



<http://dimensiinterior.petra.ac.id>

## Studi Kualitas Udara Dalam Ruang (*Indoor Air Quality*) ada Ruang Kelas Sekolah Bangunan Cagar Budaya di Surabaya

Elizabeth Putri Stevani | Hedy C. Indrani | Purnama E. D. Tedjokoesoemo

Program Studi Desain Interior, Universitas Kristen Petra, Surabaya

Email: putri.eliza@gmail.com; cornelli@petra.ac.id; esa@petra.ac.id

### ABSTRAK

Bangunan cagar budaya merupakan bangunan yang telah berusia lebih dari 50 tahun dan memiliki nilai sejarah yang tinggi, sehingga tak jarang masih digunakan hingga saat ini. Perkembangan zaman memaksa bangunan cagar budaya untuk beradaptasi dengan lingkungan sekitar dan teknologi yang terus berkembang. Kota Surabaya merupakan salah satu kota yang memiliki banyak bangunan cagar budaya dan masih digunakan sebagai tempat beraktivitas hingga saat ini, salah satu fungsi bangunan cagar budaya di Surabaya adalah sebagai sekolah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui performa sekolah melalui uji kualitas udara dalam ruang dan untuk mengetahui jenis penghawaan yang sebaiknya digunakan oleh bangunan cagar budaya di Surabaya. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. SMK Negeri 2 dan SMK St. Louis 1 dipilih untuk mewakili sekolah dengan bangunan cagar budaya di Surabaya. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif. Penelitian ini dilakukan dengan cara observasi, pengisian kuisioner, dan pengambilan sampel fisik, kimia dan mikrobiologi udara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa SMK Negeri 2 memiliki faktor fisik yang melebihi Nilai Ambang Batas (NAB), sedangkan untuk faktor kimia dan mikrobiologi dari kedua sekolah berada di bawah NAB. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa jenis penghawaan buatan lebih direkomendasikan pada bangunan cagar budaya di Surabaya.

**Kata Kunci:** Bangunan cagar budaya, Indoor Air Quality, Ruang Kelas, Sekolah.

### ABSTRACT

*Heritage building is a building that has been aged more than 50 years and has a high historical value, so it is still used until today. The times forcing the heritage building to adapt to the environment and an evolving technology. Surabaya is one city that has a lot of heritage buildings and is still used as a place of activity until today, one of the functions of heritage buildings in Surabaya are as a school. The objective of this study is to determine school's performance through testing indoor air quality and to determine the type of ventilation which should be used for heritage buildings in Surabaya. This study uses quantitative methods. SMK Negeri 2 and SMK St. Louis 1 were chosen to represent the schools that uses heritage buildings in Surabaya. Documents were analyzed descriptively. This study was carried out by observation, filling the questionnaire, and taking the physical, chemical and microbiological air samples. The results of this study shows that SMK Negeri 2 has a physical factor that exceed the Threshold Limit Value (TLV) number, while the chemical and microbiological factors of the two schools are under the TLV. The results also show that artificial ventilation is more recommended for heritage buildings in Surabaya.*

**Keywords:** Cultural heritage building, Indoor Air Quality, Classroom, School.

### PENDAHULUAN

Bangunan cagar budaya merupakan bangunan buatan manusia yang telah berumur kurang lebih 50 (lima puluh) tahun atau mewakili masa gaya yang khas sekurang - kurangnya 50 (lima puluh) tahun dan dianggap mempunyai nilai penting bagi sejarah, ilmu pengetahuan dan kebudayaan [1]. Sebagai bangunan dengan nilai sejarah yang tinggi, maka tak jarang bangunan cagar budaya masih digunakan hingga saat ini. Perkembangan zaman memaksa bangunan cagar budaya untuk beradaptasi dengan lingkungan sekitar yang terus berkembang, seperti berdirinya bangunan - bangunan baru, asap kendaraan yang semakin pekat, teknologi yang

berkembang seperti penyejuk ruangan, *finishing* material, dan jenis material baru.

Agar bangunan cagar budaya layak menjadi wadah aktivitas sesuai dengan keadaan saat ini, maka perlu dilakukan penelitian baik di luar bangunan maupun di dalam bangunan. Salah satu aspek yang penting untuk diteliti adalah kualitas udara dalam ruang (*Indoor Air Quality/IAQ*). Menurut Paulo B. lourenco, Luso, dan Alemeida (2005) salah satu masalah yang paling sering dialami oleh bangunan cagar budaya adalah masalah yang berkaitan dengan kelembaban yang berbanding lurus dengan pertumbuhan jamur dan bakteri yang akan menimbulkan polusi dalam ruang [2].

Pengaruh kualitas udara dalam ruang yang buruk mampu mengganggu kenyamanan, keamanan dan kesehatan para penggunanya. Kategori yang rentan terserang dampak dari buruknya kualitas udara dalam ruang adalah anak - anak, bayi, orang lanjut usia (lansia), orang dengan gangguan pernafasan (asma), orang dengan sistem imun yang lemah, dan perokok [3]. Jika pengguna ruang (siswa) berada dalam ruangan lebih dari 8 jam setiap hari, kualitas udara yang buruk dapat mempengaruhi kesehatan, kinerja, dan prestasi siswa [4].

