

PENGARUH PENGGUNAAN FILTER PADA LUBANG ANGIN DALAM SISTEM VENTILASI SILANG TERHADAP KUALITAS RUANG DALAM

Lestari¹, M. Nurhamsyah¹, M. Ridha Alhamdani¹

¹Program Studi Arsitektur Universitas Tanjungpura, Pontianak

Email korespondensi: lestari@teknik.untan.ac.id

Abstrak

Permasalahan asap yang timbul akibat bencana kebakaran hampir setiap tahun terjadi di beberapa daerah khususnya Kalimantan Barat. Kondisi asap tersebut mempengaruhi kualitas udara termasuk udara ruang dalam yang pada akhirnya turut mempengaruhi kenyamanan dan kesehatan penghuni dalam bangunan. Lubang angin yang merupakan bagian dari ventilasi alami merupakan tempat keluar masuknya udara dan seharusnya selalu terbuka untuk memasukkan udara segar ke dalam ruangan. Pada kondisi udara luar sudah terkontaminasi oleh kabut asap misalnya, udara yang masuk ke dalam ruang melalui lubang angin juga ikut terkontaminasi, sehingga kenyamanan dan kesehatan penghuni dalam bangunan juga tidak dapat dipertahankan. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efisiensi penggunaan filter pada lubang angin untuk menyaring dan mereduksi pencemaran udara yang masuk ke dalam ruang. Sistem filter pada lubang angin tetap memanfaatkan sistem ventilasi alami berupa ventilasi silang. Untuk mencapai tujuan dan target penelitian dilakukan melalui pendekatan positivistic dengan metode eksperimental dengan menggunakan model uji. Filter dipilih berdasarkan karakteristik bahan filter yang berbeda. Efektivitas penyaringan pencemar udara dilihat berdasarkan berat partikel yang terperangkap dan perbandingan nilai CO dan CO₂ antara ruang luar dan ruang dalam dari masing-masing filter yang digunakan. Kondisi kualitas ruang berupa temperatur juga dilihat untuk mengetahui pengaruh penggunaan filter terhadap temperatur ruang dalam. Dari hasil uji yang dilakukan, menunjukkan bahwa terdapat filter yang maksimal mereduksi pencemar udara, namun menghasilkan temperatur udara yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan penggunaan filter yang harus dikombinasi dengan desain besaran bukaan untuk mendukung kualitas udara ruang dalam.

Kata kunci : lubang angin, filter, ruang dalam

PENDAHULUAN

Wilayah Kalimantan Barat hampir setiap tahunnya selalu diselimiuti kabut asap yang berasal dari kebakaran hutan dan lahan atau kegiatan pembakaran lahan. Kondisi ini sangat sulit untuk dihindari karena wilayah Kalimantan Barat yang sebagian besar berupa lahan gambut cenderung disertai dengan musim kemarau yang berkepanjangan. Kondisi ini dapat menimbulkan kabut asap yang dapat mengakibatkan penurunan kualitas udara di tingkat lokal, bahkan secara nasional dan negara tetangga lainnya. Pada kejadian kebakaran hutan, konsentrasi SO₂, CO, CH₄ dan CO₂ serta kelembaban mengalami peningkatan (Davies & Unam, 1999).

Kondisi kabut asap juga mempengaruhi kualitas udara dalam ruang. Kondisi tersebut mempengaruhi kesehatan masyarakat seperti timbulnya gangguan pada kesehatan, khususnya penyakit infeksi saluran pernafasan akut (ISPA) dan iritasi mata. Selama 24 jam manusia banyak menghabiskan waktunya di dalam ruangan dan sudah sewajarnya perlu kondisi yang nyaman dan terhindar dari gangguan kesehatan. Salah satu indikatornya adalah kualitas udara yang baik di dalam ruangan dengan sistem pengkondisian ruang dalam yang optimal. Kualitas udara dalam ruang termasuk lima besar penyebab resiko kesehatan (EPA, 2009). Pemerintah Indonesia sendiri telah mengatur persyaratan kualitas udara dalam ruang misalnya yang tertuang dalam Keputusan Menteri

Kesehatan RI No. 1405/MENKES/SK/XI/2002 tentang Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri dan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/MENKES/PER/V/2011 tentang pedoman penyehatan udara dalam ruang rumah.

