata pedih, mata merah dan mata berair.

b. Iritasi hidung dan tenggorokan

Meliputi iritasi hidung seperti bersin-bersin, hidung gatal, hidung berair, dan hidung buntu. Sedangkan iritasi tenggorokkan seperti sakit pada waktu menelan, dan batuk kering.

c. Gangguan neurotoksik

Seperti sakit kepala, pusing, lemah/capai, mudah tersinggung, dan sulit berkonsentrasi.

d. Gangguan paru dan pernafasan

Seperti batuk, nafas berbunyi atau mengi, sesak nafas, dan rasa berat di dada.

e. Gangguan kulit

Meliputi iritasi kulit seperti kulit kering dan gatal.

f. Gangguan saluran cerna

Seperti diare dan gangguan saluran cerna lainnya.

g. Lain-lain

Seperti gangguan perilaku, gangguan saluran kencing, sulit belajar, dan lain sebagainya.

Gangguan-gangguan fisik tersebut biasanya tidak terlalu parah dan tidak menimbulkan kecacatan tetap, akan tetapi dapat mengganggu kinerja karyawan yang berdampak pada menurunnya produktivitas (dalam Prasasti, Aditama, 2004, p.15).

2.1.4. Cara Mempertahankan *Indoor Air Quality*

Pada dasarnya, untuk mencapai kualitas udara dalam ruang yang sehat perlu memperhatikan cara pengontrolan sumber polutannya dan ventilasi yang memadai. Selain itu, mengganti material yang rusak akibat kelembaban, yang umum terjadi pada *drywall*, panel perabot, kayu, plafon serta karpet, juga akan memperbaiki kualitas udara dalam ruang. Akan lebih baik lagi bila menginstruksikan untuk tidak merokok di dalam ruang. Peletakkan ventilasi dan *inlet* udara bersih harus diletakkan jauh dari sumber polutan, seperti jalan raya, area pembuangan limbah dan *outlet* pembuangan udara kotor. Dengan didukung oleh penyaringan udara dan perawatan AC secara berkala, maka diharapkan kualitas udara dalam ruang akan menjadi sehat.

a. Tumbuhan

Seperti yang kita ketahui, tumbuhan mempunyai beberapa manfaat, antara lain sebagai alat pembayang (*shading*), pengatur kelembaban, mengurangi polusi udara dan suara serta sebagai elemen estetika. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh NASA pada akhir tahun 1980, tumbuhan merupakan salah satu cara untuk menetralkan udara yang terkontaminasi oleh zat-zat kimia. Tumbuhan dapat menyerap polutan yang berada di udara pada waktu berfotosintesa. Dimana tumbuhan mengubah sinar matahari menjadi energi kimia yang menyerap karbon dioksida serta polutan dan melepaskan oksigen kembali.

Selain daun, tanah beserta mikroba juga berperan penting dalam menetralkan udara. Penambahan karbon aktif pada media tanam dan bukaan pada ruangan akan memaksimalkan potensi tumbuhan sebagai penetralisir

polutan udara. Mikroba dan karbon yang terkandung dalam tanah menyerap dan mengolah polutan sehingga menjadi netral dan aman untuk dilepaskan kembali ke udara.

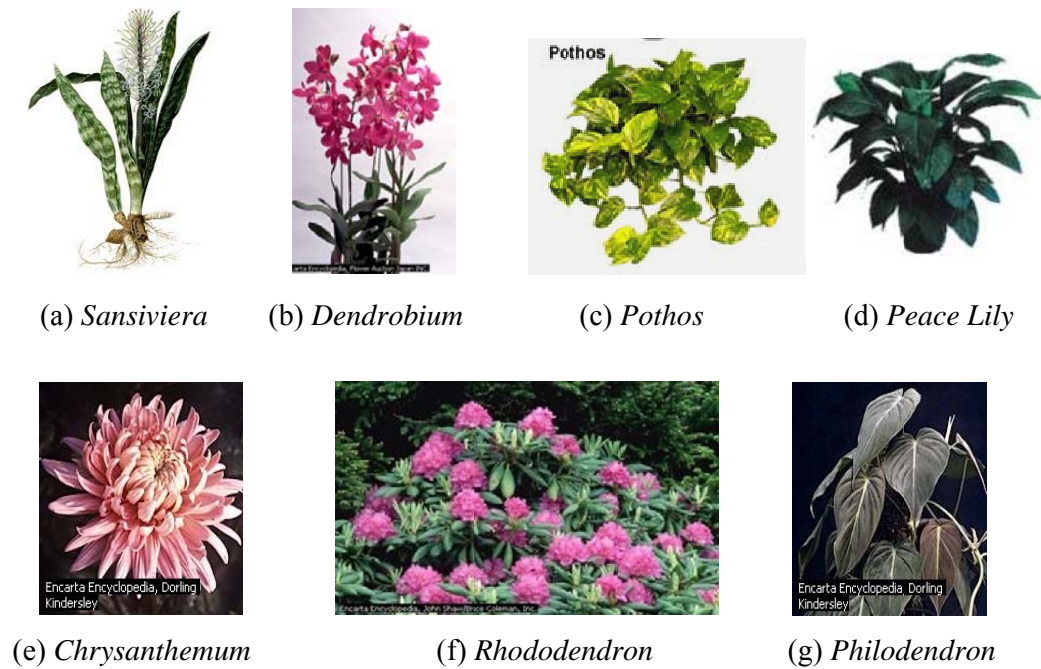
Polutan yang umumnya diserap tumbuhan adalah formaldehid, benzena serta trikloroetilen (TCE). Pada Tabel 2.3. berikut, terdapat berbagai macam tumbuhan yang lazim ditanam di rumah (*house plants*) yang mempunyai kelebihan dalam menyerap polutan.

Tabel 2.3. Jenis Tumbuhan yang Dapat Menetralkan Formaldehid, Benzena dan Trikloroetilen

Jenis Polutan	Sumber Polutan	Tumbuhan Penetralkan
Formaldehid	Busa insulasi <i>Plywood</i> <i>Particle board</i> Karpas Perabot Pakaian Kertas Pembersih rumah tangga Zat anti air	Krisantemum (<i>Chrysanthemum morifolium</i>) Rhododendron (<i>Azalea</i>) Diffenbachia Filodendron Spider plant Golden pothos Bambu (<i>Chamaedorea seifritzii</i>) Sri gading (<i>Dracaena massangeana</i>) Lidah mertua (<i>Sansevieria laurentii</i>)
Benzena	Tinta Asap rokok Minyak Karet Deterjen	Gerbera (<i>Gerbera jamesonii</i>) Tricolor (<i>Dracaena marginata</i>) Peace lily (<i>Spathiphyllum "Mauna Loa"</i>) Warneckei (<i>Dracaena deremensis "Warneckei"</i>) Daun ivy (<i>Hedera helix</i>)
Trikloroetilen	Cat Vernis Perekat Tinta	Krisantemum (<i>Chrysanthemum morifolium</i>) Gerbera (<i>Gerbera jamesonii</i>) Tricolor (<i>Dracaena marginata</i>) Peace lily (<i>Spathiphyllum "Mauna Loa"</i>) Warneckei (<i>Dracaena deremensis "Warneckei"</i>)

Sumber: Pilatowicz (1995, p. 89-90)

Selain yang tersebut dalam Tabel 2.3., terdapat beberapa tanaman lain yang juga mempunyai kemampuan dalam menetralsir polutan, seperti anggrek *Dendrobium* dan tumbuhan golongan *Bromeliad*. Kedua jenis tumbuhan tersebut dapat menetralsir aseton, metil alkohol, etil asetat, dan xilen (Pilatowicz 89).



Gambar 2.5. Beberapa tumbuhan penetral polutan

Sumber: Microsoft Encarta Encyclopedia 2009

Menurut Yeang (259), terdapat 4 kriteria sebagai pertimbangan pemilihan jenis tumbuhan yang layak digunakan di dalam ruang, yaitu kemampuan kapasitas untuk mengeliminasi zat kimia, kemudahan pertumbuhan dan perawatan, ketahanan akan hama dan kadar transpirasi yang dihasilkan.

Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam menggunakan tumbuhan di dalam ruang, khususnya ruang tertutup, karena ada kecenderungan menimbulkan masalah baru seperti:

- Kelembaban yang dihasilkan tanah
Kelembaban yang dihasilkan tanah beresiko menimbulkan jamur dan bakteri merugikan yang dapat menimbulkan alergi dan asma.

- Kebutuhan akan cahaya

Tumbuhan membutuhkan cahaya sebanyak 4 kali dari jumlah yang dibutuhkan manusia. Sinar yang dibutuhkan tumbuhan harus berspektrum lengkap. Bila cahaya yang diteruskan dari kaca warna, maka akan mempengaruhi jumlah spektrum warna yang dihasilkan dan akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal, tumbuhan diletakkan di area yang terpapar sinar matahari secara alami, seperti pada atrium maupun area lain yang cukup akan sinar matahari.

- Zat kimia yang secara alami terkandung dalam tumbuhan

Beberapa tumbuhan mengandung zat kimia yang beracun, seperti piretrin merupakan zat kimia yang banyak terdapat pada tumbuhan *Chrysanthemum morifolium*. Zat ini dapat menimbulkan iritasi mata, kulit serta saluran respiratori pada serangga dan manusia. Glikosida yang terdapat pada tanaman foxglove (*Digitalis purpurea*) merupakan zat kimia untuk memicu kerja jantung. Bila berlebihan dapat menimbulkan kejang bahkan kematian.

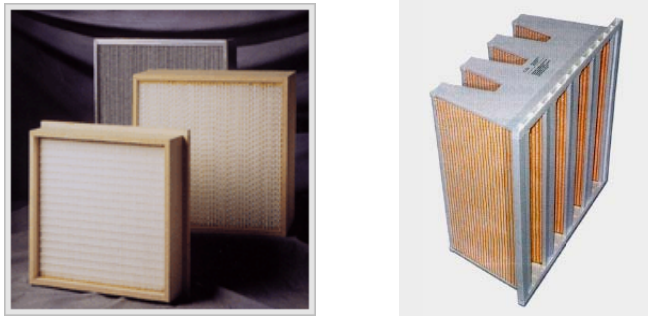
Penggunaan pupuk dan pestisida untuk perawatan tumbuhan juga dapat memicu timbulnya sumber polutan baru dalam ruang. Memilih jenis tumbuhan yang tahan terhadap hama akan mengurangi pemakaian pestisida. Bila harus menggunakan pupuk maupun pestisida, sebaiknya dijauhkan dari area yang merupakan sirkulasi utama dan memaksimalkan ventilasi.

Selain sebagai penetral polutan, tumbuhan dapat dimanfaatkan sebagai *humidifier*. Akan lebih baik bila menggunakan *humidifier* alami daripada yang buatan, karena *humidifier* buatan dapat menjadi tempat berkembang biaknya bakteri.

Secara estetika, tumbuhan dapat memberi “warna” baru pada lingkungan dalam ruang. Tumbuhan akan memperkaya tekstur dan warna yang berbeda serta menjadikan ruang dalam menjadi lebih nyaman dan sehat bagi para penghuninya.

b. Penyaringan udara dan pemeliharaan AC

IAQ yang buruk dapat diperbaiki dengan cara penyaringan dan purifikasi udara yang terkontaminasi. Tetapi, perlu diperhatikan bahwa filter udara juga mempunyai keterbatasan khususnya bila tidak digunakan dan dirawat sebagaimana mestinya. Partikel dapat terhirup oleh manusia adalah yang mempunyai diameter aerodinamis sebesar $<10 \mu\text{m}$. Sedangkan untuk serat, berukuran diameter $<3 \mu\text{m}$.