Peneliti memilih ruang kelas sekolah bangunan cagar budaya sebagai objek penelitian karena tanpa disadari oleh pengguna, durasi belajar mengajar berlangsung umumnya selama 8 - 10 jam/hari, adanya adaptasi arsitektur/interior seiring kebutuhan dan perkembangan lingkungan sekitar bangunan yang berpotensi menimbulkan polutan dalam ruang. Polutan udara yang terdapat dalam ruang mampu mempengaruhi produktifitas siswa dalam proses belajar mengajar.

Berdasarkan uraian latar belakang, tujuan umum penelitian ini adalah untuk mengetahui efek terapan interior sebagai usaha adaptasi bangunan terhadap pengguna pada ruang kelas sekolah bangunan cagar budaya di Surabaya, sedangkan tujuan khusus dari penelitian ini adakah untuk mengetahui tingkat kualitas udara dalam ruang pada ruang kelas sekolah bangunan cagar budaya, Mengetahui hubungan antara penggunaan penghawaan buatan dan penghawaan alami terhadap kualitas udara pada bangunan cagar budaya, dan Mengetahui jenis penghawaan yang lebih sesuai untuk bangunan cagar budaya khususnya ruang kelas pada sekolah.

**METODE PENELITIAN**

Penelitian ini merupakan penelitian lapangan dan observasional dengan menggunakan metode kuantitatif yang diolah dengan mengkomparasikan data literatur, kuisioner dan hasil test oleh Petrolab dan HIPERKES. Data hasil komparasi kemudian dianalisis secara dekriptif. Penelitian dilakukan di SMK Negeri 2 Surabaya dan SMA St. Louis 1 di Surabaya dan dilaksanakan mulai bulan Februari - April 2016.

Populasi penelitian adalah semua siswa Room 2 SMK Negeri 2 dan siswa XII IPA 7 SMAK St. Louis 1. Variabel bebas dan terikat dari penelitian ini adalah:

**Table 1.** Variabel Penelitian

Variabel Bebas		
Jumlah Pengguna Ruang		
Tersediannya bukaan alami atau buatan		
Luas ruangan		
Variabel Terikat		
Fisik	Kimia	Mikrobiologi
<ul style="list-style-type: none"> <li>Suhu</li> <li>Kelembaban ruang</li> <li>Kecepatan angin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Formaldehid</li> <li>Benzena</li> <li>Timah hitam</li> <li>Partikulat ( debu)</li> <li>CO</li> <li>NO<sub>2</sub></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Positif/negatif Jamur</li> <li>Total koloni kuman dan bakteri</li> </ul>

Data yang dikumpulkan terbagi menjadi dua (2) yaitu data kepustakaan berupa teori – teori mengenai judul penelitian, dan data lapangan yang didapat melalui

observasi, dokumentasi, kuisioner dan hasil test lab yang dilakukan oleh Petrolab dan HIPERKES Surabaya. Data disajikan dalam bentuk tabel yang kemudian dianalisis secara deskriptif.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**A. Karakteristik Siswa**

Siswa yang menjadi responden penelitian berjumlah 69 orang, terdiri dari 30 siswa SMK Negeri 2 dan 39 siswa SMAK St. Louis 1. Mayoritas siswa berjenis kelamin laki – laki dengan umur 17 – 18 tahun, dapat dilihat pada Tabel 2.

**Table 2.** Distribusi siswa menurut umur dan jenis kelamin

Variabel	SMK Negeri 2		SMAK St. Louis 1	
	L	P	L	P
Jenis kelamin	28	2	19	20
Usia	17 – 18 Tahun			

**Table 3.** Distribusi siswa menurut frekuensi keluar masuk kelas

Frekuensi siswa	SMK Negeri 2	SMA K St. Louis 1
< 5	43%	31 %
5 - 10	28%	42%
> 10	9%	27%

Frekuensi keluar masuk siswa yang tinggi dapat mempengaruhi kualitas udara dalam ruang, dikarenakan pengguna ruang mampu membawa polutan fisik, kimia maupun mikrobiologi dari luar ruangan. Menurut *National Institute of Occupational Safety and Health* (NIOSH), 10% kontaminan berasal dari luar ruangan [5]. Ruang kelas pada SMK Negeri 2 menggunakan 100% penghawaan alami berasal dari jendela dan pintu, namun beberapa jendela menghadap langsung kearah jalan raya dimana debu, CO dan NO<sub>2</sub> dapat masuk kedalam kelas.

**B. Karakteristik Ruang Kelas**

Hasil observasi mengenai karakteristik ruang kelas SMK Negeri 2 dan SMAK St. Louis 1 dapat dilihat pada Tabel 4.