Berdasarkan hasil penelitian disebutkan bahwa ada 3 faktor utama yang mempengaruhi kualitas udara dalam ruang yaitu ventilasi yang tidak memadai atau memenuhi syarat, kontaminasi kimia dan kontaminasi mikrobiologi (EPA, 2013 ; Fitria, 2008). Sirkulasi udara memiliki peran terhadap kualitas udara dalam ruang, salah satunya adalah menghambat berkembangnya mikroorganisme (Moerdjoko, 2004). Salah satu cara yang baik untuk pengkondisian ruang dalam adalah dengan sistem ventilasi silang (*cross ventilation*), sehingga udara dapat mengalir dan bergerak aktif di dalam ruangan.

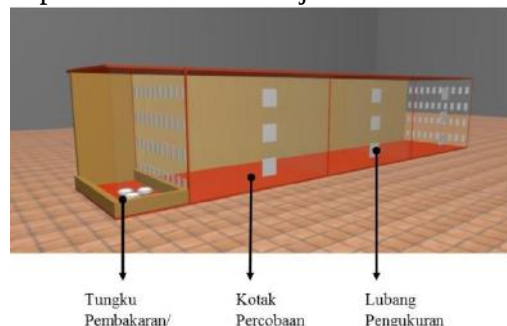
Menurut Awdi (2003), ada 2 jenis bukaan yang didesain agar terjadi ventilasi alami yaitu pintu dan jendela serta lubang angin. Lubang angin yang terbuka berfungsi untuk mengalirkan udara dari dan ke dalam bangunan. Lubang angin dapat menjadi media yang baik untuk pertukaran udara di dalam ruangan. Namun, kondisi kabut asap yang terjadi dapat menjadi kendala untuk mendapatkan kualitas udara yang optimal, karena udara segar dari luar ruang yang seharusnya dapat masuk ke dalam ruang melalui lubang angin sudah terkontaminasi. Peran lubang angin hendaknya dapat menjadi media pertukaran udara bagi kondisi udara yang masuk ke dalam ruangan. Prinsip filtrasi dapat mengurangi kadar polutan yang ada dalam udara. Jenis filter yang digunakan pada sistem pembersihan udara dibedakan berdasarkan kemampuan mengurangi kadar pencemar (EPA, 2009).

Penelitian ini bertujuan menguji lubang angin yang telah dilapis dengan filter dan berfungsi sebagai media pertukaran udara sekaligus berfungsi sebagai filter udara atau perangkap asap pada saat kondisi udara luar sudah terkontaminasi. Penggunaan dan pemilihan filter hendaknya tidak menjadi penghalang udara untuk masuk ke dalam ruangan sehingga dukungan sistem ventilasi silang sangat diperlukan agar pertukaran udara tetap dapat terjadi dengan baik.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan menggunakan model uji. Model benda uji berupa ruangan $3 \times 3 \text{ m}^2$ yang dibuat dengan skala 1:3, dengan bahan akrilik. Bahan ini dipilih dengan pertimbangan memiliki permukaan yang transparan sehingga memungkinkan untuk melihat hasil pengukuran. Pada ruang benda uji diberi lubang angin di kedua sisi dinding yang berhadapan. Filter dipasang pada kedua sisi lubang angin tersebut. Ilustrasi model ruang pada benda uji percobaan diperlihatkan seperti pada gambar 1.

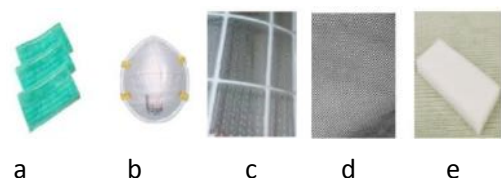
Benda uji diletakkan di lingkungan luar dengan penambahan perlakuan asap buatan. Lingkungan luar dari benda uji diberikan perlakuan dengan pembuatan asap buatan sebagai kondisi udara luar yang tercemar. Adapun variabel yang diujikan dalam penelitian ini adalah jenis filter.



Sumber: Penulis, 2016

Gambar 1: Ilustrasi model ruang untuk benda uji

Ada 5 jenis filter yang dipilih dalam penelitian ini dengan berbagai karakteristik yang berbeda, yaitu filter dari bahan masker biasa (Filter 1), filter dari bahan masker N95 (filter 2), filter dari pengkondisi udara buatan (filter 3), filter dari bahan kain (filter 4), dan filter dari bahan plastik berpori (filter 5), seperti terlihat pada gambar 2.