Gambar 2.6. HEPA filter

Sumber: Zajac (2008, p.1)

Filter udara yang paling umum terdapat pada AC, murah tetapi tidak mampu menyaring partikel yang kecil. Yang paling direkomendasikan adalah yang berforma tinggi seperti *high efficiency particle air* (HEPA) filter. Sesuai dengan spesifikasinya, HEPA filter sangat direkomendasikan di area yang terdapat kontaminasi biologis (virus maupun bakteri) seperti rumah sakit dan laboratorium klinik. Filter tersebut mampu menyaring polutan yang berukuran 0.03 mikrometer seperti debu, serbuk sari, bulu binatang bahkan bakteri, dengan tingkat efisiensi 99.97%. Sedangkan filter mekanik tidak dapat menyaring partikel yang berwujud gas, seperti VOC.

Untuk penyaring udara yang bekerja dengan ozon, cara kerja ozon adalah dengan menembus struktur sel dari polutan dan mengoyak dinding selnya sehingga terpecah menjadi partikel yang lebih kecil dan mudah untuk disaring. Penyaringan dengan sistem ozon sebenarnya cukup efektif namun dapat mempengaruhi kesehatan dan tidak lagi menjadi sebuah solusi yang baik.

Karena konsentrasi ozon yang terlalu tinggi dapat mengganggu orang yang menderita asma atau gangguan pernafasan lainnya, yaitu iritasi pada selaput mukosa.

Saat ini, yang banyak beredar di pasaran adalah filter yang menggunakan ion. Ion negatif dari atom oksigen memiliki efek yang paling besar bagi manusia, yaitu membuat udara terasa segar dan melancarkan aliran oksigen ke otak. Dalam beberapa kasus, filter jenis ini dapat membuat interior sebuah ruangan menjadi lebih kotor karena polutan melekat pada ion, yang pada akhirnya polutan tersebut menempel pada dinding, perabot, *upholstery*, dan lain sebagainya.

Seiring dengan kemajuan teknologi, sistem penyaringan udara dengan *germicidal system* sudah terjangkau, sangat efektif dan dapat diandalkan. Akan lebih baik dari semua yang telah dijelaskan jika menggunakan fotokatalis yang digabungkan dengan *germicidal UV light*. Metode ini dikenal dengan istilah *green chemistry*, dimana kelebihanannya adalah dapat diandalkan, tidak beracun dan ramah lingkungan (Calutech Inc. 4).

Untuk memelihara kualitas udara dalam ruang maka perlu dilakukan perbaikan dan perawatan rutin pada sistem penghawaan buatan, khususnya AC. Semua bagian dari AC membutuhkan perawatan rutin, karena semua komponen dari sistem AC berpengaruh terhadap kinerja dan kualitas udara yang dihasilkan. Inspeksi dilakukan mulai dari ruang mekanikal hingga *output AC*. Peralatan AC yang utama meliputi *control system, boiler, cooling tower, chiller*. Sedangkan *Air Handling Unit (AHU)* meliputi penyedot udara luar, *mixing plenum, damper, fan, coil* dan *humidifier*. Saluran pendistribusian AC seperti *ducting, supply air diffuser*, dan *return air grill* tidak boleh luput dari perawatan berkala. Dengan melakukan perawatan rutin, AC akan bekerja maksimal dan kualitas udara tetap terjaga.

- c. Perencanaan dan kerjasama yang baik antar pengguna, arsitek, desainer interior dan pihak yang terkait lainnya.

Untuk mendapatkan *healthy building*, maka arsitek, desainer interior, pemilik gedung serta pihak-pihak yang terkait hendaknya bekerja sama sejak

awal. Pada Tabel 2.4. berikut menunjukkan 5 aspek utama yang harus diperhatikan dari desain sebuah bangunan untuk mencapai kualitas udara dalam ruang yang baik. Aspek-aspek tersebut saling terkait satu dengan lainnya, sehingga kelimanya merupakan kesatuan yang holistik antara interior dan arsitektur.

Tabel 2.4. Lima Aspek Utama yang Mempengaruhi Kualitas Udara Dalam Ruang Pada Desain Sebuah Bangunan

<i>Site planning and design</i>	<i>Ambient air quality, Local source control, Site design.</i>
<i>Ventilation and climate control</i>	<i>Dilution by outdoor air Outdoor air intake location Exhaust locations Air cleaning and filtration Space air distribution Building pressure control Microbial control</i>
<i>Material selection and spesification</i>	<i>Low-emitting materials Preventive installation procedures In-place curing</i>
<i>Construction process and initial occupancy</i>	<i>Design documentation and commisioing Special ventilation during finish work, finishing and initial occupancy period</i>

Sumber: Maroni, M., B. Seifert, and T. Lindvall, (1995, p.576)

Aspek yang pertama, *site planning and design*, yaitu perencanaan dan desain tapak yang meliputi kualitas udara ambien serta sumber daya lokal. Yang kedua, *overall architectural design*. Yaitu desain arsitektur secara keseluruhan, meliputi kegiatan penghasil polutan, material bangunan, bukaan hingga akses kendaraan. Sedangkan yang ketiga adalah *ventilation and climate control* atau pengendalian ventilasi dan iklim. Aspek ini berhubungan dengan masuknya udara luar ke dalam bangunan, seperti penyaringan (termasuk sirkulasi udara), pendistribusian, pengendalian mikrobial serta lokasi *input* udara.

Keempat adalah aspek *material selection and spesification* atau pemilihan material beserta spesifikasinya, meliputi pemilihan material yang ramah lingkungan, pengaplikasian *finishing* di lokasi serta prosedur instalasi preventif. Aspek terakhir yaitu *construction process and initial occupancy* atau proses konstruksi dan okupansi perdana. Aspek ini meliputi tentang gedung yang baru selesai dibangun dan akan dihuni, seperti pembayaran dan dokumentasi desain, ventilasi khusus selama masa *finishing* hingga pada saat masa okupansi perdana.

Kelima aspek tersebut menunjukkan adanya keterlibatan antara semua pihak yang terkait, dalam hal ini arsitek, desainer interior, *engineer*, serta pemilik gedung, sejak direncanakannya sebuah gedung dengan kualitas udara yang baik. Selain berperan dalam menentukan kebutuhan ruang, desainer sangat berperan penting dalam penentuan material yang hendak diaplikasikan. Hal ini dilakukan dengan cara berdiskusi dengan pihak produsen dan *supplier* untuk memilih material yang paling ramah lingkungan dan sehat. *Building management*, okupan dan pemilik gedung juga ikut terlibat dalam pemeliharaan perawatan bangunan.

2.2. Tinjauan Umum Desain Interior dan Material (Kantor, Laboratorium Klinik dan Ruang Tunggu)

2.2.1. Tinjauan Umum Interior Ruang Kantor

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (2003), kantor mempunyai definisi: balai (gedung, rumah, ruang) tempat mengurus suatu pekerjaan (perusahaan dsb.); tempat bekerja.

Sejak tahun 1900, khususnya di Amerika Serikat, kantor banyak mengalami perubahan sejak ditemukannya konstruksi dinding penahan yang berbahan beton dan konstruksi rangka pada suatu bangunan. Sekitar tahun 1900 hingga 1950, seiring dengan berkembangnya perekonomian yang makin pesat, saat itu ditemukan teknologi yang menggunakan beton bertulang. Hal ini menyebabkan banyak dibangunnya gedung bertingkat, khususnya gedung perkantoran. Ruang yang luas, penggunaan plafon dengan sistem moduler serta diaplikasikannya teknologi merupakan ciri khas gedung yang sedang *booming* di era pasca Perang Dunia kedua.

Pada periode 1950 hingga 1970, arsitektur kantor mengalami perubahan menjadi *open-plan* yang menyebabkan beberapa grup individu yang menjadi satu zona berdasarkan fungsi atau identitas organisasinya. Sedangkan pada tahun 1970 hingga 1990 sistem kantor didominasi oleh kemajuan teknologi informasi. Hal ini menyebabkan perubahan sistem perkantoran, baik tata ruang maupun kebutuhan perabotnya. Desain perabot kantor harus memenuhi beberapa kriteria, antara lain fleksibel, tahan lama, dapat di *adjust*, ergonomis, estetis, memiliki ruang penyimpanan serta kompatibel untuk IT (*information technology*).

Sistem kantor modern mulai tercipta sekitar tahun 1980 hingga 1990an, dimana kantor modern dibagi menjadi 3 kategori, yaitu:

a. *Closed-plan offices*

Ciri dari kategori ini adalah memiliki dinding dan/atau partisi berpintu setinggi plafon. Ruang-ruang kerja umumnya berada pada deretan jendela bangunan. Adapun kelebihanannya antara lain lingkungan kerja yang terkontrol, aman, privasi visual dan terpisah.

b. *Open-plan offices*

Ciri *open-plan office* adalah dimana *workstation* berada di satu ruang besar tanpa penyekat setinggi plafon atau pintu. Kelebihanannya antara lain menghemat sistem utilitas dan ruang, lebih fleksibel, memudahkan dalam berkomunikasi, serta mempunyai *life-cycle cost* yang lebih rendah. Sedangkan kekurangannya adalah tidak ada privasi visual, mempunyai *initial cost* yang tinggi, kurangnya *view* ke luar ruang gedung, serta kurangnya kontrol lingkungan.

c. *Modified-plan offices*

Modified-plan offices merupakan gabungan antara *closed-plan offices* dan *open-plan offices*, yaitu meletakkan sebagian *workstation* di ruang tertutup dan sebagian di ruang terbuka.

2.2.2. Tinjauan Umum Interior Laboratorium Klinik

Laboratorium mempunyai definisi yaitu tempat atau kamar dan sebagainya tertentu yang dilengkapi dengan peralatan untuk mengadakan percobaan (penyelidikan dan sebagainya) (Kamus Besar Bahasa Indonesia). Sedangkan

klirik mempunyai definisi yaitu organisasi kesehatan yang bergerak dalam penyediaan pelayanan kesehatan kuratif (diagnosis dan pengobatan), biasanya terhadap satu macam gangguan kesehatan (Kamus Besar Bahasa Indonesia). Sehingga laboratorium klinik mempunyai arti tempat untuk mengadakan percobaan (penyelidikan) terhadap kesehatan dan menyediakan pelayanan kesehatan kuratif (diagnosis dan pengobatan).

Tes laboratorl merupakan langkah awal dalam penentuan penyakit. Serangkaian tes tersebut dilaksanakan dalam sebuah laboratorium yang berada pada rumah sakit atau di laboratorium yang berdiri sendiri. Di beberapa negara, termasuk Indonesia, terdapat 2 tipe laboratorium klinik. Pertama, laboratorium yang menjadi satu dengan rumah sakit, dimana laboratorium tersebut melayani pemeriksaan bagi pasiennya saja. Sedangkan yang kedua adalah laboraatorium yang menerima layanan pemeriksaan bagi siapa saja, baik instansi maupun pribadi, yang dikenal dengan istilah laboratorium rujukan.

Laboratorium medis umumnya terbagi menjadi 4 bagian besar, yang kemudian dibagi lagi menjadi beberapa unit yang lebih kecil. Keempat bagian tersebut adalah:

- a. Patologi anatomi, meliputi histopatologi, sitopatologi dan mikroskopi elektron.
- b. Mikrobiologi klinis, merupakan bagian terbesar dalam bidang laboratorium medis. Terdiri dari 5 keilmuan yang berbeda, yaitu bakteriologi, virologi, parasitologi, imunologi dan mikologi.
- c. Biokimia klinis, meliputi analisa instrumen, enzimologi, toksikologi, dan endokrinologi.
- d. Hematologi, terbagi menjadi 2 unit, yaitu koagulasi dan bank darah.