**Table 4.** Karakteristik Ruang Kelas

No	Variabel	SMK Negeri 2 (Room 2)	SMAK St. Louis 1 (XII IPA – 7)
1	Luas ruangan	64m <sup>2</sup>	64m <sup>2</sup>
2	Letak kelas	Lantai 1	Lantai 2
3	Tinggi kelas	5 meter	5 meter
4	Jumlah okupan	30 siswa	39 siswa
Elemen pembentuk ruang			
1	Lantai	Ubin warna abu – abu dan merah	Terasso warna coklat dan merah
2	Dinding	Bata tebal 30 cm <i>Finishing</i> : cat dinding Warna : coklat dan putih	Bata tebal 30 cm <i>finishing</i> : cat dinding dan keramik Warna : putih
3	Plafon	Eternit/asbes	Eternit/asbes
Elemen pendukung ruang			

1	Jendela	4 buah jendela Material : kayu <i>Finishing</i> : cat Warna : coklat Pengaman : tralis besi Sistem peletakan <i>cross ventilation</i> (Timur – Barat)	2 buah jendela Material : kayu <i>Finishing</i> : pelitur Jendela ditutup dengan tirai. Jendela mati Material : aluminium dan kaca
2	Pintu	2 buah pintu Material : kayu <i>Finishing</i> : cat Warna : coklat Arah hadap : lahan terbuka hijau	Material : aluminium dan kaca <i>Finishing</i> : natural Arah hadap : lorong
3	Lain – lain	CCTV, <i>speaker</i> , <i>white board</i> , bingkai foto, LCD	<i>Speaker</i> , hiasan ruang, bendera, poster, <i>whiteboard</i> , tangga, LCD
<b>Perabot</b>			
1	Kursi siswa	Material : kayu dan besi <i>Finishing</i> : cat Warna : coklat	Material : Kayu <i>Finishing</i> : pelitur
2	Kursi guru	Material rangka : <i>stainless steel</i> Material dudukan : kain dan busa	Material : Kayu <i>Finishing</i> : pelitur
3	Meja siswa	Material : kayu <i>Finishing</i> : pelitur Material : kayu dan besi <i>Finishing</i> : cat Warna : coklat	Material : kayu <i>Finishing</i> : pelitur
4	Meja guru	Material : kayu dan besi <i>Finishing</i> : cat Warna : coklat	Material : kayu <i>Finishing</i> : pelitur
<b>Sistem interior</b>			
1	Pencahayaan	Alamidan buatan (lampu TL 4 buah)	Alami dan buatan (lampu TL 4buah)
2	Penghawaan	Alami dengan sistem <i>cross ventilation</i> , arah bukaan menghadap ke lapangan parkir dan ke taman terbuka hijau	Buatan : AC Tipe : <i>split</i> PK : 1 <i>Merk</i> : Daikin Jumlah : 2 Alami : lubang angin
3	Akustik	Dekat dengan jalan raya namun juga terdapat pohon di depan bangunan sekolah sehingga menghalangi suara dari jalan raya	Dekat dengan jalan raya namun juga terdapat pohon di depan bangunan sekolah sehingga menghalangi suara dari jalan raya
4	Sistem keamanan	CCTV	Tidak ada
5	Proteksi kebakaran	Tidak ada	Tidak ada
<b>Sistem perawatan dan pemeliharaan ruang</b>			
1	Lantai	Dengan cara disapu dan di pel setiap harinya	Dengan cara di sapu dan dipel
2	Ac	-	Saat libur atau bila rusak
3	Jendela	Tidak dibersihkan	Kaca di lap

Menurut NIOSH masalah kualitas dalam ruang pada umumnya disebabkan oleh kurangnya ventilasi udara

(52%), adanya sumber kontaminan didalam ruang (16%), kontaminan dari luar ruangan (10%), mikroba (5%), bahan material bangunan (4%) dan lain – lain (13%) [5]. Kontaminan dalam ruang dapat berasal dari aktivitas pemeliharaan gedung, perabot, dan peralatan.

Kedua sekolah berada dekat dengan jalan raya sehingga dapat menurunkan kualitas udara dalam ruang kelas. Polutan yang berasal dari jalan raya dapat berupa asap, gas buang kendaraan, dan debu yang dapat masuk kedalam kelas.

Menurut *Oregon State University* penggunaan eternit sebagai plafon sangat berbahaya bagi kesehatan. Plafon eternit yang terkoyak akan melepaskan serat. Serat yang terhirup dapat menyebabkan penyakit berbahaya seperti asbestosis, kanker paru – paru, dan mesothelioma [6].

Penggunaan bahan berpori seperti kain dapat menyimpan debu dan kuman, bahkan dapat menjadi media tumbuhnya jamur. Material kain ditemui di SMK Negeri 2 pada kursi guru dan SMAK St. Louis 1 pada tirai penutup jendela. Penggunaan tirai dapat meyebabkan sinar Ultra Violet (UV) tidak dapat masuk, menurut Moerdjoko (2004) sinar UV dikenal sebagai antiseptik dan dapat membunuh mikroorganisme [7].

