

KAJIAN KEBUTUHAN VENTILASI ALAMI RUANGAN PADA BANGUNAN GEDUNG

Kennardy Winardo¹, Mia Wimala^{2*}

¹Magister Manajemen Proyek Konstruksi, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung

²Jurusan Teknik Sipil, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung

*Korespondensi: miasoejoso@unpar.ac.id

ABSTRACT

The Indonesian National Standard (SNI) 6572:2001 on natural ventilation in buildings has not been updated in the last 20 years, while similar standards in other countries have been periodically improved. The development of science and technology, environmental conditions, coupled with the COVID-19 pandemic that affects the entire world are the basis for consideration of the adjustment of related standards. This study uses a literature review method to identify ventilation requirements in buildings in Indonesia which are reviewed according to natural ventilation standards in buildings in Singapore, Malaysia, the United States, and Australia. The purpose of this study is to look at the standards for natural ventilation in several countries, namely the United States, Singapore, Malaysia, and Australia, as well as identify criteria that can be applied according to conditions in Indonesia. The results showed that the need for natural ventilation in buildings in Indonesia by 5% has met the existing conditions. However, further studies regarding the need for natural ventilation that are adjusted based on the function of the room as determined by ASHRAE 62.1 need to be carried out.

Keyword: Indoor Air Quality, Natural Ventilation, Ventilation Standard

1. PENDAHULUAN

Udara bersih sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup termasuk manusia sehingga kebutuhan udara bersih tidak dapat diabaikan dalam kehidupan sehari-hari. Perkembangan industri yang semakin hari semakin meningkat membuat pencemaran udara semakin memburuk. Polusi udara tersebut juga bisa mengancam kesehatan meskipun berada di dalam ruangan. Menurut *World Health Organization* (WHO), sekitar 30% bangunan gedung di dunia mengalami masalah kualitas udara dalam ruangan. Untuk ini penggunaan ventilasi untuk melemahkan polutan dan zat pencemar adalah suatu upaya untuk meningkatkan kualitas udara di dalam bangunan [1]. Tanpa ventilasi yang baik, maka aliran sirkulasi udara di dalam ruangan tidak berjalan lancar, dan mengakibatkan terjebaknya udara yang akan membuat keadaan ruangan dalam bangunan menjadi pengap dan lembab.

Oleh karena itu, Sertifikat Layak Fungsi

(SLF) mengatur mengenai keandalan dari suatu bangunan dimana kesehatan bangunan merupakan salah satu aspeknya. Sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 27/PRT/M/2018 Tentang Sertifikat Laik Fungsi Bangunan Gedung, Sertifikat Laik Fungsi (SLF) merupakan sertifikat yang diterbitkan oleh pemerintah daerah terhadap bangunan gedung yang telah selesai dibangun sesuai Persetujuan Bangunan Gedung (PBG). Bangunan gedung yang telah memenuhi persyaratan kelaikan teknis sesuai fungsi bangunan berdasar hasil pemeriksaan dari instansi terkait dapat mendapatkan SLF. Kesehatan bangunan merupakan salah satu aspek dari syarat keandalan bangunan yang diatur oleh SLF dan salah satu elemen yang dijelaskan dalam aspek kesehatan bangunan adalah ventilasi. Peraturan mengenai ventilasi ini diatur dalam SNI 6572:2001 tentang Tata Cara Ventilasi dan Sistem Pengkondisian

Udara pada Bangunan Gedung.