("Clinical Laboratory", para.1)

Beberapa hal penting yang harus diperhatikan dalam laboratorium dan yang terkait dengan kualitas udaranya antara lain:

- a. Jenis perabot dan material

Umumnya perabot dalam sebuah laboratorium klinik adalah meja dan kursi kerja, meja untuk meletakkan alat, *sink*, *storage* (terbuka dan tertutup) dan lemari pendingin (*chiller*). Sedangkan alat yang digunakan bergantung dari jenis laboratoriumnya, umumnya *analyzer* dan mikroskop.

Material perabot yang berada dalam laboratorium harus tahan air dan mudah dibersihkan. *Top table* meja kerja yang terbuat dari kayu tidak disarankan karena kayu mempunyai kekurangan, yaitu adanya retakan akibat termakan waktu. Granit juga kurang cocok karena granit merupakan batu alam yang berpori. Pemilihan material yang cukup memadai adalah keramik. HPL bisa menjadi alternatif pilihan, asal perekatnya mengandung emisi yang rendah. *Upholstery* untuk kursi dipilih yang tahan air dan mudah dibersihkan, seperti plastik atau kulit sintetis.

Untuk penutup lantai, sebaiknya menggunakan keramik, *vinyl composite tile*, *sheet vinyl* atau kombinasi keempatnya. Karpet tidak direkomendasikan karena karpet mudah menyerap kotoran dan tidak tahan kelembaban. Pada prinsipnya, lantai untuk laboratorium harus mudah dibersihkan, tahan lama, tidak permeabel terhadap cairan, tahan terhadap bahan kimia dan desinfektan yang digunakan dan tidak licin.

b. *Wallcover* pada dinding

Selain cat, penutup dinding yang disarankan adalah dengan menggunakan *wallcover* yang berbahan dasar vinil. *Wallcover* maupun cat dipilih yang tidak bertekstur, karena bila bertekstur akan sulit dibersihkan. Selain itu, pelapis dinding harus tidak permeabel terhadap cairan, tahan terhadap bahan kimia dan desinfektan yang digunakan. Perekat untuk *wallcover* dipilih yang beremisi rendah.

c. Pembuangan dan sterilisasi

Berdasarkan WHO dalam *Laboratory Biosafety Manual* (18), perlu adanya sistem identifikasi dan pemisahan untuk material yang infeksius beserta wadahnya. Kategori tersebut meliputi:

1. Limbah non-infeksius/tidak terkontaminasi yang dapat dipakai ulang, di daur ulang atau dibuang bersama limbah domestik.
2. Limbah infeksius/terkontaminasi yang berupa benda tajam, (jarum suntik, skalpel, pisau, pecahan tabung kaca), harus selalu dikumpulkan dalam

“*sharp container*” (seperti pada Gambar 2.7.), yang anti tusukkan (*puncture-proof*), tertutup dan diperlakukan sebagai infeksius.



Gambar 2.7. *Sharp collector*

3. Material yang terkontaminasi harus di dekontaminasi dengan cara sterilisasi setelah dicuci.
4. Material yang terkontaminasi harus disterilisasi, lalu dibuang.
5. Material yang terkontaminasi langsung dibakar dengan insinerator.

Dewasa ini dengan adanya alat sekali pakai (*disposable*) dan reagen siap pakai, penggunaan tabung-tabung yang terbuat dari kaca sudah jarang, sehingga sistem sterilisasi juga jarang digunakan. Sterilisasi peralatan umumnya digunakan pada laboratorium mikrobiologi dengan menggunakan sistem *autoclave*, yaitu sistem sterilisasi dengan cara penguapan bertekanan tinggi.

d. Sistem penghawaan

Dalam sebuah laboratorium, sistem penghawaan alami maupun buatan merupakan hal yang vital, karena dalam sebuah ruang proses laboratorium klinik terdapat berbagai polutan yang terdapat di udara seperti kuman, gas, aerosol dan polutan lainnya. Selain alat pengkondisi udara, sebaiknya juga dipasang *exhaust* untuk mempercepat pertukaran udara.

2.2.3. Tinjauan Umum Interior Ruang Tunggu di Sarana Kesehatan

Penelitian ini menggunakan ruang tunggu yang berada dalam laboratorium klinik sebagai objeknya, sehingga ruang tunggu yang akan dibahas adalah ruang tunggu yang hanya ada berada dalam sarana kesehatan tersebut.

Ruang tunggu mempunyai definisi ruang tempat menunggu (Kamus Besar Bahasa Indonesia). Sebelum mendapatkan giliran pelayanan kesehatan, pengunjung laboratorium biasanya menunggu terlebih dahulu. Lama waktu tunggu bergantung dengan tingkat keramaian laboratorium. Selama menunggu, pengunjung biasanya menghabiskan waktu menunggu dengan membaca, menonton televisi, atau berinteraksi dengan sesama atau bermain dengan anak-anak, atau hanya menyendiri saja.

Menurut Carpman (107), ruang tunggu merupakan ruang yang paling lama dan paling banyak dikunjungi pengunjung. Oleh karena itu, ruang tunggu harus dibuat dengan desain yang menarik dan nyaman sehingga pengunjung merasa nyaman baik secara fisik maupun mental. Fasilitas pelengkap disediakan bagi pengunjung, seperti televisi, bahan bacaan (koran, majalah, brosur), fasilitas air minum, dan lain sebagainya.

Perabot yang umum terdapat pada ruang tunggu antara lain kursi atau sofa, meja, fasilitas untuk minum, rak untuk koran, majalah, atau brosur, televisi, *display* untuk *merchandise*, dan lain sebagainya. Sedangkan elemen estetika yang diaplikasikan umumnya adalah tirai, gambar-gambar alam, rangkaian bunga atau tumbuhan. Material yang digunakan dalam ruang tunggu sebaiknya menggunakan material yang tahan lama dan mudah dibersihkan, seperti vinil, plastik, kulit sintetis, kaca, dan lainnya. Hal ini berkaitan dengan keadaan ruang tunggu yang banyak dikunjungi oleh pengunjung dengan berbagai kondisi kesehatan. Pengaplikasian material yang kurang tepat dapat memperburuk kualitas udara dalam ruang karena adanya *sink effect* oleh polutan yang ada dalam ruang tersebut. Misalnya karpet, karpet memberikan kesan *welcome* dan hangat, tetapi karpet juga menyimpan polutan yang tidak sedikit, seperti debu, bakteri, jamur akibat keadaan lembab, serta kotoran lainnya.

Perabot dan bahan bangunan dapat menjadi sumber kontaminan pada udara dalam ruang. Desainer dapat mereduksi kadar polutan dalam ruang dengan

cara pemilihan material yang tepat, sehingga diharapkan dapat meminimalkan potensi untuk terjadinya kontaminasi dari proses berikut:

- a. Emisi dari zat kimia yang digunakan atau yang terkandung dalam produksi bahan bangunan dan perabot.
- b. Lepasnya partikel ke udara dari permukaan material atau *off-gas*.
- c. Timbulnya kontaminan biologis pada permukaan material, khususnya pada permukaan yang lembab.
- d. Terjadinya fenomena *sink effect*, yaitu dimana molekul zat kimia dapat terserap (menempel secara fisik) pada permukaan material, yang nantinya, akan ada kemungkinan untuk terlepas kembali ke udara. Material yang berpotensi mengakibatkan *sink effect* adalah *upholstery* dan penutup dinding yang berbahan kain, karpet, serta material yang berbulu dan lembut. Sebaiknya material tersebut digunakan untuk keperluan estetik atau untuk akustik. Bila menggunakan material berbahan dasar kain, perlu adanya pada ventilasi yang adekuat agar dapat meminimalkan terakumulasinya polutan dalam ruang.
- e. Perawatan dan *finishing* ulang membutuhkan zat kimia, dimana zat kimia tersebut dapat menjadi polutan dalam ruang.

Dalam sebuah ruang terdapat 4 pokok elemen interior, yaitu plafon, dinding, lantai serta perabot. Masing-masing elemen tersebut mempunyai material serta *finishing* yang berbeda-beda, tergantung fungsi dan sifat ruangnya.

2.2.4. Tinjauan Umum Material (Kantor, Laboratorium Klinik dan Ruang Tunggu)

2.2.4.1. Material Pembentuk Plafon dan Dinding

Material pembentuk plafon dan dinding yang umum digunakan di kantor dan laboratorium klinik adalah papan gipsum dan kaca.

a. Papan gipsum

Papan gipsum merupakan bahan pelapis interior untuk dinding pembatas (partisi) dan plafon gipsum, serta dapat diaplikasikan sebagai pelapis pada dinding bata dengan rangka aluminiun maupun rangka kayu.

Di pasaran, terdapat berbagai jenis papan gipsum yang sesuai dengan kebutuhan. Untuk plafon ruang kerja kantor, umumnya menggunakan papan

gypsum akustik (berperforasi kecil). Sedangkan untuk partisi atau panel dinding, menggunakan papan gypsum biasa dengan ketebalan 12 mm. Area kerja di gedung perkantoran tidak memerlukan papan gypsum dengan spesifikasi khusus seperti jenis *moisture resistant* untuk area yang cenderung basah dan lembab atau jenis *fire resistant* untuk area yang diharuskan tahan api, seperti jalur pintu darurat dan ruang arsip.



Gambar 2.8. Pengaplikasian papan gypsum pada dinding dan plafon

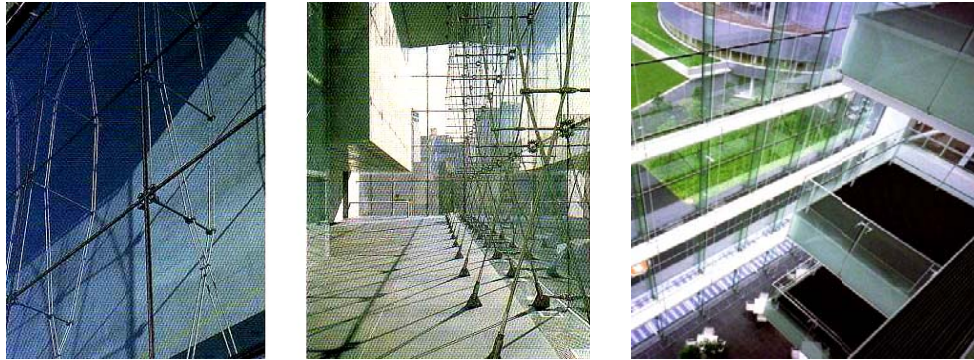
Sumber: Jayaboard (2009, 1)

Untuk laboratorium klinik, diperlukan papan gypsum dengan spesifikasi khusus, yaitu papan gypsum yang dilapis dengan vinil. Karena laboratorium klinik membutuhkan kondisi ruang yang bersih dan sehat. Papan gypsum yang dilapis vinil memang khusus diaplikasikan pada rumah sakit, laboratorium, ruang saji, dapur, dan ruang-ruang yang selalu membutuhkan kesan bersih dan sehat.