Pada kedua sekolah didapati banyaknya elemen pendukung interior yang tidak dapat dijangkau untuk proses pembersihan sehingga dapat menyimpan debu, bakteri, kuman dan jamur. Contoh elemen pendukung adalah LCD, *speaker*, dan hiasan ruang. Pada SMAK St. Louis 1 terdapat buku – buku yang berserakkan, benda – benda penghias ruang, loker meja yang tidak pernah dibersihkan dapat menjadi sumber debu.

Penggunaan *white board* dimana tinta spidol dapat menghasilkan benzena. Penggunaan *finishing* perabot dengan politur, dimana politur dapat mengeluarkan gas emisi berupa formaldehid yang dapat mencemari udara [8].

Penggunaan bahan pembersih ruangan yang mengandung zat berbahaya seperti VOC, dimana zat yang terlepas tersebut dapat menempel pada beberapa material dalam ruang seperti kayu, cat dinding dan kain [9].

Kelembaban ruang berada pada tinggi dapat memicu timbulnya karat pada material besi, jika kondisi *finishing* material dalam keadaan tidak baik (mengelupas).

Penggunaan penghawaan buatan berupa pendingin ruangan / AC. AC membutuhkan perawatan berkala setiap 3 bulan sekali dan penggantian AC kurang lebih setiap 10 tahun sekali. AC yang kotor dapat menjadi sumber polutan berupa jamur (evaporator yang berlendir), dimana spora yang dihasilkan oleh jamur dapat tersebar keseluruh ruangan karena terbawa oleh angin yang dikeluarkan oleh AC dan menyebabkan gangguan fisik berupa gatal – gatal atau bersin bersin [10]. AC memiliki sistem kerja mengambil udara dari luar ruangan oleh karena itu peletakan kondenser AC yang kurang tepat dapat menyebabkan udara yang kurang baik dapat masuk kedalam ruang.

### C. Kualitas Udara

#### *Kualitas Fisik Udara*

Pengukuran kualitas fisik udara dalam kelas dilakukan 1 titik pengambilan sampel pada masing - masing sekolah. Kualitas fisik udara kedua sekolah yang diukur adalah

suhu dan kelembaban. Sedangkan untuk SMK Negeri 2 dilakukan pengukuran tambahan berupa pengukuran kecepatan angin, dikarenakan SMK Negeri 2 menggunakan penghawaan alami. Baku mutu yang digunakan adalah Keputusan Menteri Kesehatan No. 1405 Tahun 2002 [11].

**Table 5.** Kualitas Fisik Udara

Variabel	SMK Negeri 2	SMAK St. Louis 1	Baku Mutu
Suhu	31,3 °C	27 °C	18 – 28 °C
Kelembaban	73 %	59 %	40-60%
Kecepatan angin	0,09 – 0,35 m/detik	-	0,15 – 0,25 m/detik

Tabel 5. menunjukkan bahwa, suhu, kelembaban dan kecepatan angin di SMK Negeri 2 melebihi baku mutu. Kelembaban yang lebih tinggi dari 60% dapat meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme dan memicu stress [12].

Ruang kelas SMK Negeri 2 memiliki suhu yang tinggi karena menurut BMKG kota Surabaya, suhu kota berkisar antara 26 – 34 °C dengan kelembaban sekitar 58 – 90 % [13]. Jika dibandingkan dengan hasil yang didapat, maka suhu dalam kelas masih pada batas wajar suhu dan kelembaban kota Surabaya. Menurut Keputusan Menteri Kesehatan No. 1405 tahun 2002 laju ventilasi dalam suatu ruang minimal 0,15 – 0,25 m/detik, dengan ketinggian minimal 2,5 m. Menurut hasil tes didapat bahwa laju ventilasi ruang kelas adalah 0,09 – 0,35 m/detik dengan ketinggian 5 m, sehingga dapat dinyatakan bahwa laju ventilasi ruang kelas tidak sesuai standar. Jika laju ventilasi kurang dari 0,15 m/detik maka tidak ada pertukaran udara, sehingga menyebabkan udara stagnan di dalam ruang.

SMAK St. Louis 1 yang menggunakan penghawaan buatan memiliki suhu dan kelembaban yang lebih sesuai untuk beraktivitas dibandingkan SMA Negeri 2 yang menggunakan penghawaan alami, sehingga menurut kualitas fisik udara, penghawaan yang tepat digunakan pada ruang kelas sekolah bangunan cagar budaya di Surabaya adalah penghawaan buatan dengan diimbangi bukaan alami agar tetap ada udara segar yang masuk.

*Kualitas Kimia Udara*

Pemeriksaan kualitas kimia udara dilakukan 1 kali pada 1 titik pada masing – masing sekolah objek penelitian. Hasil pengambilan sampel udara kemudian diberikan kepada laboratorium udara HIPERKES untuk dianalisis lebih lanjut. Hasil kualitas kimia udara pada masing – masing sekolah ditabulasikan dalam Tabel 6.