Sumber: penulis, 2016

Gambar 2: Jenis filter lubang angin yang digunakan (a=filter 1, b=filter 2, c=filter 3, d=filter 4, e=filter 5)

Kelima filter ini akan diuji berdasarkan kemampuan menyaring partikel yang masuk ke dalam ruang dengan membandingkan berat filter sebelum dan setelah dilakukan ujicoba. Selain itu kemampuan filter juga dilihat dari pengaruhnya terhadap kualitas ruang dalam. Kualitas ruang dalam diukur berdasarkan temperatur ruang, kemampuan menghambat masuknya gas CO₂ dan CO pada ruang, diakibatkan asap pembakaran. Untuk kebutuhan pengukuran digunakan alat ukur timbangan digital, alat ukur CO dan CO₂, serta termometer (gambar 3). Pengukuran dilakukan sebelum perlakuan, pada menit pertama setelah diberikan perlakuan, pada menit ke 30, menit ke 60 dan menit ke 90. Dasar pengukuran tersebut adalah minimal lamanya asap dapat menghilang setelah terdapat kondisi asap pada suatu lingkungan. Titik ukur terdapat di 3 ketinggian dengan asumsi posisi manusia berbaring, posisi manusia duduk dan posisi manusia berdiri, dimana pada masing-masing ketinggian terdapat 6 titik ukur. Adapun gambaran jalannya proses percobaan terlihat seperti gambar 4.



Sumber: penulis, 2016

Gambar 3: Alat ukur yang digunakan dalam percobaan



Sumber: penulis, 2016

Gambar 4: Proses pengukuran dari kegiatan percobaan

Perbandingan kemampuan masing-masing filter dalam menghambat masuknya gas CO₂ dan CO ke dalam ruang dilihat dari selisih konsentrasi CO₂ dan CO luar ruang dan dalam ruang. Selisih tersebut dilihat pada masing-masing waktu pengukuran, yang merupakan rata-rata dari 18 titik ukur yang telah ditentukan. Persamaan untuk menentukan nilai konsentrasi adalah sebagai berikut

$$\text{Nilai konsentrasi} = \frac{(\text{rata-rata } ((T_1+T_2+\dots+T_{18}) \text{ ruang luar})) - (\text{rata-rata } ((T_1+T_2+\dots+T_{18}) \text{ ruang dalam}))}{2}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemampuan Menangkap Partikel

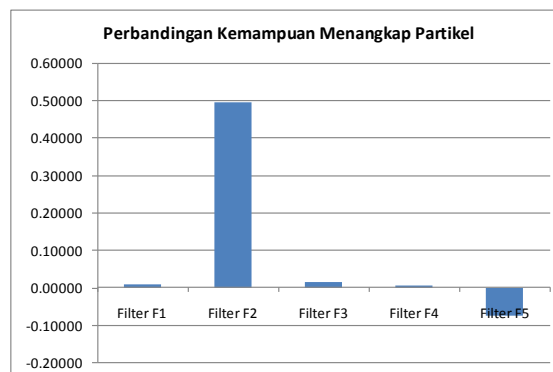
Kemampuan filter dalam menangkap partikel berbeda-beda tiap jenis filter yang digunakan. Tabel 1 di bawah merupakan hasil rata-rata pengukuran berat filter yang belum di beri perlakuan dan setelah diberi perlakuan.

Tabel 1: Kemampuan Filter Menangkap Partikel

Jenis Filter	Rata –rata berat sebelum percobaan (dalam gram)	Rata-rata berat setelah percobaan (dalam gram)	Rata-rata perbedaan berat (dalam gram)
1	2.1709	2.1776	0.00670
2	7.2121	7.70655	0.49445
3	3.3875	3.4023	0.01480
4	0.11965	0.1228	0.00315
5	1.2461	1.16935	-0.07675