Secara global, papan gypsum terdiri dari kalsium sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) yang dihidrasi secara alami. Bahan baku papan gypsum adalah: batu gypsum, serbuk gypsum, agregat, mineral/serat organik, dan kapur (kalsium karbonat dan magnesium karbonat). Papan gypsum mudah di-*finish* dengan berbagai *finishing*. Untuk area ruang kerja kantor, umumnya papan gypsum di-*finish* dengan cat, dilapis *wallcover* atau bahan pelapis lainnya. Untuk perawatannya, papan gypsum relatif mudah, yang terpenting jangan ada kontak oleh air. Karena jika ada kontak dengan air, maka kemungkinan akan timbul jamur, flek dan merusak struktur papan gypsum itu sendiri.

b. Kaca

Kaca dapat diaplikasikan secara luas di lingkup interior dan mempunyai variasi *finishing* yang banyak, seperti *sandblasting*, *etched glass*, atau dilaminasi. Bahan baku kaca yang utama adalah silika, sedangkan bahan penunjangnya adalah soda, *lime*, campuran dari silikon dioksida (SiO_2), kalsium oksida (CaO) dan natrium oksida (NaO) yang didapat dengan cara memanaskan abu soda, *limestone*, dolomit serta feldspar. Kaca tidak mengandung bahan kimia yang beracun, tetapi zat pembersihnya yang mengandung bahan kimia.



Gambar 2.9. Pengaplikasian kaca pada interior

Sumber: Asahimas (2008, 13)

2.2.4.2. Material Penutup Lantai

a. Keramik

Keramik merupakan material pelapis yang paling umum digunakan. Selain karena tahan lama dan harganya terjangkau, keramik sangat mudah perawatannya. Dalam interior keramik diaplikasikan sebagai penutup lantai, tetapi tidak jarang keramik menjadi salah satu alternatif penutup dinding atau untuk *top table*. Seiring dengan kemajuan teknologi, motif dan ukuran keramik dapat dipesan sesuai dengan permintaan.

Bahan baku keramik adalah tanah liat, quartz, chamotte, batu kapur, pecahan kaca, dan bahan-bahan pengisi lainnya. Pada pengaplikasiannya, keramik direkatkan dengan campuran semen dan air. Meskipun dalam produksinya keramik membutuhkan energi yang besar, tetapi keramik

termasuk bahan yang cukup aman karena hampir tidak mengeluarkan emisi. Tetapi *grout* atau nat dapat menjadi berjamur bila tidak dibersihkan secara teratur. Penggunaan keramik berukuran besar dapat mengurangi jumlah perekat dan nat yang digunakan.

b. Granit

Batu granit termasuk batuan *igneous*, yaitu batuan yang terbentuk secara langsung oleh proses pembekuan magma dibawah permukaan bumi. Batu ini terbentuk karena bercampurnya mineral-mineral feldspar, kalium, kwarts, *glimmer* ke dalam bakal batuan yang masih cair. Granit mempunyai tingkatan warna dan motif yang bervariasi. Motif dan warna yang berbeda di tiap jenisnya membuat granit mempunyai kesan mewah tersendiri.

Dalam ruang lingkup interior, granit diaplikasikan sebagai bahan penutup dinding, lantai dan *top table*. Sifatnya yang porous membuat granit tidak bisa dibersihkan dengan cairan kimia yang korosif. Untuk menjaga agar tidak kusam, granit perlu dipoles sebelum diaplikasikan.

c. Karpet

Karpet merupakan salah satu sumber polutan dalam ruang. Bagian karpet yang mengandung VOC umumnya adalah bagian *padding* karpet dan perekatnya. Aroma yang dikeluarkan pada karpet yang baru dipasang berasal dari bahan kimia yang bernama *4-phenylcyclohexene* atau 4-PCH, yaitu produk olahan lateks yang digunakan sebagai perekat helaian bulu karpet dengan alasnya. Bau ini akan berlangsung selama seminggu sejak pemasangan.

Efek yang ditimbulkan dari kandungan kimia yang terdapat pada karpet antara lain sakit kepala, iritasi saluran pernafasan, ruam pada kulit, batuk, serta kelelahan. Untuk mengatasi gangguan akibat zat kimia yang diemisikan karpet, sebaiknya menggunakan karpet yang rendah VOC atau yang tersertifikasi dari *Carpet and Rug Institute (CRI) Indoor Air Quality Testing Program*, beri jeda waktu sebelum ruang yang terpasang karpet baru tersebut dihuni, serta hindari karpet yang berbahan dasar karet stirenbutadien. Jika memungkinkan, aplikasikan karpet dengan sistem paku untuk menghindari

penggunaan perekat. Bila pengaplikasian karpet harus menggunakan perekat, gunakan yang berbahan dasar air, beremisi rendah dan rendah kadar pelarutnya.

Karpet sebaiknya diaplikasikan di area yang bukan menjadi sirkulasi utama karena pada area tersebut kotoran dan debu lebih banyak. Untuk menghindari tumbuhnya jamur, jauhkan karpet dari area yang basah dan lembab. Perawatan karpet merupakan masalah baru dalam penggunaan karpet, karena bahan pembersih karpet mengandung debu dan bahan beracun yang cukup tinggi sehingga dapat menurunkan kualitas udara dalam ruang. Perawatan yang paling mudah adalah dengan penyedot debu. Perlu diperhatikan bahwa alat penyedot debu yang digunakan harus mempunyai kantong debu yang baik.

d. Vinil

Berdasarkan jenisnya, vinil dibagi menjadi 2, yaitu vinil yang berbentuk *tile (composite tile)* dan vinil yang berbentuk lembaran (*resilient flooring*). Di pasaran, vinil yang berbentuk *tile* dijual dalam bentuk seperti keramik. Sedangkan vinil yang berbentuk lembaran dijual dalam bentuk gulungan. Karena bentuknya yang fleksibel, vinil jenis ini mudah dibentuk sesuai dengan permintaan. Karena vinil merupakan bahan penutup lantai yang tidak berpori maka penggunaan vinil umum digunakan pada sarana kesehatan, khususnya ruang yang membutuhkan kondisi bebas kuman, seperti laboratorium, ruang perawatan, ruang operasi, dan sebagainya.

Bahan baku vinil adalah resin polivinil klorida (PVC) yang dicampur dengan *phthalate plasticiser* sebagai bahan pelentur, bahan pengisi dan pigmen sebagai pewarna. Vinil beresiko menjadi sumber polutan karena zat-zat kimia yang terkandung dalam vinil itu sendiri dan perekatnya. Vinil yang berbentuk lembaran mengandung *plasticiser*, zat inilah yang membuat vinil menjadi lentur tapi juga berpotensi mencemari udara. Sedangkan perekatnya juga mengandung VOC. Agar kualitas udara dalam ruang tetap terjaga, pastikan untuk menggunakan perekat yang beremisi rendah atau berbahan dasar air.

e. *Wood Flooring*

Terdapat tiga jenis parket, yaitu parket kayu solid, lantai kayu dengan lapisan vinir (*engineered wood flooring*), serta *laminat flooring*. Tetapi yang paling banyak dijumpai di pasaran adalah parket solid yang terbuat dari kayu solid dengan standar ketebalan tiap panelnya sekitar 18 mm serta lantai *laminat* yang merupakan lantai kayu, berbahan dasar papan partikel dan dilapisi oleh tekstur kayu buatan yang dilaminasi

- Parket kayu solid

Parket kayu solid terbuat dari kayu murni, baik kayu keras (*hardwood*) seperti bangkirai, jati, merbau dan eboni, maupun kayu lunak (*softwood*) seperti durian dan agatis. Kayu yang lunak sebaiknya digunakan untuk daerah yang tidak menerima banyak beban. Kayu solid sebagai penutup lantai berbentuk bilah-bilah panjang yang mempunyai panjang antara 200 mm–650 mm, lebar 45 mm-110 mm, dengan ketebalan antara 15 mm-21 mm. Selain berbentuk bilahan kayu, ada juga yang berbentuk panel berukuran 390 mm x 390 mm. Untuk memudahkan pemasangannya, parket solid yang sudah berbentuk strip dirangkai menjadi sebuah panel dan dipasang “lidah” di sekeliling tiap panel tersebut (Frick 58).



Gambar 2.10. Jenis parket kayu solid yang berbentuk bilah papan

Sumber: Woodfloor Doctor (2003, 2)

Motif yang terdapat pada parket alami tergantung pada spesies kayu yang digunakan. Begitu pula dengan warna-warnanya, ada yang berwarna terang seperti *ash* atau *maple*, dan berwarna gelap seperti merbau. Selain spesies, motif serat kayu juga dipengaruhi oleh sudut pemotongannya. Yang paling umum adalah *plainsawn*, kemudian *quartersawn*, lalu *riftsawn*

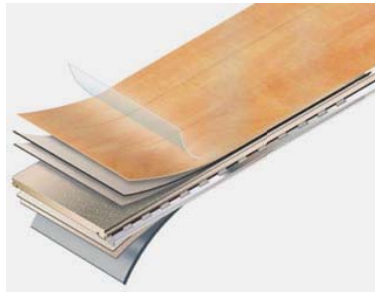
(McGowan, 2004). Untuk *finishing*, umumnya menggunakan poliuretan (PU) yang dilapis dengan anti ultraviolet (UV). PU adalah pelapis yang digunakan untuk melapisi kayu (umumnya diaplikasikan pada lantai kayu yang terbuat dari *hardwood*), sehingga kayu menjadi keras, tahan gores dan tahan lama. Selain itu kayu yang dilapis PU akan tahan terhadap air, kelembaban yang tinggi, perubahan temperatur yang ekstrim dan tahan terhadap jamur dibandingkan yang dilapis dengan cat. Sedangkan UV adalah zat kimia yang dicampurkan ke dalam PU untuk menghindari rusaknya kayu akibat ultraviolet.

Keunggulan parket kayu solid ini antara lain kesan mewah karena keaslian kayu, lebih tahan lama dibandingkan penutup kayu yang lain, bisa diberi *finishing* dengan cat, dan menghasilkan emisi dari zat kimia (formaldehid dan/atau VOC) yang rendah. Sedangkan kerugiannya antara lain dapat merusak hasil hutan, karena pepohonan yang selalu ditebang, tidak mudah untuk dibongkar pasang dan pemasangannya sulit serta karena keterbatasan sumber dayanya, maka parket kayu solid ini mempunyai harga jual yang tinggi.

- Parket buatan

Parket buatan atau yang umum disebut dengan lantai *laminat* merupakan parket yang terbuat bukan dari kayu murni, melainkan kombinasi dari berbagai material buatan pabrik. Biasanya terbuat dari MDF (*Medium Density Fiberboard*), HDF (*High Density Fiberboard*) atau kayu lapis yang menjadi bagian inti dari panel tersebut. Yang membedakan MDF dengan HDF adalah tingkat densitasnya.

Secara umum, lantai *laminat* terdiri dari beberapa lapis. Lapisan teratas adalah lapisan melamin transparan yang bersifat anti gores. Lapisan kedua adalah motif kayu buatan yang dibuat dengan sistem *printing*. Melalui sistem ini, pola dan warna kayu dihasilkan. Lembaran inilah yang kemudian ditempel pada panel kayu olahan seperti MDF, HDF, dan kayu lapis. Lapisan berikutnya adalah lapisan-lapisan penunjang, seperti sistem pengunci yang terbuat dari aluminium atau kayu dan lapisan HPL (*high-pressure laminate*) untuk menjaga agar panel tidak basah karena kelembaban dari lantai.



Gambar 2.11. Lapisan-lapisan pada panel lantai *laminat*

Sumber: Alloc Laminate Flooring (2007, 4)

Motif yang terdapat pada parket buatan merupakan lapisan dekoratif yang terbuat dari *melamin impregnated decorative paper*. Motif dan warna dapat didesain sedemikian rupa untuk mengikuti selera pasar. Seperti motif beech, teak, maple, ceri, merbau, dan sebagainya.