Namun demikian, standar SNI 6572:2001 tentang Tata Cara Ventilasi dan Sistem Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung tersebut belum pernah diperbaharui sejak tahun 2001. Standar ventilasi pada negara lain seperti *The American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) dalam 20 tahun terakhir sudah mengalami enam kali perubahan, standar tersebut telah mengalami beberapa perubahan seiring dengan perkembangan penelitian mengenai kriteria dalam merencanakan ventilasi alami, kualitas udara dalam ruangan, efek kesehatan dari kontaminan dan campuran kontaminan [2]. Dikarenakan standar SNI belum pernah diperbaharui, para arsitek di Indonesia umumnya memiliki kecenderungan untuk tidak memakai kriteria perencanaan ventilasi pada SNI 6572:2001 melainkan memakai kriteria perencanaan ventilasi pada standar yang dimiliki oleh negara lain seperti ASHRAE 62.1. Oleh karena itu, standar SNI 6572:2001 tersebut harus diperbaharui berdasarkan perkembangan secara kriteria perencanaan ventilasi mengingat persyaratan bangunan gedung di Indonesia beberapa tahun kebelakang yang semakin ketat terkait kewajiban bangunan gedung dalam pemenuhan SLF.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji kriteria kebutuhan ventilasi alami pada bangunan gedung di Indonesia yang dapat ditambahkan ke dalam SNI eksisting. Beberapa persyaratan tambahan tersebut akan dihasilkan berdasarkan kajian terkait kebutuhan ventilasi alami di beberapa negara untuk menjawab beberapa isu yang telah disebutkan sebelumnya, yang tentu saja disesuaikan dengan kondisi dan karakter khusus di Indonesia.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1. Ventilasi

Ventilasi adalah proses dimana udara bersih dari luar masuk ke dalam ruangan sekaligus mendorong udara kotor di dalam ruang ke luar dalam jumlah yang sesuai kebutuhan [3][4]. Adanya ventilasi silang (*cross ventilation*) akan menjamin pergerakan udara yang lancar dalam ruangan. Ventilasi dapat menghilangkan gas-gas yang tidak menyenangkan yang ditimbulkan oleh keringat dan sebagainya serta gas-gas pembakaran

seperti CO₂ yang ditimbulkan oleh pernafasan dan proses pembakaran. Selain itu, ventilasi juga berfungsi untuk menghilangkan uap air yang timbul sewaktu memasak atau mandi, menghilangkan kalor yang berlebihan, dan membantu mendapatkan kenyamanan termal.

2.2. Standar Ventilasi Alami di Indonesia

Standar yang dipakai di Indonesia yaitu SNI 6572-2001 mewajibkan agar ventilasi alami yang disediakan harus terdiri dari bukaan permanen, jendela, pintu atau sarana lain yang dapat dibuka dengan jumlah bukaan ventilasi tidak kurang dari 5% terhadap luas lantai ruangan yang membutuhkan ventilasi. Bukaan ventilasi tersebut harus memiliki arah yang menghadap ke halaman ber dinding dengan ukuran yang sesuai atau daerah yang terbuka ke atas, dan juga dapat menghadap ke teras terbuka, pelataran parkir, atau sejenisnya. Sementara itu, ventilasi alami pada suatu ruangan yang berasal dari jendela, bukaan, ventilasi di pintu atau sarana lain dari ruangan yang bersebelahan dengan jumlah bukaan ventilasi disyaratkan tidak kurang dari 10% terhadap luas lantai ruangan yang membutuhkan ventilasi [5].

2.3. Standar Ventilasi Alami di Berbagai Negara

Negara Amerika Serikat dan Malaysia memakai standar ANSI/ASHRAE 62.1 yang merupakan standar internasional yang diakui untuk desain sistem ventilasi dan kualitas udara dalam ruangan. Pada edisi pertama, standar ANSI/ASHRAE 62.1 mengadopsi pendekatan menyeluruh untuk ventilasi dengan menentukan laju aliran udara luar ruangan minimum yang direkomendasikan untuk mendapatkan kualitas udara dalam ruangan yang dapat diterima untuk berbagai ruang dalam ruangan. Fungsi dari standar ini adalah untuk memastikan kualitas udara dalam ruangan dapat diterima oleh penghuni bangunan yang meminimalkan efek buruk bagi kesehatan.