Sumber : Penulis, 2016

Berdasarkan hasil ujicoba yang dilakukan seperti terlihat pada tabel 1, dapat diketahui bahwa filter 2 merupakan filter yang memiliki selisih berat sebelum dan setelah percobaan paling besar dibandingkan keempat filter lain. Dari karakteristiknya, filter tersebut merupakan jenis filter dengan kerapatan paling besar, walaupun dari aspek ketebalan memiliki ketebalan lebih tipis dibandingkan filter 5. Filter dengan selisih berat paling rendah ada pada filter 5 yang merupakan filter dengan bahan plastik berpori. Hal ini diduga terjadi penyusutan berat dari filter ketika pada lingkungan percobaan diberi perlakuan berupa asap buatan. Hal ini menunjukkan bahan tersebut memiliki kemampuan rendah dalam menangkap partikel yang akan masuk ke dalam ruang. Ketiga filter lainnya memiliki nilai yang hampir mendekati, walaupun nilai selisih yang ditunjukkan oleh filter pengkondisi udara buatan lebih tinggi dibandingkan filter dari bahan masker biasa dan kain. Grafik yang menunjukkan perbandingan selisih berat dari ke lima filter yang diujikan dapat terlihat pada gambar 5 berikut.



Sumber: penulis, 2016

Gambar 5: Kemampuan filter menangkap partikel

Kemampuan Mereduksi Gas CO₂

Untuk melihat efektivitas penggunaan filter pada lubang angin dalam mengurangi gas pencemar yang masuk ke dalam ruang, diukur perbandingan selisih kadar gas CO₂ kondisi ruang luar dan ruang dalam. Hasil pengukuran CO₂ yang dilakukan dalam percobaan dapat terlihat pada tabel 2 berikut ini.

Tabel 2: Kemampuan filter menghalangi gas CO₂ (selisih kadar CO₂ ruang luar dan ruang dalam)

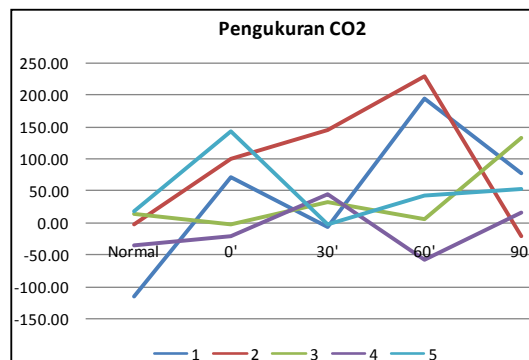
Jenis Filter	Normal	0'	30'	60'	90'
1	-115.47	71.64	-6.03	194.28	76.42
2	-2.83	100.22	145.53	229.00	-21.83
3	13.44	-3.64	31.97	5.14	133.33
4	-34.00	-19.78	44.92	-57.47	15.78
5	17.33	143.67	-3.06	41.53	53.22

Sumber : Penulis, 2016

Dari tabel tersebut dapat terlihat bahwa pada kondisi normal sebelum lingkungan luar diberi perlakuan dengan asap pembakaran, gas CO₂ lebih tinggi pada ruang dalam, atau dengan selisih yang sangat rendah. Hal ini terlihat pada hampir semua filter. Namun pada menit pertama sejak ruang luar

diberi perlakuan dengan asap pembakaran, maka terjadi peningkatan kadar CO₂ dalam ruang. Terlihat bahwa filter 2 memiliki rata-rata selisih kadar CO₂ ruang luar dan dalam yang cukup signifikan dibandingkan dengan jenis filter lain. Hal ini menunjukkan filter 2 memiliki kemampuan

cukup baik dalam mereduksi gas CO₂ yang masuk ke dalam ruang. Kemampuan filter cenderung menurun pada menit ke 90 yang ditandai dengan nilai selisih yang semakin kecil. Hal ini dimungkinkan filter ini dapat menyaring gas CO₂ yang masuk, namun membuat gas yang sudah berada dalam ruang tetap terperangkap, khususnya setelah menit ke 90. Filter 5 juga menunjukkan kinerja yang cukup baik untuk menghalangi gas CO₂ masuk, namun kemampuan tersebut menjadi berkurang pada menit-menit berikutnya. Hal yang berbeda ditunjukkan oleh filter 1, sehingga nilai selisih cukup tinggi pada menit pertama dan menit ke 60, sedangkan pada menit ke 30 dan 90, nilai selisih menjadi menurun. Hal ini menunjukkan filter ini dapat menghalangi gas CO₂ namun gas yang sudah terperangkap juga masih dapat dikeluarkan terutama setelah selang 30 menit. Grafik selisih kadar CO₂ ruang luar dan ruang dalam dari hasil pengukuran pada percobaan dapat terlihat pada gambar 6 berikut.