Laminate flooring mempunyai beberapa kelebihan, antara lain mudah pengaliksiannya, langsung dapat dipasang diatas lantai yang lama dan mudah dibongkar kembali, mudah dibersihkan dan perawatannya, meredam suara (sebelum parket dipasang, sub-lantai dilapis dengan lapisan semacam busa untuk meredam suara), anti api dan tidak meninggalkan bekas api rokok, tahan terhadap UV, tidak mudah memudar, anti gores, anti rayap, tahan air dalam batas tertentu, menjaga kelestarian hutan, (karena tidak seluruh komponen parket buatan terbuat dari kayu asli), dan harganya lebih murah daripada parket kayu solid. Sedangkan kerugiannya antara lain mengeluarkan emisi dari zat kimia (formaldehid dan/atau VOC lainnya) yang terkandung dalam perekat MDF atau HDF yang digunakan serta tidak bisa diaplikasikan di ruang yang cenderung basah, seperti kamar mandi dan dapur kotor.

2.2.4.3. Material Pembentuk Perabot

a. Kayu olahan

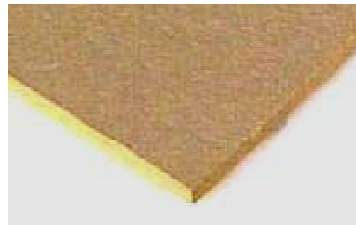
Dalam dunia interior, kayu merupakan material yang tak tergantikan, baik untuk struktur maupun sebagai elemen estetika yang diaplikasikan pada perabot. Kayu asli mempunyai beberapa kelebihan antara lain lebih kuat dan

tahan lama. Sedangkan kekurangannya antara lain harganya mahal dan beresiko mengakibatkan terjadinya deforestasi karena keterbatasan sumber daya alam.

Untuk mengatasi hal tersebut, maka diciptakanlah produk kayu olahan. Kayu olahan yang lazim dipakai adalah *particle board* dan *Medium Density Fibreboard* (MDF). *Particle board* adalah papan tiruan yang terbuat dari serpihan kayu atau bahan selulosa lainnya yang diikat dengan perekat organik melalui proses penekanan dibawah suhu yang tinggi. Umumnya, serpihan kayu yang digunakan untuk membuat *particle board* adalah jenis kayu kualitas rendah dan sisa-sisa kayu dari pabrik pengolah kayu. Sedangkan MDF adalah papan tiruan jenis *hardboard* yang terbuat dari serpihan kayu, namun lebih halus daripada yang digunakan untuk membuat *particle board*, kemudian direkatkan dengan tekanan dan suhu yang tinggi. Kedua panel tersebut umumnya digunakan sebagai bahan pembuat perabot kelas *low-end*.



(a) *Particle board*



(b) *Medium Density Fibreboard* (MDF)

Gambar 2.12. Kayu olahan yang umum digunakan dalam pembuatan perabot

Sumber: Wikipedia (2009, 1)

Baik *particle board* maupun MDF dapat menjadi berbahaya bila prosedur keselamatan diabaikan. Kedua panel tersebut mengandung bahan kimia yang bernama urea formaldehid. Dimana urea formaldehid akan terlepas ke udara secara perlahan-lahan, terlebih jika panel kayu olahan tersebut tidak dilapisi dengan baik. Efek bagi kesehatan adalah dapat menyebabkan iritasi pada mata dan paru-paru.

Pengecatan dan pelapisan dengan *woodstain* dan vernis adalah salah satu cara untuk menghambat emisi zat kimia tersebut. Kadar VOC pada *woodstain* maksimal 200 g/l, untuk *finishing* transparan maksimal 250 g/l (Mendler dan Odell 166). Pelapisan dengan *wax* dan minyak khusus untuk kayu dapat juga digunakan sebagai *finishing*, tetapi kurang efektif jika untuk menghambat emisi urea formaldehid. Yang cukup efektif adalah pelapisan dengan *High Pressure Laminate* (HPL) yang diaplikasikan dengan adhesif yang rendah emisinya atau berbahan dasar air.

b. Aluminium

Adalah logam putih yang kuat, mudah ditempa dan bubuknya berwarna abu-abu. Aluminium memiliki lapisan yang selalu ditutup oleh lapisan tipis oksida. Jenis aluminium yang digunakan dalam interior adalah jenis aluminium dengan campuran magnesium (Mg) dan silisium (Si), dengan nama dagang Anticorodal (Ac).

Bahan baku pembentuk aluminium adalah bauksit (66%), yang banyak ditemukan di daerah tropis. Aluminium tahan terhadap perubahan cuaca dan anti rayap. Oleh karena itu aluminium banyak dipakai sebagai pengganti kayu, misalnya kusen dan daun pintu. Saat ini aluminium tersedia dalam berbagai warna.

c. Plastik

Plastik merupakan bahan yang tidak terpisahkan dari kehidupan sehari-hari. Hampir semua produk berbahan baku plastik beserta turunannya, seperti pembungkus makanan, *upholstery*, piranti elektronik, baju, mainan, dan lain sebagainya. Orang awam mengatakan bahwa plastik adalah zat padat, padahal plastik adalah zat cair yang viskositasnya tinggi (*viscoelastic fluid*) dan mempunyai kemampuan untuk menguap.

Plastik terbuat dari sumber daya yang tidak dapat diperbaharui, yaitu minyak bumi. Bahan baku plastik adalah PBDE (*Polybrominated Diphenyl Ether*). Zat kimia ini banyak digunakan sebagai piranti elektronik karena sifatnya yang tidak mudah terbakar. Uap beracun yang dihasilkan plastik bukan

dari plastik itu sendiri, tetapi dari polimer atau zat aditif yang digunakan sebagai pewarna atau *plasticiser* (zat pelentur plastik). Plastik yang lentur lebih stabil daripada yang kaku. Tetapi *plasticiser*, yang juga dikenal dengan ftalat atau *di-2-ethylhexyl phtalate* (DOP), adalah karsinogenik.

Hingga saat ini, masih banyak plastik yang diproduksi menggunakan klorofluorokarbon (CFC) atau metilen klorida yang keduanya merupakan zat beracun dan merusak ozon. Sebagai pengganti CFC, digunakan hidroklorofluorokarbon (HCFC) yang lebih baik daripada CFC.

2.2.4.4. Material *Finishing*

a. Cat

Cat merupakan bahan *finishing* yang paling banyak digunakan. Selain warnanya yang bervariasi dan pengaplikasiannya mudah, cat juga lebih terjangkau daripada bahan *finishing* lainnya. Berdasarkan zat pelarut dan bahan dasarnya, cat dibedakan jenisnya menjadi 2, yaitu cat yang berbahan dasar air dan berbahan dasar minyak. Cat yang berbahan dasar air adalah:

- *Synthetic vinyl* atau *vinyl emulsion paint*

Merupakan cat yang berbahan dasar air yang umum diaplikasikan di dalam ruang. Umumnya cat jenis ini mengandung lateks (berbahan dasar dari karet alami) dan polivinil asetat (PVA), serta mengandung sedikit PVC.

- *Acrylic emulsion paint*

Cat jenis ini hampir mempunyai kemiripan dengan cat vinil, tetapi komposisinya ditambah akrilonitril, yaitu cairan bening yang digunakan sebagai bahan pembentuk resin akrilik. Zat ini menyebabkan gangguan pernafasan, sakit kepala dan mual, serta diduga sebagai zat yang karsinogenik. Cat akrilik merupakan cat yang berbahan dasar air, tetapi masih mengandung zat aditif lain dan solven sebesar 2-7%, lebih rendah dibandingkan cat yang berbahan dasar solven (*alkyd based paint*).

Cat yang berbahan dasar air harus mempunyai kandungan VOC <10g/l untuk interior dan <50g/l untuk eksterior. Cat yang berbahan dasar minyak atau solven (*alkyd based paint*) lebih tahan lama dan mudah dibersihkan dibandingkan dengan cat vinil atau akrilik, tetapi bahan pelarutnya harus diwaspadai karena

beresiko mengandung VOC (maksimal 250 g/l) dan aromatik hidrokarbon (kurang dari 1% per berat) (Mendler dan Odell 165). Zat-zat kimia tersebut menguap waktu cat mengering, bereaksi dengan cahaya matahari dan polutan di udara, serta menghasilkan ozon. Gunakan *alkyd based paint* seperlunya, seperti pengaplikasian pada eksterior bangunan.

Cat yang berbahan dasar air lebih "ramah" daripada yang berbahan dasar minyak, tetapi cat jenis ini mengandung fungisida untuk menghindari tumbuhnya jamur. Menurut Wolley dan Kimmins (21), kandungan utama dari cat adalah:

- *Binder*, adalah zat padat yang berguna untuk menghasilkan lapisan kering pada cat.
- Solven, berbahan dasar air atau zat kimia organik (golongan hidrokarbon, keton, atau ester). Solven yang berbahan dasar air harus ditambah dengan *emulsifier* agar *binder* terlarut dalam air. Serta pastikan tidak mengandung formaldehid dan merkuri.
- *Base*, umumnya berbahan titanium dioksida, yang ditambahkan agar menambah opasitas.
- *Extender*, sebagai pembentuk utama cat. Umumnya berbahan silika atau kalsium karbonat.
- Pigmen, ada yang organik (berbahan dasar tumbuhan) atau yang anorganik (berbahan dasar logam berat: timah hitam, kadmium, kromium VI, antimoni beserta oksidanya). Jangan menggunakan yang mengandung logam berat.
- *Drier*, adalah zat perangsang untuk polymerisasi *binder*. Digunakan untuk mempercepat keringnya cat setelah diaplikasikan.

b. *Wallcover* atau pelapis dinding

Di pasaran terdapat 2 jenis *wallcover*, yaitu *wallpaper* dan *vinyl wallpaper*. *Wallpaper* umumnya terbuat dari kertas, tetapi ada pula yang dicampur serat tumbuhan, sutera, kapas, dan lain sebagainya. Untuk *vinyl wallpaper*, bahan dasar yang digunakan adalah polivinilklorida (PVC) dan *plasticiser*. Dimana PVC juga mengandung zat karsinogenik yang berbahaya bagi manusia. Komposisi *vinyl wallpaper* adalah PVC (50-80%), *plasticiser* (10-20%), bahan pengisi (10-15%), penstabil, yang merupakan logam berat (2-3%),

pigmen (1-3%), zat anti api dan bahan lainnya hingga 100% (Wooley dan Kimmins, 21).

Bahan perekat *wallcover* juga mengandung zat berbahaya, tetapi saat ini sudah ada jenis adhesif yang *low-toxic*. Jenis *wallcover* yang ringan cukup diaplikasikan dengan perekat yang berbahan dasar air.

c. Tekstil

Dalam lingkup interior, tekstil banyak digunakan sebagai *window treatment*, bahan pelapis (*upholstery*), baik dinding maupun perabot. Serat sintetis terbuat dari olahan minyak bumi yang diolah dengan bahan-bahan kimia yang dapat memicu terjadinya *multiple chemical sensitivities*. Sedangkan katun alami juga diproses dengan menggunakan zat kimia untuk pewarnaan, anti kusut, anti api, anti noda, pemutih dan lain sebagainya. Menurut Jones (143), proses pengolahan katun alami ini membutuhkan zat kimia yang banyak, melebihi material yang lain.

Di Amerika Serikat, terdapat produk tekstil yang diolah secara organik dan ramah lingkungan yaitu EnviroTex dan Climatex LifeguardFR. Tekstil ini tidak menggunakan bahan kimia yang dapat mempengaruhi kualitas udara dalam ruang.

d. Adhesif

Adhesif atau perekat tidak bisa dipisahkan dalam dunia interior, baik untuk perekat bahan bangunan maupun untuk elemen dekoratif. Terdapat berbagai jenis adhesif berdasarkan bahan bakunya, yaitu perekat mineral (*mineral adhesive*), resin sintetis (*synthetic resin*), perekat yang berbahan dasar nabati (*plant-based and cellulose adhesive*), dan perekat yang berbahan dasar hewani (*animal glue*). Tipe-tipe perekat, kandungan serta area penggunaannya dapat dilihat pada tabel berikut. Jenis perekat yang terpilih merupakan perekat yang umum digunakan dalam interior.