Negara Singapura memakai Standar Singapura 553 yang disusun oleh *Working Group* yang ditunjuk oleh Komite Teknis Pemeliharaan dan Manajemen Gedung Singapura yang berada di bawah arahan Komite Standar Bangunan dan Konstruksi Singapura. Standar ini mewakili standar praktik yang baik untuk sistem pendingin udara dan

ventilasi mekanis dengan penekanan khusus pada kualitas udara dalam ruangan, efisiensi energi, keselamatan kebakaran, dan perawatan. Standar Singapura 553 ini memberikan panduan umum dalam desain, konstruksi, instalasi, pengujian, pengoperasian dan pemeliharaan sistem pendingin udara dan ventilasi di semua bangunan komersial, kantor, dan institusional kecuali fasilitas perawatan kesehatan. Tujuan dari standar ini adalah untuk menetapkan persyaratan minimum dalam ventilasi mekanis dan praktik rekayasa pendingin udara sehingga lingkungan termal dalam ruangan yang dapat diterima dapat dicapai dengan cara yang hemat energi dengan pertimbangan umum untuk kualitas udara dalam ruangan dan kemampuan pemeliharaan dari peralatan.

Negara Australia memakai standar EN 13779 yang disiapkan oleh Komite Teknis CEN/TC 156 “Ventilasi untuk Bangunan”. Selain negara Australia, standar EN 13779 juga menjadi acuan di negara Eropa. Standar ini memberikan panduan terutama bagi perancang, pemilik dan pengguna bangunan, tentang sistem ventilasi, pendingin udara, dan pendingin ruangan untuk mencapai lingkungan dalam ruangan yang nyaman dan sehat di semua musim. EN 13779 ini berlaku untuk desain dan penerapan sistem ventilasi dan pengkondisian ruangan untuk bangunan non-hunian. Panduan untuk desain yang diberikan dalam standar ini berlaku untuk sistem ventilasi mekanis, dan bagian mekanis dari sistem ventilasi.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kajian literatur untuk menjawab pertanyaan dalam kajian ini. Pada penelitian ini akan mengidentifikasi kebutuhan ventilasi pada bangunan gedung di Indonesia yang ditinjau menurut standar ventilasi alami pada bangunan gedung pada negara Singapura, Malaysia, Amerika Serikat, dan Australia. Setelah membandingkan standar ventilasi alami pada bangunan gedung di berbagai negara tersebut, akan dilakukan analisis mengenai pengembangan kriteria kebutuhan ventilasi alami pada bangunan gedung yang dapat diimplementasikan di Indonesia. Hasil dan kesimpulan dari analisis tersebut ialah berupa rekomendasi kriteria ventilasi alami di Indonesia yang dapat menjadi masukan untuk

pembaharuan pada standar SNI 6572.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kriteria Ventilasi Alami pada Berbagai Negara

Standar ventilasi alami pada negara Amerika Serikat, Singapura, Malaysia, dan Australia memiliki kriteria yang berbeda-beda untuk merencanakan ventilasi alami. Kriteria dari masing-masing standar disesuaikan dengan kondisi negara tersebut baik dari keadaan gedung yang ada hingga iklim negara (**Tabel 1**). Terdapat beberapa standar yang hanya mengatur ventilasi dari persentase luasannya saja, berdasarkan fungsi ruangnya, ataupun berdasarkan keduanya.

Tabel 1. Kriteria Ventilasi Alami

Standar Ventilasi Alami	Iklim	Persentase	Fungsi Ruang
ANSI/ASHRAE 62.1-2010 (Amerika Serikat)	Subtropis	4% untuk ventilasi.	Diatur
<i>Singapore Standard</i> (SS) 553:2016 (Singapura)	Tropis	Tidak Diatur	Diatur
ANSI/ASHRAE 62.1-2007 (Malaysia)	Tropis	4% untuk ventilasi.	Tidak diatur
EN (Norme Européenne) 13779:2007 (Australia)	Subtropis	5% untuk ventilasi.	Diatur

4.2. Analisis Kriteria Ventilasi Alami

Berdasarkan kriteria ventilasi alami pada standar dari negara Amerika Serikat, Singapura, Malaysia, dan Australia, didapat 3 kriteria yang menjadi pembeda antara satu standar dan standar lainnya.