**Table 6.** Kualitas Kimia Udara

Parameter	SMK Negeri 2	SMAK St. Louis 1	Baku Mutu
Karbon monoksida (ppm)	1,67	0,67	25
Nitrogen dioksida (ppm)	0,0133	0,0161	3
Debu (mg/Nm <sup>3</sup> )	0,1361	0,0739	10
Timah Hitam (mg/Nm <sup>3</sup> )	<0,00002	<0,00002	0,05

Benzena (ppm)	<0,0020	<0,0020	0,5
Formaldehid (ppm)	0,0029	0,0015	0,3

Berdasarkan Tabel 6., diketahui bahwa setiap parameter kualitas kimia udara pada masing - masing ruang kelas memenuhi syarat baku mutu Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transportasi No. 13/MEN/X/2011 [14]. Kedua kelas tersebut sama – sama aman untuk digunakan untuk aktivitas belajar mengajar.

*Kualitas Mikrobiologi Udara*

Pemeriksaan kualitas mikrobiologi udara dilakukan sebanyak 1 kali pada masing – masing titik objek penelitian. Hasil pengambilan sampel diberikan kepada laboratorium Petrolab untuk dikembangkan dan dianalisis.

**Table 7.** Kualitas Mikrobiologi Udara

Parameter	SMK Negeri 2	SMAK St. Louis 1	Baku Mutu
Jumlah kuman (koloni/m <sup>3</sup> )	265	185	700
Jamur	Positif	Positif	Negatif

Menurut Moerdjko mikroorganisme pada ruangan tanpa AC 0,8 x lebih besar dibanding ruangan ber AC [7]. Hal ini sesuai dengan hasil yang tampak pada Tabel 6, bahwa jumlah koloni bakteri pada SMK Negeri 2 lebih tinggi di bandingkan SMAK St. Louis 1, namun jumlah koloni masih sesuai dengan baku mutu Keputusan Menteri Kesehatan No. 1405 Tahun 2002. Hasil tes jamur menunjukkan bahwa kedua ruang kelas dari masing – masing sekolah positif terdapat jamur. Ruang kelas yang positif terdapat jamur yang dapat menyebabkan pengguna ruang lebih rentan terkena penyakit yang berkaitan dengan jamur.

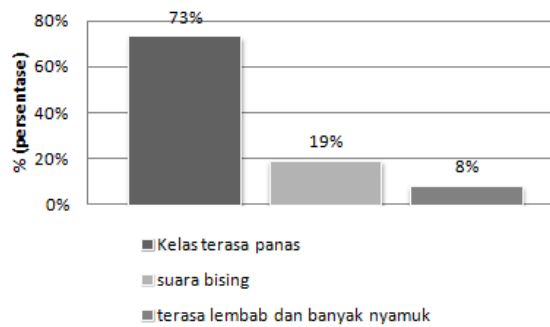
*Kenyamanan Kelas dan Gangguan Bau*

Hasil kuisioner mengenai kenyamanan dan gangguan bau di SMK Negeri 2 dan SMK St. Louis 1 yang telah dibagikan, kemudian diolah dan dapat dijabarkan sebagai berikut.

**Table 8.** Kenyamanan Kelas dan Gangguan Bau

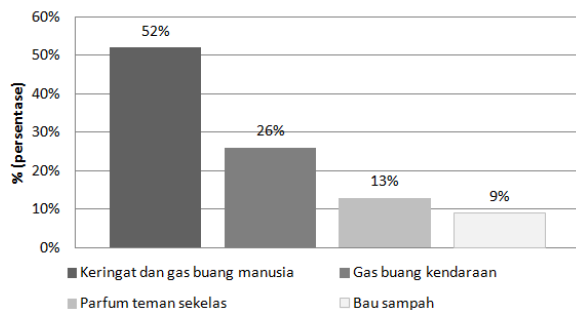
Kenyamanan		
Jawaban	SMK Negeri 2	SMA St. Louis 1
Ya	7%	67%
Tidak	87%	26%
Ragu - ragu	6%	7%
Gangguan bau		
Jawaban	SMK Negeri 2	SMA St. Louis 1
Ya	77%	51%
Tidak	23%	49%

SMA St. Louis 1 memiliki tingkat kenyamanan yang lebih baik dan gangguan bau yang lebih rendah dibandingkan dengan SMK Negeri 2. Hal ini dikarenakan kecepatan angin yang masuk ke dalam kelas SMK Negeri 2 kurang, serta suhu dan kelembaban yang tinggi.



Gambar 1. Ketidaknyamanan yang dirasakan oleh siswa SMAK Negeri 2

Berdasarkan Gambar 1, diketahui bahwa sebanyak 73% siswa SMK Negeri 2 merasa tidak nyaman dikarenakan kelas terasa panas. Sebanyak 19% merasa tidak nyaman dikarenakan suara bising dari luar sekolah dan sebanyak 8% merasa tidak nyaman dikarenakan setiap pagi hari kelas terasa lembab dan banyak nyamuk. Nyamuk dapat menyebabkan masalah kesehatan seperti demam berdarah.