Tabel 2.5. Tipe Perekat yang Digunakan Dalam Interior

Tipe Perekat	Zat yang Terkandung Didalamnya	Area Penggunaan
Perekat mineral: <i>Cement-based</i>	Semen PC, debu dari bebatuan, air	Lantai keramik, beton
Resin sintesis: Urea	Urea, formalin air	<i>Chipboard</i> , alas pada karpet
Fenol	Fenol, formalin, solven organik	<i>Chipwood</i> , lantai <i>cork</i> , <i>mineral wool</i>
Polivinil asetat (PVAC)	Asetilen, asam asetat, polivinil alkohol, fungisida air, solven organik, krom,	Perabot, sambungan pada kayu, jendela, bahan pengisi
Poliuretan	Isosianat, polioli	Kayu, metal, plastik, kayu olahan
Epoksit	Epiklorhidin, fenol, alkohol	Beton, batu, kaca, metal, lantai keramik, plastik
Stiren butadiena (SBR)	Butadiena, stiren, solven organik	<i>Chipboard</i> , kayu, beton, karpet, <i>drywall</i>
Perekat nabati: Selulosa	Metil selulosa, air	<i>Wallpaper</i> , linoleum
Karet alami	Karet alami/ daur ulang, solven organik	Lantai keramik, linoleum
Resin alami	Lignin/ <i>shellac/copal</i> , solven organik atau air	Linoleum, kayu
Perekat hewani: Kasein	Protein susu, batu kapur, fungisida, air	<i>Plywood</i> , <i>laminated timber</i>
Hewani	Protein dari jaringan, kalsium klorida, air	Vinir, perabot

Sumber: Berge (2000, p.392-3)

2.2.4.5. Material untuk Perawatan dan Pemeliharaan

a. Zat pembersih

Proses pemeliharaan dan perawatan elemen interior tidak luput dari penggunaan cairan pembersih. Zat pembersih yang umum digunakan adalah pembersih untuk kaca, karpet, keramik, kayu, kamar mandi, dapur dan masih banyak lagi. Semua zat pembersih mengandung zat kimia yang berbahaya bagi manusia, dan sebagian besar diantara kita masih belum menyadari akan hal itu. Tabel 2.6. berikut akan menjelaskan kandungan zat kimia yang terdapat dalam zat pembersih yang umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

Tabel 2.6. Kandungan Zat Kimia yang Terdapat Dalam Zat Pembersih

Kandungan Zat Kimia	Jenis Pembersih
Golongan Glikol Eter	
Dietilen glikol monobutil eter (2-butoksi etanol)	- Pembersih yang ber"aroma" lemon - Pembersih kaca - Desinfektan - Wax cair
Dietilen glikol monoetil eter (2-(2-etoksietoksi) etanol)	- Pengharum ruangan
Etilen glikol monobutil eter (2-(2-butoksietoksi) etanol)	- Pembersih, pemoles lantai - Pembersih "kuat"
Golongan Hidrokarbon	
Benzena	- Wax untuk perabot - Deterjen cair
Xilen	- Deterjen cair - Pembersih rumah tangga, pemoles
Toluen	- Pembersih kamar mandi - Desinfektan aroma lemon - Pembersih rumah tangga, pemoles
Etilbenzena	- Pembersih rumah tangga, deterjen cair - Pemoles perabot
Stiren	- Pembersih lantai - Wax cair
n-Heksana	- Pembersih rumah tangga, pemoles
Golongan Karbonil	
Formaldehid	- Pembersih lantai kayu
Asetaldehid	- Deterjen, wax cair
Metil etil keton (2-Butanon)	- Wax cair untuk lantai, pembersih khusus

Tabel 2.6. Kandungan Zat Kimia yang Terdapat Dalam Zat Pembersih
(sambungan)

Golongan Organik Klorin	
Propilen diklorida (1,2-dikloropropan)	- Wax pasta - Wax cair untuk lantai
Tetrakloroetilen	- Pemberih rumah tangga, pemoles
1,1,1-Trikloroetan	- Pemberih rumah tangga, pemoles - Pemutih
Trikloroetilen	- Pemberih rumah tangga, pemoles
Triklorometan (kloroform)	- Pemberih rumah tangga, pemoles - Pemutih
Golongan Alkohol	
Linalool	- Pengharum ruangan - Pembersih lantai
Golongan Terpene	
Limonene	- Wax untuk lantai - Pengharum ruangan - Deterjen dan zat pembersih - Anti bakteri
α -Pinene	- Cairan pembersih, desinfektan - Pengharum ruangan, pemberi aroma lemon
β -Pinene	- Cairan pembersih, pengilap lantai - Pemberi aroma lemon - Desinfektan

Sumber: Nazaroff, W., et.al. (2006, p.23-4)

Menurut data yang dihimpun dari University of California (4), terdapat lebih dari 1 jenis bahan kimia dalam tiap zat pembersih. Zat-zat kimia tersebut dapat terserap pada material-material yang berada dalam ruang, seperti papangipsum, *wallcover*, karpet, lantai kayu dan vinil, *upholstery*, kayu lapis, gorden, dan lain sebagainya.

b. Pengharum Ruangan

Pengharum ruangan yang selama ini dipakai untuk mengharumkan ruangan terus menerus ternyata mengandung zat kimia yang disebut paradiklorobenzena, yang juga merupakan zat aktif yang terdapat pada kapur

barus. Zat kimia tersebut dapat menyebabkan kanker pada binatang, tetapi efek jangka panjang pada manusia belum pasti. Selain itu, pengharum ruangan juga mengandung alkohol (Doren 15).

c. Pestisida

Berdasarkan KepMenKes No.1405/MenKes/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri, lingkungan kerja harus bebas dari adanya serangga dan binatang penular penyakit seperti lalat, nyamuk dan tikus.

Untuk membasmi adanya vektor penyakit maka perlu adanya usaha untuk mengendalikannya. Antara lain dengan menggunakan bahan kimia atau pestisida. Jenis pestisida yang umum digunakan adalah insektisida (untuk mengontrol serangga), termisida (untuk mengontrol rayap), rodentisida (untuk mengendalikan tikus), fungisida (untuk membasmi jamur) serta desinfektan untuk membunuh kuman. Pestisida yang umum digunakan adalah yang berbentuk aerosol, cair, batang, bubuk, dan kristal.

Secara sederhana, jamur dapat dibasmi dengan campuran $\frac{1}{4}$ cangkir cairan pemutih pakaian yang dilarutkan dengan $1\frac{1}{4}$ galon air. Cairan pemutih pakaian mengandung klorin yang merupakan zat kimia golongan biosida. Untuk menghilangkan residu pada area yang disemprot cairan klorin, maka setelah pembasmian perlu dibersihkan dengan sabun dan air, karena residu yang tertinggal dapat menimbulkan toksin dan memicu alergi. Tetapi perlu diperhatikan bahwa klorin tidak menghambat pertumbuhan jamur dan dapat memicu jamur untuk tumbuh kembali. Biosida tidak direkomendasikan karena meskipun jamur telah dibasmi, masih dapat menjadi pemicu alergi. Selain klorin, *sanitizer* juga dapat membasmi bakteri maupun jamur. Kelebihan *sanitizer* daripada klorin adalah *sanitizer* menjadikan jamur tidak tumbuh kembali di tempat yang sama. Berikut ini adalah tabel tentang panduan cara penanganan kerusakan material karena air bersih dalam waktu 24 hingga 48 jam untuk menghindari tumbuhnya jamur.

Tabel 2.7. Panduan Cara Penanganan Material Basah

Material yang Rusak	Cara Penanganannya
Panel plafon	<ul style="list-style-type: none"> • Dibuang dan ganti baru.
Insulator (selulosa, <i>fiberglass</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Dibuang dan ganti baru.
Buku dan kertas	<ul style="list-style-type: none"> • Untuk <i>item</i> yang tidak penting, langsung dibuang. • Untuk <i>item</i> yang penting, kopi terlebih dahulu lalu dibuang. • Bekukan dalam <i>freezer</i>.
Karpet	<ul style="list-style-type: none"> • Hilangkan air dengan <i>water extraction vacuum</i> • Kurangi kelembaban udara dalam ruang • Percepat proses pengeringan dengan kipas angin.
Permukaan beton	<ul style="list-style-type: none"> • Hilangkan air dengan <i>water extraction vacuum</i> • Percepat proses pengeringan dengan kipas angin, <i>dehumidifier</i>, dan/atau <i>heater</i>.
Permukaan lantai yang berporus dan keras, (Linoleum, keramik, vinil)	<ul style="list-style-type: none"> • Sedot atau lap dengan sabun dan air, keringkan, sikat bila perlu. • Pastikan lapisan <i>underfloor</i> dalam keadaan kering, keringkan bila basah.
Permukaan lantai tidak berporus dan keras (plastik, metal)	<ul style="list-style-type: none"> • Sedot atau lap dengan sabun dan air, keringkan, sikat bila perlu.
<i>Upholstered furniture</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Hilangkan air dengan <i>water extraction vacuum</i> • Percepat proses pengeringan dengan kipas angin, <i>dehumidifier</i>, dan/atau <i>heater</i>.
	<ul style="list-style-type: none"> • Akan menjadi sulit kering dalam waktu 48 jam. Jika perabot yang basah bernilai tinggi, hubungi ahli restorasi perabot.
<i>Wallboard (drywall</i> dan papan gipsum)	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat dikeringkan bila tidak ada pembesaran pada material dan sambungannya utuh. Jika tidak, buang dan ganti baru. • Jika memungkinkan, angin-anginkan rongga dinding.
Permukaan kayu	<ul style="list-style-type: none"> • Segera hilangkan air dan gunakan <i>dehumidifier</i> dan kipas angin untuk mengeringkan (gunakan secara hati-hati pada lantai yang berbahan <i>hardwood</i>).

Tabel 2.7. Panduan Cara Penanganan Material Basah (sambungan)

	<ul style="list-style-type: none"> • Permukaan kayu yang di-<i>finish</i> dapat dibersihkan dengan deterjen lembut dan air bersih, lalu dikeringkan. • Panel kayu pada dinding yang basah dilepas dari dinding tersebut untuk pengeringan.
Penutup jendela	<ul style="list-style-type: none"> • Ikuti petunjuk pencucian yang tertera pada penutup jendela, atau hubungi manufakturnya.

Sumber: EPA (2001, p.11)

Cara dan penggunaan pestisida harus sesuai petunjuk penggunaan yang tertera pada produk karena pestisida mengandung banyak zat beracun, baik zat aktifnya maupun zat pembawanya (*inert*). Kedua zat tersebut dapat menjadi kontaminan udara karena kandungan VOC-nya. EPA menyatakan klordane, aldrin, dieldrin, dan heptaklor sudah dilarang penggunaannya di Amerika. Efek yang ditimbulkan akibat penggunaan yang tidak sesuai aturan antara lain sakit kepala, lemas, mual. Sedangkan efek jangka panjangnya terjadinya kerusakan pada hati dan sistem saraf pusat serta kanker (Doren 13-4).

Bila harus menggunakan pestisida, pilih *pest control company* yang tersertifikasi dan minta *Material Safety Data Sheet* (MSDS) untuk zat-zat kimia yang digunakan sebelum kita menandatangani kontrak. MSDS merupakan keterangan tentang zat kimia, termasuk pembahasan mengenai efek kesehatan, penanganan pertama dan peralatan pengaman bagi siapa saja yang bekerja dengan zat kimia tersebut.