4.2.1. Iklim Negara

Lokasi Singapura sepenuhnya berada di dataran rendah dan berdekatan dengan pantai memiliki jarak antar gedung yang berdekatan. Pada situasi tersebut, standar ventilasi alami disesuaikan dengan tingkat aliran udara sesuai dengan fungsi ruangan meskipun untuk mendapatkan tingkat aliran udara yang sesuai harus dibantu dengan ventilasi mekanis. Sedangkan untuk negara Malaysia, pendekatan dari standar di Malaysia hanya dengan persentase ventilasi alami, tingkat aliran udara sesuai fungsi ruangan dapat menjadi

persyaratan yang baik. Malaysia sendiri memiliki kondisi antar gedung yang tidak sepadat Singapura sehingga hal tersebut menyebabkan negara Malaysia tidak memiliki kriteria yang serupa dengan Singapura melainkan mengadopsi dari ASHRAE.

Ventilasi alami merupakan strategi yang paling baik pada bangunan di iklim tropis dengan desain pasif [6]. Kurangnya perubahan suhu antara siang dan malam dan tingkat kelembaban yang tinggi menyebabkan pertukaran udara pada ventilasi alami mencapai efisiensi maksimum. Ventilasi alami dapat meningkatkan pendinginan secara signifikan pada di dalam ruangan. Perbedaan suhu serta jarak vertikal antara saluran masuk dan saluran keluar adalah dua kriteria penting yang mempengaruhi efisiensi ventilasi [6][10].

Lokasi gedung-gedung di Amerika Serikat dan Australia juga memiliki keberagaman situasi yang mensyaratkan persentase ventilasi alami dan tingkat aliran udara yang sesuai dengan fungsi ruangan dan populasi dalam ruangan. Standar ASHRAE membagi klasifikasi fungsi ruangan menjadi fasilitas masyarakat, fasilitas pendidikan, layanan makanan dan minuman, layanan umum, hotel, motel, resor, dan asrama, gedung perkantoran, ruang lain-lain, ruang pertemuan publik, perumahan, perdagangan atau pertokoan, serta tempat olahraga dan hiburan. Standar ASHRAE juga mewajibkan pengecekan untuk kualitas udara dalam ruangan yang memiliki persyaratan minimum mikroba dan zat-zat lainnya. Standar EN 13779 membagi klasifikasi fungsi ruangan menjadi ruang kantor besar, ruang kantor kecil, ruang pertemuan, pertokoan, ruang kelas, ruang rumah sakit, perhotelan, dan restoran. Sebagai contoh untuk ruangan perkuliahan pada standar ASHRAE memberikan koefisien 3,8 liter/detik per orang dan 0,3 liter/detik per meter persegi, sedangkan pada standar EN memberikan koefisien 2,5 meter persegi / orang.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bangunan tradisional berventilasi alami tidak dapat menyediakan lingkungan termal dalam ruangan yang nyaman bagi penghuni selama musim panas pada iklim subtropis yang lembab [7]. Hasil dari penelitian tersebut menyebutkan pergerakan udara di dalam bangunan tergolong rendah pada musim panas pada iklim sub tropis akibat dibandingkan dengan musim yang lainnya pada iklim subtropis (88% dari

pengukuran fisik kurang dari atau sama dengan 0,2 m/detik). Hal tersebut menunjukkan bahwa kecepatan udara dalam ruangan mungkin menjadi masalah besar di bangunan berventilasi alami di daerah beriklim subtropis. Akibat dari kurangnya pergerakan udara yang cukup membuat ventilasi alami menjadi sangat penting di musim panas di negara sub tropis. Ventilasi yang buruk di dalam gedung selama musim panas membuat pergerakan udara yang tersedia tidak cukup untuk mengimbangi kenaikan suhu, dan itu memperburuk efek suhu tinggi dan menyebabkan ketidaknyamanan bagi penghuninya [8].