Gambar 2. Gangguan Bau yang dirasakan Siswa SMK Negeri 2

Berdasarkan Gambar 2, diketahui bahwa sebanyak 52% siswa SMK Negeri 2 merasa terganggu oleh bau keringat dan gas buang manusia, gangguan bau keringat dan gas buang ini muncul karena keadaan kelas yang panas.

*Gangguan kesehatan*

Hasil kuisioner mengenai gangguan kesehatan yang dialami oleh siswa di SMK Negeri 2 dan SMK St. Louis 1, kemudian diolah dan dapat dijabarkan sebagai berikut.

Table 9. Keluhan Kesehatan yang Dialami

No	Jenis keluhan	SMK Negeri 2	SMAK St. Louis 1
1	Sakit kepala	63%	65%
2	Pusing	73%	57%
3	Mual/atau muntah	73%	7%
4	Lemas/lelah	73%	65%
5	Mata merah	7%	31%
6	Mata pedih	7%	27%
7	Mata berair	7%	38%
8	Hidung gatal/berair	40%	57%
9	Hidung buntu	40%	57%
10	Bersin bersin	43%	76%
11	Sesak nafas	0	0
12	Tenggorokkan kering dan gatal	40%	57%

13	Batuk	37%	52%
14	Kulit kering	13%	62%
15	Gatal - gatal	40%	41%

Berdasarkan Tabel 9, diketahui jika pengguna ruang kelas dari SMA St. Louis 1 sering mengalami bersin - bersin dan kulit kering dimana merupakan gejala umum yang dialami oleh orang - orang yang terlalu lama berada diruangan ber AC.

Pengguna ruang kelas SMKN Negeri 2 sering mengalami gangguan saraf berupa lemas dan lelah, hal ini dikarenakan suhu dan kelembaban yang terlalu tinggi. Dari Tabel 9., keluhan kesehatan dapat di kategorikan menjadi beberapa gangguan kesehatan yaitu :

Table 10. Kategori Gangguan Kesehatan

Kategori Gangguan Kesehatan	
Gangguan saraf	Sakit kepala
	Pusing
	Mualdan/atau muntah
	Lemas/lelah
Iritasi mata	Mata merah
	Mata pedih
	Mata berair
Iritasi hidung	Hidung gatal/berair
	Hidung buntu
	Bersin - bersin
Iritasi saluran pernafasan	Sesak nafas
	Tenggorokkan kering dan gatal
	Batuk
Iritasi kulit	Kulit kering
	Gatal - gatal

Dari Tabel 10, dapat diketahui jenis gangguan dan iritasi apa saja yang paling sering dialami dan bagaimana perbandingan gangguan kesehatan antara ruang kelas dengan bangunan yang menggunakan penghawaan alami dengan yang menggunakan penghawaan buatan.

Table 11. Gangguan Kesehatan yang Dialami

No	Gangguan kesehatan	SMK Negeri 2	SMAK St. Louis1
1	Gangguan saraf	16%	14%
2	Iritasi mata	2%	9%
3	Iritasi hidung	12%	27%
4	Iritasi pernafasan	8%	11%
5	Iritasi kulit	11%	15%

Berdasarkan Tabel 11, pengguna ruang kelas SMA St. Louis 1 yang menggunakan penghawaan buatan memiliki berbagai macam gangguan fisik yang lebih tinggi dibandingkan dengan SMA Negeri 2. Gangguan fisik tersebut berupa iritasi mata, iritasi hidung, iritasi saluran pernafasan, dan iritasi kulit. Hal ini dikarenakan jika kelas menggunakan penghawaan buatan berupa AC split, udara yang berada di dalam ruang tidak diperbaharui, sehingga bakteri, kuman, jamur, dan polutan yang dibawa atau berada di dalam kelas akan tetap berada di dalam kelas. Keadaan ini akan semakin diperparah jika AC tidak sering dibersihkan.

## SIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kualitas kimia dan mikrobiologi udara pada ruang kelas objek penelitian memiliki kualitas yang baik. Sedangkan untuk kualitas fisik udara pada ruang kelas yang menggunakan penghawaan alami tidak sesuai standar baku mutu Keputusan Menteri Kesehatan, sehingga kurang nyaman untuk digunakan untuk aktivitas belajar mengajar.

Ruang kelas dengan penghawaan buatan memiliki faktor fisik udara yang lebih sesuai untuk beraktivitas dan memiliki total koloni bakteri di udara yang lebih rendah dibandingkan dengan ruang kelas dengan penghawaan alami. Berdasarkan hasil kuisioner mengenai tingkat kenyamanan dan gangguan akan bau diketahui bahwa, siswa pengguna ruang kelas berpenghawaan alami merasa kurang nyaman karena terasa panas dan terganggu oleh bau keringat, sedangkan dari segi kesehatan, siswa pada ruang kelas berpenghawaan buatan mengalami gangguan fisik yang lebih tinggi dan lebih beragam seperti iritasi hidung, iritasi saluran pernafasan, iritasi kulit dan iritasi mata.