2.2.4.6. Ekolabel

Material merupakan salah satu kontributor polutan dalam ruang. Berdasarkan hal tersebut, pemilihan material yang tepat akan sangat membantu dalam mengurangi dampak akibat buruknya kualitas udara dalam ruang. Untuk mendukung hal tersebut, maka perlu adanya sertifikasi untuk keselamatan dan kesehatan bagi pengguna dari lembaga terkait.

Pada tahun 1993, di Indonesia muncul sebuah lembaga non-profit yang memegang mandat publik untuk menyelenggarakan sertifikasi ekolabel hutan di Indonesia, yaitu Lembaga Ekolabel Indonesia (LEI). Lembaga ini disponsori oleh *World Wildlife Fund for Nature* (WWF) dan bekerja sama dengan *Forest Stewardship Council* (FSC) untuk mengusahakan manajemen hutan ramah lingkungan di seluruh dunia dan memberi keuntungan kepada masyarakat lokal. LEI bertanggung jawab terhadap penetapan kriteria dan standar nasional untuk ekolabel yang dimulai dari kehutanan.

a. Manfaat sertifikasi ekolabel

Manfaat dari sertifikasi produk adalah untuk memberi nilai bahwa suatu produk merupakan hasil dari kegiatan pengelolaan hutan yang memperhatikan norma-norma lingkungan hidup, norma ekonomi dan sosial, sehingga layak diberi sertifikat ekolabel. Selain itu, sertifikasi ekolabel bermanfaat sebagai suatu alat untuk mencapai hubungan yang saling melengkapi antara kepentingan lingkungan, kelestarian sumber daya hutan, dengan kepentingan ekonomi dan dagang.

Bagi konsumen, ekolabel sangat membantu sebagai pertimbangan akan pilihan atas selera produk-produk yang ramah lingkungan yang dikelola secara ramah lingkungan. Konsumen yang memilih produk berekolabel adalah konsumen yang peduli pada kesehatan diri dan sadar lingkungan.

Bagi pengusaha, mereka mempunyai alat untuk menunjukkan kemampuannya mengelola usahanya, legalitasnya, dan menunjukkan tanggung jawab moralnya terhadap lingkungan dan masyarakat. Pengusaha akhirnya juga menikmati akses yang meningkat ketika dapat menembus pasar yang *ecosensitive*, baik dalam maupun luar negeri. (LEI, para. 3).

Harga produk berlabel biasanya dijual lebih mahal dibandingkan dengan produk yang non-label, karena:

- Bahan baku yang dipakai untuk produksi adalah bahan yang ramah lingkungan dan bermutu tinggi.

- Proses produksi yang ramah lingkungan akan lebih mahal karena pengolahan limbah dan sampah membutuhkan teknologi khusus, sehingga akan menaikkan harga jual produk tersebut.
- Membutuhkan biaya ekstra untuk melabelkan suatu produk. Sehingga harga produk yang berlabel akan ditambah dengan biaya pelabelan produk tersebut.






b. Ekolabel untuk bahan bangunan

Sertifikasi ekolabel untuk bahan bangunan adalah untuk menyediakan alat bantu bagi konsumen yang memudahkan perbandingan di antara beberapa bahan bangunan serta memberikan informasi singkat dan tepat. Sehingga ekolabel memberikan informasi lengkap tentang pencemaran lingkungan dan bahaya terhadap kesehatan pengguna. Informasi yang disampaikan dapat melalui brosur atau petunjuk pemakaian yang berisi tentang seluruh riwayat hidup barang tersebut, pengaruh atas lingkungan alam, serta energi tidak terbarukan yang terkandung pada masing-masing tingkat pengolahan.

Bahan bangunan yang sudah tersertifikasi ekolabel dapat diuraikan menurut faktor ekologis dan kesehatan. Faktor ekologis yaitu dimana lingkungan mengalami pencemaran oleh produksi dan penggunaan bahan, sedangkan faktor kesehatan yaitu dimana kesehatan penghuni mengalami gangguan oleh penguapan zat-zat berbahaya (Widmer dan Frick 55).

Di negara maju, seperti Inggris, terdapat badan yang membuat regulasi tentang kandungan VOC dalam produk *finishing* yaitu *British Coatings Federation Ltd. (BCF)*. BCF adalah sebuah badan independen yang mewakili industri-industri penghasil pelapis dekoratif (seperti cat, vernis, produk pelapis kayu dan yang sejenisnya) di lingkup negara tersebut. BCF bertanggung jawab untuk memformulasikan kebijakan dan peraturan kerja bagi seluruh industri tersebut, serta untuk memperkenalkan dan mematuhi standar untuk pengaplikasian.

Tabel 2.8. Ekolabel untuk Cat Berdasarkan British Coatings Federation Ltd.

Tingkatan Emisi dan Simbolnya		Persentase Kadar VOC yang Diizinkan
<i>Minimal</i>		0-0,29 %
<i>Low</i>		0,3-7,99 %
<i>Medium</i>		8-24,99%
<i>High</i>		25-50%
<i>Very High</i>		Lebih dari 50%

Sumber: British Coatings Federation Ltd.

Regulasi yang ditetapkan oleh BCF harus disampaikan kepada konsumen lewat produk yang dijual berupa simbol (yang tertera pada Tabel 2.8.) dan keterangan singkat mengenai kadar VOC yang diizinkan serta zat yang terkandung di dalam produk *finishing* tersebut. Sehingga masyarakat awam pun tahu dan akan lebih bijak dalam memilih material.

2.3. Dampak *Indoor Air Quality* Terhadap Pengguna

Kualitas udara dalam ruang yang kurang baik dapat mengakibatkan berbagai masalah yang berhubungan dengan kesehatan, seperti *Sick Building*

Syndrome (SBS) dan *Building Related Illness* (BRI). Sedangkan *Multiple Chemical Sensitivities* (MCS) terjadi karena terpaparnya zat kimia yang berlebih di dalam tubuh.

2.3.1. Sick Building Syndrome

Sick Building Syndrome (SBS) mulai muncul pada tahun 1970-an, dimana di Amerika Serikat terjadi krisis energi yang menyebabkan harga energi melambung tinggi. Para *building manager* menyikapi hal tersebut dengan cara menginsulasi gedung, menutup rapat jendela maupun *inlet* udara lainnya. Akibatnya, para penghuni gedung tersebut terperangkap dalam ruangan dengan kualitas udara yang tidak sehat karena mengandung berbagai jenis polutan. Sejak saat itu munculah keluhan-keluhan yang berhubungan dengan kesehatan yang dikenal dengan SBS. SBS yang disebabkan oleh *microbial contamination* dapat menyebabkan demam tinggi, menggigil, alergi, penyalit saluran pernafasan seperti batuk, sesak nafas serta *Legionnaire's disease* (*Legionellosis*) dan *Pontiac fever* yang keduanya disebabkan oleh bakteri *Legionella pneumophila*. Secara umum, SBS mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:

- a. Adanya keluhan dari penghuni gedung yang berhubungan dengan ketidaknyamanan, seperti iritasi mata, hidung dan tenggorokan, batuk kering, mual, kulit kering dan gatal-gatal, pusing, mual, susah konsentrasi, kelelahan serta sensitif terhadap bau.
- b. Penyebab gejala yang belum pasti.
- c. Sebagian besar keadaan penyampai keluhan menjadi lebih baik setelah meninggalkan bangunan yang diduga penyebab SBS (EPA 1991, 1).

World Health Organization memperkirakan sebanyak 30% bangunan di seluruh dunia, baik yang baru dibangun ataupun yang hanya direnovasi, mempunyai kemungkinan besar sebagai penyebab SBS (Calutech Inc., 3).

Dalam penelitian yang dilakukan terhadap 4373 pekerja di 46 gedung, 80% mengalami gejala sakit yang diasosiasikan dengan lingkungan kerja mereka. 25% merasakan 1-2 gejala, tetapi 29% lainnya merasakan lebih dari 5 gejala. Keluhan gangguan kesehatan yang banyak dikeluhkan adalah kelelahan (57%), hidung tersumbat (47%), tenggorokan kering (46%), sakit kepala (43%), iritasi

mata, (28%), hidung berair (23%), gejala seperti flu (23%), kesulitan bernafas (9%) dan rasa sesak di dada, (9%) (London Hazards Centre para.40).

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa pekerjaan yang berhubungan dengan administrasi dan kesekretariatan mengalami gejala SBS sebesar 50% daripada mereka yang bekerja di bidang manajerial, serta 30% lebih besar daripada pekerja profesional. Hal ini terjadi karena para pekerja yang bekerja di bidang kesekretariatan mayoritas bekerja di area *open-plan office*, sehingga terjadi kurangnya kontrol terhadap kondisi lingkungan kerja daripada mereka yang bekerja di *cellular office*. Mereka yang menghabiskan waktu kerjanya di tempat, seperti administrasi dan kesekretariatan, lebih sering terekspos kondisi ruang kerja yang sama sepanjang hari. Tidak seperti bidang manajerial yang tingkat mobilitasnya lebih tinggi.

Penelitian tersebut juga melaporkan bahwa pekerja wanita lebih banyak merasakan terjadinya gejala-gejala yang berhubungan dengan SBS daripada pria. Hal ini terjadi karena wanita lebih mendominasi pekerjaan administrasi dan kesekretariatan. Selain itu, wanita lebih peka dalam hal perasaan daripada pria. Tanda lain yang berhubungan dengan perbedaan gender adalah bahwa wanita juga lebih rawan terkena SBS karena adanya hubungan *dose-response*, dimana wanita dapat jatuh sakit hanya dengan dosis polutan yang rendah (London Hazards Centre para.42).

2.3.2. *Building Related Illness*

Selain SBS, terdapat efek lain yang disebabkan oleh buruknya kualitas udara dalam ruang, yaitu *Building Related Illness* (BRI). Secara umum, BRI mempunyai kesamaan dengan SBS. Tetapi yang membuat berbeda adalah indikator-indikator yang menjadi ciri penderita BRI, yaitu:

- a. Penghuni gedung menyampaikan keluhan yang terkait dengan gejala seperti batuk, demam, menggigil, dan nyeri pada otot dan dada.
- b. Gejala-gejala tersebut dapat teruji secara klinis dan dapat teridentifikasi penyebabnya.
- c. Masa penyembuhan membutuhkan waktu yang agak lama setelah meninggalkan gedung yang menjadi penyebab BRI (EPA 1991, 1).

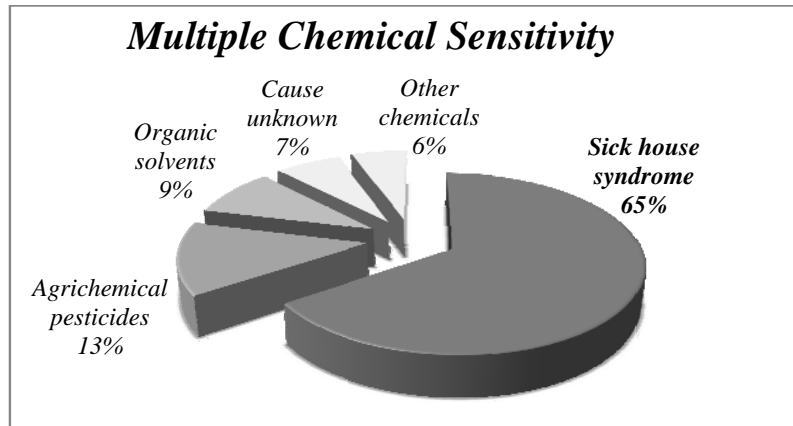
Gangguan kesehatan yang diakibatkan oleh BRI dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu:

- a. Kondisi medis dari kasus yang teridentifikasi, seperti pada *Legionnaires' disease* dan *Pontiac fever* (Legionellosis).
- b. Kondisi medis dari paparan substansi yang telah diketahui, seperti keracunan karbon monoksida, asma, *hypersensitivity pneumonitis*, *humidifier fever*, dan penyakit yang berhubungan dengan asbes.