Bangunan di Indonesia perlu disesuaikan tingkat aliran udaranya berdasarkan fungsi ruangan seperti di Singapura. Jika mengacu standar ASHRAE dan Norme Européenne, kriteria ventilasi alami dapat hanya mengandalkan persentase minimal area untuk ventilasi maupun dikombinasikan dengan tingkat aliran udara berdasarkan fungsi ruangan. Udara luar di daerah dataran tinggi memiliki udara yang dapat dirancang hingga sesuai dengan tingkat aliran udara yang baik. Dengan tambahan berdasarkan Norme Européenne, udara dari luar dapat didistribusikan ke seluruh area dengan ventilasi silang (*cross ventilation*). Oleh karena itu dapat disimpulkan ventilasi alami cocok dengan daerah Indonesia yang memiliki iklim tropis. Ventilasi alami dapat meningkatkan pendinginan secara signifikan di mana langkah-langkah telah diambil dalam desain dan konstruksi bangunan untuk membatasi penyerapan panas dari lingkungan sekitarnya. Indonesia dengan iklim tropis memiliki keuntungan karena memiliki pergerakan udara yang lebih baik dibandingkan negara dibandingkan negara dengan iklim subtropis sehingga dalam perencanaan ventilasi dibutuhkan ventilasi yang tidak lebih besar [7] [8].

4.2.2. Jumlah Persentase

Baik standar ASHRAE tahun 2007 maupun 2010 mengatur presentase minimal area yang dijadikan ventilasi alami sebesar 4% meskipun terdapat beberapa kriteria tambahan seperti tingkat ventilasi alami berdasarkan fungsi ruangan pada edisi yang lebih baru. Standar ASHRAE 62.1 dalam perkembangannya tidak mengubah persentase minimal area yang dijadikan ventilasi alami

tetapi terus memperbaharui standar ventilasi melalui aliran udara luar ruangan minimum dan kontaminan dalam ruangan [2][9].

Singapore Standard tidak mengatur mengenai persentase minimal area yang dijadikan ventilasi alami melainkan hanya mengatur tingkat aliran udara yang disesuaikan dengan minimal aliran udara sesuai fungsi ruangan. Hal tersebut disebabkan negara Singapura memiliki jarak antar gedung sangat berdekatan sehingga jika hanya mengandalkan luasan ventilasi pada ruangan tidak dapat mendapatkan hasil maksimal. Meskipun tidak mensyaratkan ventilasi alami, lingkungan dalam ruangan masih memiliki kemungkinan yang sangat tinggi untuk mencapai kenyamanan termal yang memuaskan dengan ventilasi alami murni di Singapura dengan desain fasad yang dapat menyesuaikan kondisi angin di sekitar gedung [10]. Ventilasi silang atau dengan fasad cerdas merupakan bukaan ventilasi yang paling efektif di berbagai negara tropis termasuk Singapura, Malaysia, dan Indonesia [11]. Studi tersebut telah melihat antara lain pada ukuran dan lokasi saluran masuk dan keluar sebagai elemen yang efektif untuk ventilasi silang. Penelitian merekomendasikan jendela tegak lurus untuk meningkatkan ventilasi silang dan tata letak denah lebar untuk permukaan luar di selatan dan utara fasad bangunan untuk meningkatkan aliran udara dalam ruangan [11]. Dengan demikian, meskipun di luar persyaratan jumlah presentase ventilasi, bangunan di Singapura memiliki variasi opsi untuk mencapai aliran udara yang disyaratkan seperti desain fasad cerdas maupun menggunakan persyaratan aliran udara minimal.

Standar Norme Européenne mengatur presentase minimal area yang dijadikan ventilasi alami yaitu sebesar 5%. Angka tersebut sama dengan SNI 6572 tahun 2001 meskipun terdapat kriteria tambahan yaitu tingkat aliran udara yang disesuaikan dengan fungsi ruangan. Bangunan di beberapa negara di Eropa memiliki rata-rata tingkat ventilasi di bawah persyaratan peraturan atau kode bangunan nasional [12]. Hal tersebut menggambarkan jika bangunan yang dirancang menggunakan standar EN memiliki tingkat presentase ventilasi di bawah persyaratan, bangunan tersebut tetap memiliki aliran udara yang sesuai dengan kebutuhan pengguna bangunan. Hal tersebut juga mendorong

perkuatan, penyesuaian, dan pengoperasian sistem ventilasi pada bangunan tersebut. Kriteria yang termasuk dalam standar EN hanyalah rekomendasi, sehingga dapat disimpulkan untuk negara di Eropa dan Australia jika memakai kriteria EN dapat dipastikan bangunan tersebut memiliki tingkat aliran udara yang melebihi kebutuhannya [12].