Sumber: penulis, 2016

Gambar 6: Hasil pengukuran kadar CO₂

Kemampuan Mereduksi Gas CO

Untuk melihat efektivitas penggunaan filter pada lubang angin dalam mengurangi gas pencemar, diukur pula kadar gas pencemar lain yaitu CO. Untuk mengetahui kemampuan filter dalam menghalangi gas CO yang masuk ke dalam ruang, diukur perbandingan selisih kadar CO kondisi ruang luar dan ruang dalam. Hasil pengukuran CO yang dilakukan dalam percobaan dapat terlihat pada tabel 3 berikut ini.

Tabel 3: Kemampuan Filter Mengurangi Gas CO

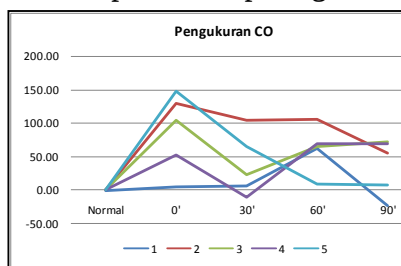
Jenis Filter	Normal	0'	30'	60'	90'
1	-0.64	4.44	6.61	62.61	-23.42
2	0.25	130.00	104.11	106.69	55.22
3	0.25	104.25	22.69	64.36	71.61
4	-0.11	51.64	-11.61	68.56	68.08
5	0.22	147.17	64.00	8.83	7.14

Sumber : Penulis, 2016

Dari tabel tersebut dapat terlihat bahwa pada kondisi normal dimana belum diberikan perlakuan pada lingkungan luar dengan asap pembakaran, dapat dikatakan ruang dalam dan ruang luar hampir tidak mengandung gas CO, yang ditunjukkan dari hasil pengukuran kadar CO dengan rata-rata nilai kurang dari 1. Setelah ruang luar diberi perlakuan, terjadi peningkatan kadar CO yang cukup signifikan baik pada pada ruang dalam. Filter yang menunjukkan kinerja yang cukup baik, yang

ditunjukkan dengan selisih kadar CO ruang luar dan dalam yang cukup tinggi terlihat pada filter 2, 3 dan 5, khususnya pada menit pertama setelah lingkungan luar di beri perlakuan. Pada menit ke 30, selisih kadar CO pada hampir seluruh filter cenderung menurun. Hal ini karena gas CO sudah mulai terakumulasi dalam ruang. Selisih yang tidak terlalu menurun ditunjukkan oleh filter 2, yang baru menunjukkan penurunan yang cukup signifikan pada menit ke 90. Hal ini menunjukkan filter 2 memiliki kemampuan cukup baik sampai menit ke

90. Filter 3 selisihnya menurun pada menit ke 30 namun cenderung tetap pada 60 menit berikutnya. Filter 1 penurunan kemampuan baru terlihat setelah menit ke 90, namun nilai selisih cenderung lebih rendah dibandingkan jenis filter lainnya. Gambaran mengenai perbandingan rata-rata selisih kadar CO ruang luar dan ruang dalam dari setiap filter yang diujicobakan dapat dilihat pada gambar 7 berikut.



Sumber: penulis, 2016

Gambar 7. Hasil pengukuran kadar CO

Pengaruh pada Temperatur Ruang Dalam

Pengaruh penggunaan filter lubang angin pada ruang dalam dapat dievaluasi berdasarkan temperatur ruang dalam. Selisih perbandingan temperatur ruang luar dan ruang dalam yang tinggi dapat menggambarkan bahwa filter yang digunakan tidak menciptakan peningkatan suhu ruang dalam yang dapat mempengaruhi kenyamanan termal dari ruang dalam. Tabel berikut menunjukkan rata-rata selisih temperatur ruang luar dan ruang dalam dari hasil pengukuran yang dilakukan dalam percobaan.

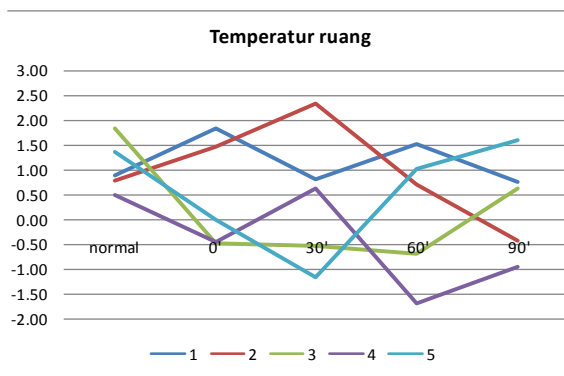
Tabel 4: Hasil Pengukuran Temperatur Ruang dengan Menggunakan Filter pada Lubang Angin