Menurut faktor kimia diudara, kedua ruang kelas memiliki kadar polutan kimia yang jauh dibawah standar baku mutu Keputusan Menteri Kesehatan. Pada ruang kelas dengan penghawaan alami dan buatan sama – sama ditemukan jamur, dimana jamur akan menyebabkan pengguna ruang lebih rentan terkena penyakit yang berkaitan dengan jamur seperti panu.

Menurut peneliti, ruang kelas bangunan cagar budaya di Surabaya sebaiknya menggunakan penghawaan buatan berupa AC/kipas angin, dikarenakan suhu kota Surabaya berkisar antara 26 – 34 °C dengan kelembaban 58 – 90%, dengan suhu dan kelembaban yang tinggi ini pengguna akan merasakan gangguan kesehatan seperti lemas dan pusing yang akan mengganggu produktivitas pengguna.

Penggunaan penghawaan buatan berupa AC pada ruang kelas sekolah bangunan cagar budaya memerlukan daya AC yang cukup besar, dikarenakan plafon yang tinggi. Hal ini bisa diatasi dengan melakukan adaptasi bangunan dengan cara menurunkan plafon, namun penurunan plafon ini akan menghilangkan ciri khas dari bangunan cagar budaya. Pada kasus SMAK St Louis 1 jika ingin melakukan penurunan plafon dapat dilakukan penurunan dengan batas di bawah *boventis*.

Meskipun menggunakan penghawaan buatan berupa AC, pertukaran udara yang baik di dalam ruang kelas juga perlu diperhatikan. Hal ini bisa dilakukan dengan pemberian angin – angin atau pemasangan *exhaust fan*, agar polutan dan bau yang ada didalam ruangan bisa keluar dan diganti dengan udara yang lebih baik.

*Exhaust fan* harus digunakan saat AC dimatikan, jika tidak maka proses pendinginan ruang tidak akan optimal. *Exhaust fan* dinyalakan selama jam istirahat agar udara kotor dapat dikeluarkan dari ruangan, kemudian saat pelajaran berlangsung *exhaust fan* dimatikan dan AC kembali dinyalakan.

Selain menggunakan *exhaust fan*, penerapan *cross ventilation* juga dapat menurunkan kadar polutan dalam ruang. Pada SMAK St. Louis 1 penerapan *cross ventilation* dapat dilakukan dengan mengubah bukaan mati dari aluminium menjadi bukaan hidup seperti jendela

yang bisa dibuka tutup, yang dapat dibuka saat jam istirahat atau saat pulang sekolah.

Penggunaan AC juga harus diikuti dengan perawatan yang baik, perawatan perlu dilakukan agar polutan dalam ruang kelas tidak tinggi. Penghawaan buatan membutuhkan pembersihan AC selama 3 bulan sekali dan pembersihan kelas secara rutin dengan menggunakan bahan pembersih yang ramah lingkungan dan berbahan dasar air. Jika tidak rutin dibersihkan maka akan terjadi masalah kesehatan berupa iritasi mata, iritasi hidung, iritasi saluran pernafasan, dan iritasi kulit seperti yang terjadi di SMK St Louis 1.

Selain penggunaan penghawaan buatan berupa AC, penggunaan penghawaan buatan berupa kipas angin juga dapat meningkatkan kenyamanan dalam kelas. Kipas angin dapat mempercepat kecepatan angin/laju ventilasi sehingga suhu dan kelembaban dalam ruang dapat menurun dan dapat mengeluarkan plutan dalam ruang. Sama seperti AC, kipas angin tidak mengasalkan udara baru sehingga keberadaan bukaan sebagai sumber udara dalam ruang kelas sangat penting. Kelebihan dari penggunaan kipas angin adalah kipas angin memerlukan daya yang lebih kecil dari AC.

Penggunaan kipas angin ini cocok sebagai solusi bagi SMK Negeri 2 dikarenakan kondisi ruang kelas dari SMK Negeri 2 memiliki sumber udara yang berasal dari bukaan alami dengan sistem *cross ventilation*, namun kecepatan angin/laju ventilasinya sangat rendah, dengan pemasangan kipas angin maka dapat mempercepat laju ventilasi dan menurunkan suhu dan kelembaban ruang yang terlalu tinggi.