4.2.3. Fungsi Ruang

Pada standar ASHRAE, tingkat aliran udara didapat dari perhitungan Zona Pernapasan Aliran Udara Luar Ruangan atau *Breathing Zone Outdoor Airflow*. Standar ASHRAE memiliki fungsi ruangan yang lebih spesifik jika dibandingkan dengan standar lain dikarenakan ASHRAE merupakan standar ventilasi pertama yang mengatur tingkat ventilasi alami berdasarkan fungsinya. Kriteria pada standar ASHRAE juga mengatur koefisien populasi ruangan dan luasan ruangan yang membuat standar ASHRAE lebih spesifik dibandingkan standar lain. Bahkan jika dalam perencanaan ventilasi yang menggunakan ASHRAE perencanaan sengaja mengurangi aliran udara luar ruangan minimum yang diperlukan secara signifikan (sebesar 30 hingga 70%), ruangan tersebut masih dapat dikatakan layak digunakan dalam kondisi populasi dalam ruangan tersebut juga dikurangi [9]. Aliran udara luar ruangan sesuai standar ASHRAE menciptakan ventilasi pada bangunan yang dapat meningkatkan kenyamanan sebesar 37,5 menjadi 53,6% dan dapat menghemat 2.700 kWh energi listrik per unit hunian untuk tempat tinggal [6].

Pada *Singapore Standard*, terdapat kriteria kebutuhan sirkulasi udara dalam satuan liter per detik per luas area ruangan atau satuan liter per detik per populasi ruangan yang berbeda-beda sesuai fungsi ruangnya. Hal ini menyebabkan desain ventilasi alami hanya mengacu pada kecepatan sirkulasi udara dalam ruangan yang akan didesain. Kualitas udara dalam ruangan di daerah tropis seperti Singapura yang ditandai dengan iklim panas dan lembab sepanjang tahun memiliki korelasi kontaminan dan pertukaran udara yang tinggi [13]. Oleh karena itu, kebutuhan sirkulasi udara yang diatur pada Standar Singapura dibuat untuk setiap ruangan agar memiliki pertukaran udara yang tinggi agar kasus konsentrasi kontaminan dapat dicegah.

Pada standar Norme Européenne (EN),

terdapat kriteria asumsi luas desain berdasarkan populasi di dalam ruangan sehingga didapat minimal luas ruangan. Dari luas ruangan tersebut, dapat diperoleh luas ventilasi minimum dengan mengkalikan luas ruangan tersebut dengan 5%. Bangunan di beberapa negara di Eropa memakai acuan standar tingkat aliran udara yang sesuai dengan fungsi ruangnya secara benar sehingga dapat mengabaikan tingkat presentase ventilasi [12]. Standar EN ini menerapkan model yang sengaja memungkinkan sebagian besar orang merasa sehat saat memasuki ruangan, dan inilah alasan bahwa tingkat ventilasi yang ditentukan mungkin akan lebih besar daripada yang ditentukan oleh ASHRAE 62.1 [14]. Kualitas udara dalam ruang akan lebih aman untuk menggunakan standar EN dikarenakan besaran ventilasi yang dijadikan acuan akan lebih besar. Penggunaan ventilasi alami yang sesuai kriteria EN dapat memperbaiki kondisi kualitas udara dalam ruangan dengan mewujudkan pertukaran udara yang efektif berdasarkan kriteria kualitas udara dalam ruangan dan kenyamanan termal, juga penghematan energi maksimum [15]. Oleh karena itu, kriteria ventilasi EN berdasarkan fungsi ruangan memiliki klasifikasi ruangan yang tidak terlalu spesifik dikarenakan standar EN menerapkan tingkat aliran udara yang sedikit lebih besar. Dengan angka tingkat aliran udara yang lebih besar maka klasifikasi ruangan dapat dikelompokkan.