Jenis Filter	Normal	0'	30'	60'	90'
1	0.89	1.85	0.81	1.54	0.76
2	0.78	1.47	2.35	0.71	-0.42
3	1.84	-0.46	-0.52	-0.68	0.63
4	0.50	-0.45	0.63	-1.69	-0.96
5	1.35	-0.02	-1.16	1.01	1.59

Sumber : Penulis, 2016

Dari tabel tersebut dapat terlihat bahwa pada menit-menit pertama selisih yang cukup tinggi ditunjukkan oleh filter 2, namun semakin menurun pada menit-menit berikutnya. Kinerja yang cukup baik ditunjukkan pula oleh filter 1. Penurunan selisih terjadi pada menit ke 30, namun kembali terjadi selisih yang meningkat di menit ke 60, walaupun kembali menurun di menit ke 30. Filter 4 menunjukkan gejala yang hampir serupa dengan filter 2, namun dengan jumlah selisih yang lebih rendah. Hal tersebut menunjukkan bahwa filter 2 memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan filter 4 dalam menahan terjadinya peningkatan panas dalam ruang. Filter 5 menunjukkan gejala yang

hampir sama dengan filter 1, namun dengan nilai yang lebih rendah. Hal tersebut menunjukkan filter 1 memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan filter 5. Hasil pengukuran dengan menggunakan filter 3, menunjukkan angka selisih yang cenderung rendah hampir di seluruh waktu pengukuran. Hal ini menunjukkan filter 3 berpotensi meningkatkan suhu ruang dalam akibat pemakaian filter tersebut. Gambaran mengenai perbandingan rata-rata selisih temperatur ruang luar dan ruang dalam dari setiap filter yang diujicobakan dapat dilihat pada gambar 8 berikut.



Sumber : (Penulis, 2016)

Gambar 8: Hasil pengukuran temperatur ruang dengan menggunakan filter

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa filter 2 dengan karakteristik memiliki kerapatan yang cukup tinggi, menunjukkan kemampuan yang cukup baik dalam mereduksi masuknya gas CO₂ dan CO ke dalam ruang dibandingkan dengan jenis filter lainnya. Namun, filter 2 ini justru menciptakan peningkatan temperatur ruang dalam dibandingkan jenis filter lain. Terdapat filter jenis 1 dengan ketebalan dan kerapatan lebih rendah dibandingkan filter 2, yang menunjukkan kemampuan lebih baik dalam mencegah terjadinya peningkatan temperatur ruang dalam. Karakteristik dari filter 2 dengan ketebalan dan kerapatan yang cukup tinggi, berpotensi membuat pergerakan udara menjadi terhambat. Oleh karena itu pemakaian filter tersebut harus juga memperhitungkan besaran bukaan pada ruang agar sistem ventilasi silang dapat berjalan dengan baik. Untuk itu penelitian lebih lanjut yang terkait dengan hubungan besaran bukaan yang menggunakan filter dengan kualitas ruang dalam perlu untuk dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Awdi H. (2003). *Ventilation of Buildings*. Spon Press: London
- EPA (Environmental Protection Agency). (2013). *An Introduction to Indoor Air* EPA (Environmental Protection Agency). 2009. *Residential Air Cleaner. Second Edition*. Environmental Protection Agency: Washington DC

Fitria L.(2008). Kualitas Udara Dalam Ruang Perpustakaan Universitas "X" ditinjau dari kualitas Biologi, Fisik, dan Kimiawi. *Jurnal Kesehatan Makara*. 12 : 76-82.

Keputusan Menteri Kesehatan RI No.1405/MENKES/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri.

Moerdjoko. (2004). Kaitan Sistem Ventilasi Bangunan Dengan Keberadaan Mikroorganisme Udara. *Dimensi Teknik Arsitektur*. 32: 89 – 94.

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1077/MENKES/PER/V/2011 tentang Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruang Rumah

Davies S, Unam L. (1999). Smoke-Haze From 1997 Indonesian Forest Fire: Effects On Pollution Levels, Local Climate, Atmospheric CO₂ Concentrations, and Tree Photosynthesis. *Forest Ecology and Mangement* 124(2): 137-144