2.3.3. Multiple Chemical Sensitivities

Beberapa tahun belakangan ini muncul fenomena SBS yang diakibatkan karena bahan-bahan kimia yang terdapat pada bahan bangunan (formaldehid dan VOC) yang berpengaruh terhadap kesehatan yang disebut *Multiple Chemical Sensitivities* (MCS). MCS dapat diartikan sebagai “*illness in which the individual shows extreme sensitivity to very low concentration of chemicals and other irritants that affect one or more of the body's organ systems.*” (penyakit yang mempengaruhi sistem organ tubuh, dimana penderitanya mengalami sensitivitas yang tinggi terhadap beberapa zat kimia dan iritan lain dalam tingkatan yang rendah) (Jones (380).

MCS berhubungan langsung dengan kualitas udara dalam ruang yang buruk serta telah menjadi isu di dunia arsitektur dan interior yang harus diperhatikan untuk masa mendatang. Dalam Gambar 2.13. tampak bahwa *sick house syndrome* (istilah lain SBS) menempati urutan pertama sebagai penyebab MCS, lalu yang kedua (13%) disebabkan karena pestisida yang dihasilkan dari sektor pertanian. Ketiga (9%), disebabkan karena solven organik, sedangkan yang keempat (7%) penyebab MCS yang tidak diketahui dengan pasti, dan yang terakhir, sebesar 6% karena paparan zat kimia lainnya.



Gambar 2.13. Diagram penyebab *Multiple Chemical Sensitivity*

Sumber: Kazuaki (2002, p.179).

2.3.4. Menurunnya Kualitas Kerja

Selain penyakit, buruknya IAQ juga berpengaruh terhadap kinerja para pekerja, seperti menurunnya produktivitas dan kepercayaan serta meningkatnya ketidakhadiran. Para pekerja sering mengeluh sakit kepala, mual, batuk, kulit yang kering (mengakibatkan gatal), kurangnya konsentrasi dalam bekerja, iritasi pada mata dan hidung, tenggorokan yang kering, dan kelelahan. Menurut EPA 1997 (6), terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kenyamanan dan produktivitas pekerja di kantor, antara lain:

- Bau, baik yang artifisial maupun alami
- Suhu udara yang nyaman, tidak lembab dan tidak kering
- Kurangnya pergerakan udara, ventilasi dan AC
- Kontaminasi dari polutan fisik, kimia serta biologis.

Dari penelitian yang dilakukan American Medical Association dan US Army pada tahun 1990 (Rosenburg dan Neir, 2-5), didapat bahwa IAQ sangat berpengaruh terhadap kesehatan dan produktivitas pekerja, dimana terjadi kerugian sebesar \$15 milyar/tahun yang dikarenakan menurunnya produktivitas. Bila kesehatan pekerja baik maka:

- Terjadi peningkatan pada *output* pekerja sebesar 10%, ketepatan dalam bekerja sebesar 20%, dan penjualan sebesar 40%.

- b. Terjadi penurunan pada ketidakhadiran sebesar 15-40% dan keluhan kesehatan sebesar 26%.

2.4. Ringkasan Teori dan Pola Pikir Penelitian

2.4.1. Ringkasan Teori

Indoor air quality adalah kualitas udara dalam ruang yang terbebas dari polutan, yang berdampak buruk pada penggunanya. IAQ dapat menjadi buruk karena beberapa hal, yaitu:

1. Adanya sumber polutan

Pertama, polutan fisik adalah polutan yang berupa cahaya, gas/uap, partikel, panas, radiasi elektromagnetik, logam berat (seperti Pb), radioaktif (radon). Sedangkan yang kedua polutan kimia yang berupa zat kimia (VOC, golongan hidrokarbon, dan lainnya), hasil pembakaran seperti CO₂, NH₃, CO, NO_x, dan sebagainya), gas buang, asap rokok, serat silika, maupun pestisida. Dan yang terakhir, polutan biologis berupa komponen berbahaya yang berasal dari manusia, tanaman, makanan dan semua serpihan zat organik, mikroba, seperti bakteri (*Salmonella*, *Legionella pneumophila*, serta bakteri gram negatif dan positif lainnya), jamur (umumnya *Stachybotrys chartarum* dan *Aspergillus sp.*), virus, kutu, serbuk sari tanaman, bulu binatang, dan lain sebagainya.

Pemeriksaan bangunan perlu dilakukan secara berkala untuk menghindari adanya kebocoran. Bila material sudah terkontaminasi, maka material tersebut harus segera dibersihkan atau dibuang. Kurang tepatnya pengaplikasian material pada bangunan juga dapat mempengaruhi kualitas udara dalam ruang.

2. Ventilasi yang kurang memadai

Baik menggunakan ventilasi alami maupun buatan, harus dipastikan bahwa sistem penghawaan tersebut berjalan dengan lancar agar ruang tidak lembab dan kebersihan udara tetap terjaga. Jumlah ventilasi harus sesuai dengan besarnya ruang, jumlah okupan, serta kegiatan yang dilakukan di ruang tersebut.

3. Kurangnya perawatan dan pemeliharaan sistem pengkondisian udara (AC)

Penggunaan AC untuk mendapatkan kenyamanan termal kadang dapat menjadi sumber penyakit. Hal ini terjadi bila AC yang digunakan tidak dilakukan perawatan dan pemeliharaan. Jamur dan bakteri merupakan polutan biologis yang paling umum terdapat di AC. AC membutuhkan perawatan rutin, karena semua komponen dari sistem AC berpengaruh terhadap kinerja dan kualitas udara yang dihasilkan

Berdasarkan deskripsi diatas, maka buruknya kualitas udara dalam ruang berdampak pula pada penghuni ruang, khususnya dalam hal kesehatan. Terdapat beberapa gangguan kesehatan akibat kualitas udara dalam ruang yang kurang baik, yaitu SBS, BRI, serta MCS.

Faktor yang mempengaruhi IAQ yaitu temperatur, aliran udara, kelembaban nisbi, konsentrasi dari zat berbahaya dan kandungan bakteri di udara. Untuk mempertahankan IAQ agar tetap baik dapat dilakukan pengontrolan sumber polutan, penyaringan udara, penggunaan ventilasi yang memadai, peletakkan ventilasi dan *inlet* udara bersih yang tepat, perawatan AC, serta mengganti material yang rusak akibat kelembaban.

Selain hal-hal tersebut, terdapat pula beberapa hal yang dapat menjaga kualitas udara dalam ruang, diantaranya dengan menggunakan tumbuhan sebagai penetralisir udara. Tumbuhan dapat menyerap polutan yang berada di udara pada waktu berfotosintesa. Kriteria tumbuhan yang layak digunakan di dalam ruang adalah yang mempunyai kemampuan kapasitas untuk mengeliminasi zat kimia, mudah tumbuh dan perawatannya, ketahanan akan hama dan kadar transpirasi yang dihasilkan.

Perencanaan dan kerjasama sejak awal antar pengguna, arsitek, desainer interior, pemilik gedung dan pihak terkait lainnya juga dapat mempengaruhi kualitas udara dalam ruang. Dimana seorang desainer interior yang menentukan material yang diaplikasikan pada perabot dan ruang yang dirancang. Pemilihan material yang tepat dapat mereduksi kadar polutan dalam ruang sehingga diharapkan dapat meminimalkan potensi untuk terjadinya kontaminasi udara dari emisi, *sink-effect* dan *off-gas* dari material yang diaplikasikan.

2.4.2. Pola Pikir Penelitian

Penelitian ini menggunakan pola pikir siklus yang saling berhubungan antar variabel-variabelnya (Gambar 2.14). Adapun variabel tersebut adalah:

1. Kualitas udara dalam ruang/*Indoor Air Quality* (IAQ)

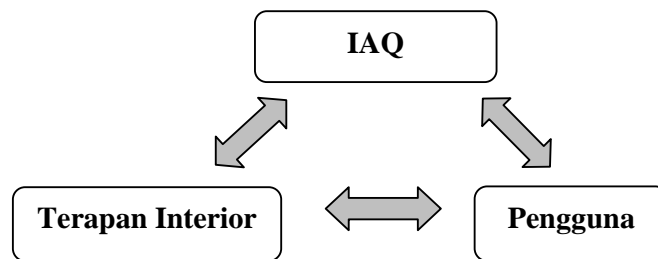
Merupakan variabel kondisi udara dalam ruang kajian berdasarkan hasil uji laboratorium yang dilakukan dengan parameter fisik, kimia dan mikrobiologi.

2. Terapan interior

Variabel ini meliputi material dan *finishing* untuk lantai, dinding, plafon, zat pembersih dan pemeliharaan bangunan, pola penataan ruang, sistem ventilasi pada ruang objek kajian.

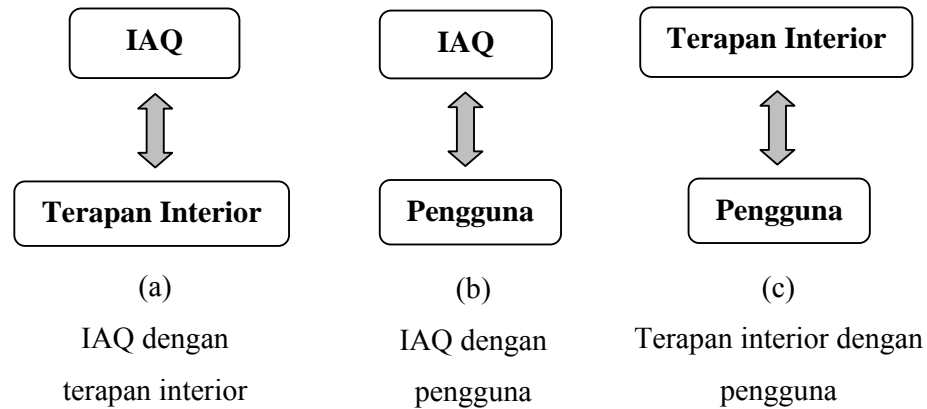
3. Pengguna

Meliputi pengaruh terhadap perilaku dan kesehatan pengguna ruang yang berpengaruh dan mempengaruhi terapan interior serta IAQ.



Gambar 2.14. Tahap analisis dengan menggunakan 3 variabel

Tahap analisis data dimulai dengan menganalisis keterkaitan di antara ketiga variabel, yaitu IAQ, terapan interior, dan pengguna. Dimana IAQ yang buruk dipengaruhi oleh terapan interior yang kurang tepat dan juga dari penggunanya, baik kesehatan maupun perilakunya. Sebaliknya, IAQ mempengaruhi kesehatan pengguna dan terapan interior. Juga tidak menutup kemungkinan analisis data dilakukan hanya dengan menggunakan 2 variabel saja seperti pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15. Tahap analisis dengan menggunakan 2 variabel

a. IAQ dengan terapan interior

IAQ yang buruk hanya dipengaruhi terapan interior yang kurang tepat tanpa implikasi variabel penggunanya.

b. IAQ dengan pengguna

IAQ yang buruk dapat hanya dipengaruhi oleh pengguna tanpa variabel terapan interior, sedangkan perilaku serta kesehatan pengguna juga dapat mempengaruhi IAQ.

c. Terapan interior dengan pengguna

Perilaku dan kesehatan pengguna dapat mempengaruhi terapan interior atau sebaliknya.