4.3. Rekomendasi Kriteria Ventilasi Alami untuk Standar Indonesia

Dari keempat standar yang dikaji, dapat disimpulkan bahwa tidak ada alasan untuk mengubah angka presentase minimum ventilasi yang sebesar 5% ini. Angka 4 - 5% tersebut masih dirasa masih cukup untuk menggambarkan luas minimum ventilasi alami terhadap luas ruangan bersih dengan catatan ventilasi tersebut dapat membuat aliran udara dalam ruangan sesuai dengan persyaratan aliran udara berdasarkan fungsi ruangan seperti pada ASHRAE [2][9]. Hal tersebut selaras dengan penelitian yang menjelaskan lingkungan dalam ruangan masih memiliki kemungkinan yang sangat tinggi untuk mencapai kenyamanan yang memuaskan dengan ventilasi alami murni dengan desain fasad yang dapat menyesuaikan kondisi angin di sekitar gedung sehingga nilai presentase minimum ventilasi dapat diabaikan

[10]. Pernyataan tersebut juga didukung oleh penelitian yang membuktikan bangunan yang memiliki rata-rata tingkat ventilasi di bawah persyaratan peraturan masih dapat digunakan secara layak, tetapi tetap memakai acuan wajib berupa standar tingkat aliran udara yang sesuai dengan fungsi ruangnya [12].

Efektivitas ventilasi alami yang sudah sesuai dengan presentase minimal area sangat sensitif terhadap perubahan posisi jendela, diikuti oleh orientasi bangunan dan posisi pintu [6]. Studi menunjukkan bahwa bangunan di bagian depan memiliki potensi ventilasi alami tertinggi untuk setiap sudut tertentu (θ), tata letak dan orientasi optimal bangunan terhadap angin yang berlaku adalah $\theta = 30^\circ$ [16].

Bangunan yang memiliki ventilasi di bawah persyaratan peraturan dapat digunakan secara layak dengan memakai acuan wajib berupa standar tingkat aliran udara yang sesuai dengan fungsi ruangnya [12]. Dengan adanya prosedur yang mengatur ventilasi alami berdasarkan fungsi ruangan, desain ventilasi alami akan menjadi semakin spesifik sesuai dengan fungsi ruangan yang didesain. Oleh karena itu maka perlu adanya prosedur yang mengatur standar tersebut.

Dibandingkan standar Norme Européenne, standar ASHRAE dirasa lebih sesuai dengan keadaan gedung di Indonesia dikarenakan jika memakai kriteria dengan standar Norme Européenne maka dalam pemakaian ruangan terhadap populasinya akan menjadi terbatas. Seringkali ruangan yang ditujukan sesuai fungsinya akan memiliki keterbatasan luasan area ruangan sehingga dalam kasus ini lebih tepat jika data populasi ruangan yang didesain dan luasan ruangan yang didesain yang terbatas dapat didapat besaran ventilasi yang sesuai dengan fungsi ruangan. Standar Norme Européenne memiliki pendekatan alur yang terbalik yang dimana jika bangunan memiliki ruangan yang tetap maka populasi dalam ruangan tersebut akan terbatas sesuai dengan luasan ventilasinya. Pendekatan seperti ini kurang cocok pada gedung yang setiap lantainya memiliki luas bersih bangunan yang terbatas, kecuali jika pendekatan tersebut diimplementasikan pada bangunan tapak yang memiliki luas ruangan yang dapat dimaksimalkan [6][9].

5. KESIMPULAN

Kebutuhan ventilasi alami pada bangunan

gedung sesuai dengan SNI yaitu sebesar minimum 5% untuk ventilasi alami, dan 10% untuk ventilasi yang diambil dari ruang yang bersebelahan masih dapat diimplementasikan di Indonesia. Tata letak ventilasi yang optimal terhadap angin yang berlaku adalah ventilasi dengan bukaan sudut sebesar $\theta = 30^\circ$. Meskipun kriteria persentase tidak memiliki perubahan, perlu adanya penambahan kriteria yang mengatur besar kebutuhan ventilasi alami berdasarkan fungsi ruangan. Oleh karena itu, standar ventilasi alami di Indonesia dapat mengikuti prosedur tingkat ventilasi alami berdasarkan fungsi ruangan sesuai standar ASHRAE yang mengatur tingkat aliran udara minimum yang didapat dari perhitungan zona pernapasan aliran udara luar ruangan.