Berdasarkan hasil penelitian, untuk mendapatkan kualitas udara dalam ruang yang baik bagi ruang kelas sekolah bangunan cagar budaya di Surabaya, maka diperlukan beberapa tindakan sebagai berikut :

- **SMAK St. Louis 1**

Menghemat daya AC dengan cara melakukan penyesuaian ruang dengan cara penurunan ketinggian plafon, jika tidak ingin melakukan penurunan plafon maka jumlah AC harus ditambahkan agar suhu dan kelembaban ruang menjadi nyaman untuk beraktivitas. Menerapkan pemakaian *exhaust fan* atau *cross ventilation* untuk mengeluarkan polutan dalam ruang dan meningkatkan IAQ. Melakukan pembersihan dan pengecekan AC secara rutin untuk menurunkan gangguan kesehatan yang dialami siswa. Menyediakan *storage* yang memadai untuk menyimpan buku dan beda lain agar tidak berserakan. Mencuci tirai secara rutin agar tidak menjadi tempat bersarangnya debu dan jamur.

- **Bagi SMK Negeri 2**

Mempertimbangkan penggunaan penghawaan buatan dalam ruang seperti kipas angin atau AC agar IAQ dan kenyamanan ruang kelas menjadi lebih baik, dikarenakan iklim kota Surabaya sudah tidak memungkinkan jika suatu ruang tidak menggunakan penghawaan buatan. Jenis penghawaan buatan yang direkomendasikan untuk SMK Negeri 2 adalah kipas angin, jika ingin menggunakan penghawaan buatan berupa AC maka jenis AC yang dapat digunakan adalah jenis AC *split*. Melakukan pembersihan

ruangan dengan lebih menyeluruh, karena ditemukannya banyak debu di plafon.

• **Bagi Sekolah secara Keseluruhan**

Memberikan pendidikan mengenai IAQ dan SBS kepada siswa, guru dan orang tua siswa. Memberdayakan seluruh siswa, guru dan karyawan untuk meningkatkan kesadaran akan kebersihan kelas dan lingkungan sekitar kelas. Memproteksi diri sendiri dengan meningkatkan sistem imun tubuh agar lebih resisten terhadap penyakit. Mengurangi penggunaan material penyebab polusi yang diaplikasikan dalam ruang, material dapat diganti dengan material yang mudah dibersihkan dan ramah lingkungan. Melakukan perawatan ruang/bangunan dengan menggunakan material yang ramah lingkungan (berbahan dasar air dan ramah lingkungan).

**REFERENSI**

- [1] Peraturan Daerah Surabaya No 5 2005 tentang Pelestarian Bangunan dan/atau Lingkungan Cagar Budaya
- [2] Lourenco, Paulo B., Eduarda Luso, dan Manuela G. Alemeida. "Defects and Moisture Problem in Buildings From Historical City Centers: A Case Study in Portugal". *Building and Environment* 41(4 Januari 2005): 223 – 234.
- [3] "Who is Affected by Air Pollution". *New South Wales (NSW) Government*. 8 April 2016.  
<<http://www.health.nsw.gov.au/environment/air/Pages/who-is-affected.aspx>>
- [4] Bakó-Biró, Zs., D.J. Clements-Croome, N. Kochhara, H.B. Awbia, dan M.J. Williams. "Ventilation Rates in Schools and Pupil's Performance". *Building and Environment* 48 (2011): 1 – 9.
- [5] *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)*. "Building Air Quality A Guide For Owners and Facility Managers". Desember 1991. 23 Mei 2016 <<http://www.cdc.gov/niosh/docs/91-114/pdfs/91-114.pdf>>
- [6] "When Asbestos is Dangerous?". *Oregon State University*. 23 Mei 2016 <<http://oregonstate.edu/ehs/asb-when>>
- [7] Moerdjoko. "Kaitan Sistem Ventilasi Bangunan Dengan Keberadaan Mikroorganisme Udara". *Dimensi Teknik Arsitektur* 32.1. (Juli 2004) 89 – 94.
- [8] Prihatmanti, Rani. "Kajian kualitas udara dalam ruang (*indoor air quality*) di laboratorium klinik Paramita Surabaya". Skripsi. Surabaya.2009.
- [9] Nazaroff, William W, et. all. "Indoor Air Chemistry: Cleaning Agents, Ozone and Toxic Air Contaminants". Final Report: Contract No. 01-336 (April 2006)  
< <http://www.arb.ca.gov/research/apr/past/01-336.pdf> >
- [10] Prasasti, Corie I., Sudarmaji, dan Retno Adriyani. "Kualitas udara dalam ruang ber-AC dan keluhan kesehatan siswa". *Jurnal Kesehatan Lingkungan* 7.1. (1 juli 2013): 14 – 20.
- [11] Keputusan Menteri Kesehatan RI No. 1405/Menkes/SK/X/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan.
- [12] Prasasti, Corie I., J.Mukono, dan Sudarmaji. "Pengaruh kualitas udara dalam ruangan ber-AC terhadap gangguan Kesehatan". *Jurnal Kesehatan Lingkungan* 1.2 (Januari 2005): 160 – 168.
- [13] Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika. 4 April 2016. <<http://www.bmkg.go.id/>>
- [14] Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. Per.13/MEN/X/2011 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Faktor Kimia Di Tempat Kerja