Hasil penelitian ini dapat menjadi masukan bagi standar SNI 6572 yang mengatur tentang Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung ke depannya. Mengingat penilaian kualitas udara pada Permen PUPR Nomor 21 Tahun 2021 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau masih memakai SNI 6572:2001. Adapun standar yang mengatur tentang ventilasi mekanis sudah mengacu pada standar yang terbaru yaitu SNI 6390:2020 tentang Konservasi Energi Sistem Tata Udara pada Bangunan Gedung.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nielsen, P.V., Winther, F.V., dan Buus, *Contaminant flow in the microenvironment between people under different ventilation conditions*, ASHRAE Transactions, 2008.
- [2] Persily, Andrew, *Challenges in Developing Ventilation and Indoor Air Quality Standards: The Story of ASHRAE Standard 62*, Build Environ, 2015.
- [3] Razak, Gandarum, & Juawana, *Pengaruh Karakteristik Ventilasi Dan Lingkungan Terhadap Tingkat Kenyamanan Termal Ruang Kelas SMPN di Jakarta Selatan*, AGORA, Jurnal Arsitektur, Volume 15, Nomor 2, 2015.
- [4] Hermawan, Prianto, E., & Setyowati, E., *Analisa Perbandingan Suhu Permukaan Dinding Rumah Vernakular Pantai dan Gunung*, ARCADE Jurnal Arsitektur, 2018 : 149-154.
- [5] Badan Standarisasi Nasional, *SNI 03-6572-2001 Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara Pada Bangunan Gedung*, Jakarta, 2001.
- [6] Aflaki, A, Mahyuddin, N, Mahmoud, Z.A.C, and Baharum, M.R., *A review on natural ventilation applications through building façade components and ventilation openings in tropical climates*, Energy and Buildings 101, 2015.
- [7] Yang, Wei, and Zhang, Guoqiang, *Air movement preferences observed in naturally ventilated buildings in humid subtropical climate zone in China*, Int J Biometeorol, 2009 : 563–573.
- [8] Brager GS, Paliaga G, de Dear RJ, *Operable windows, personal control, and occupant comfort*, ASHRAE Trans 110, 2004 : 17–35.
- [9] Stanke, Dennis A., *Explaining Science Behind Standard 62.1-2004*, ASHRAE IAQ Applications, Vol. 7, 2006.
- [10] Liping, Wang and Hien, Nyuk Wong, *Applying Natural Ventilation for Thermal Comfort in Residential Buildings in Singapore*, Architectural Science Review Volume 50.3, pp 224-233, University of Sydney, 2007.
- [11] Sahabuddin, M.F.M., *Traditional Values and Their Adaptation in Social Housing Design: Towards a New Typology and Establishment of 'Air House' Standard in Malaysia*, The University of Edinburgh, UK, 2012.
- [12] Asikainen, Arja, Hanninen, Otto, Brelih, Nejc, Bischof, Wolfgang, Hartman, Thomas, Carrer, Paolo, and Wargocki, Pawel, *The Proportion of Residences in European Countries with Ventilation Rates below the Regulation Based Limit Value*, International Journal of Ventilation ISSN 1473-3315 Volume 12 No 2, 2013.
- [13] Chen, Ailu, Gall, Elliot T., and Chang, Victor W.C., *Indoor and outdoor particulate matter in primary school classrooms with fan-assisted natural ventilation in Singapore*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016.
- [14] Wei, Ye, Hao, Jun, Zhang, Xu, and Yu, Chuck Wah., *Studies of relationship between ventilation, pollution exposure and environmental health of buildings*, Indoor and Built Environment Vol. 26, 2017.

- [15] Schibuola, Luigi, Scarpa, Massimiliano, and Tambani, Chiara, *Natural ventilation level assessment in a school building by CO2 concentration measures*, 71st Conference of the Italian Thermal Machines Engineering Association, 2016.
- [16] Burnett, J, Bojic, M, Yik, F., *Wind-induced pressure at external surfaces of a highrise residential building in Hong Kong*, Build Environ, 2005.