

Optimalisasi Ventilasi Ruang Kelas untuk Mencegah Penularan Covid-19 dengan *Setting Experiment*

Komarudin^{1*}, Alfian Nasution², Yohanes Baptista Indra Kurniadri³,
Suharjito⁴

^{1,2,3,4} Industrial Engineering Department, BINUS Graduate Program – Master of Industrial Engineering, Bina Nusantara University, Jakarta, 11480, Indonesia

*Penulis korespondensi: komarudin001@binus.ac.id

Abstract

The spread of the SARS-CoV-2 virus has forced many schools to implement health protocols such as wearing masks, social distancing, and limiting the number of students in classrooms when face-to-face learning resumes as it did before the pandemic. This is due to the World Health Organization (WHO) and the Centers for Disease Control and Prevention (CDC) stating that Covid-19 can spread through the air (airborne). In addition to implementing health protocols, another important thing is to maintain classroom ventilation. By increasing the ventilation of outside air into the classroom, the risk of virus transmission can be reduced, and the indoor air quality can be improved. Introducing as much outside air as possible into the room is one important way to prevent the spread of Covid-19 because it can reduce the concentration of the virus in the room. ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers) recommends a minimum of 6 ACH (Air Change per Hour) for classrooms. Research conducted on one middle school classroom in Tangerang Selatan, equipped with 2 AC units and 1 window, showed that the ASHRAE standard can be met by opening the window at least 50% during learning activities and turning on 1 AC unit with the fan setting at full speed to achieve an ACH greater than 6. If besides wanting to prevent the transmission of Covid-19, you also want to create comfort during the learning process, you can turn on both AC units with the fan setting at low to full speed.

Keywords: Airborne, ASHRAE, CDC, Social distancing, WHO

Pendahuluan

Sejak awal pandemi Covid-19, virus ini telah menyebar ke berbagai negara di dunia, termasuk Indonesia. Karena virus ini sangat menular, masyarakat dituntut untuk mengubah perilaku mereka dan menerapkan kebiasaan baru dalam melakukan pencegahan terhadap risiko penularan penyakit, khususnya virus Covid-19 yang disebut SARS-CoV-2. Kebiasaan baru ini sangat penting untuk diterapkan di setiap tempat, terutama di tempat umum atau tempat yang banyak orangnya termasuk di sektor pendidikan. Dalam konteks pendidikan, penyebaran virus ini telah memaksa banyak sekolah untuk menjalankan protokol kesehatan seperti memakai masker, menjaga jarak, membatasi jumlah siswa didalam ruang

kelas, dan membatasi waktu di ruang yang ramai (Sha, Zhang, & Qi, 2021). Tindakan perlindungan ini sangat penting untuk diikuti jika ingin pembelajaran dilakukan secara tatap muka seperti sebelum terjadinya pandemi. Namun, kekhawatiran akan penyebaran Covid-19 di ruang kelas masih sangat tinggi, mengingat virus SARS-CoV-2 dapat menyebar melalui airborne, seperti dinyatakan langsung oleh WHO dan US-CDC. Penularan melalui udara ini menjadi jalur penting penularan Covid-19 (Chen, Chen, Chen, & Su, 2021), sehingga diperlukan upaya kolaboratif dari semua pihak, termasuk siswa, staf pengajar, dan pemerintah untuk meminimalkan penyebaran Covid-19 di ruang kelas dan menjaga kesehatan dan

keselamatan seluruh anggota komunitas pendidikan.

Upaya kolaboratif ini dapat dilakukan dengan memperkuat protokol kesehatan yang ada di sekolah, memastikan semua anggota komunitas pendidikan mematuhi protokol tersebut, serta memperkuat sistem pemantauan dan pengendalian penyebaran Covid-19 di lingkungan sekolah. Selain itu, peran masyarakat juga sangat penting dalam meminimalkan penyebaran virus ini dengan mematuhi protokol kesehatan di luar sekolah, seperti memakai masker, menjaga jarak, dan mencuci tangan secara teratur. Semua upaya ini perlu dilakukan secara terus-menerus dan konsisten untuk mengurangi risiko penyebaran Covid-19 di ruang kelas dan menjaga kesehatan dan keselamatan seluruh anggota komunitas pendidikan.

Covid-19 adalah suatu penyakit menular yang disebabkan oleh virus SARS-CoV-2. Sebagian besar orang yang terkena Covid-19 akan mengalami gejala ringan atau sedang, dan akan sembuh tanpa penanganan khusus (Fadli, 2023). Namun, sebagian orang dapat mengalami sakit yang parah dan memerlukan perawatan medis. Virus ini dapat menyebar dari mulut atau hidung orang yang terinfeksi melalui partikel-partikel kecil yang berasal dari air liur, batuk, bersin, berbicara, bernyanyi, atau bernapas. Partikel-partikel tersebut dapat berupa droplet atau bahkan aerosol yang lebih kecil. Kita dapat tertular jika menghirup udara yang terkontaminasi virus ketika berada di dekat orang yang sudah terinfeksi Covid-19. Selain itu, kita juga bisa tertular jika menyentuh mata, hidung, atau mulut setelah menyentuh permukaan benda yang terkontaminasi virus.

Selain kesadaran diri untuk melakukan pencegahan, pengelola tempat-tempat umum seperti pusat perbelanjaan, tempat wisata, dan sekolah wajib melaksanakan protokol kesehatan, sebagai contoh pada sekolah dilakukan desinfektan rutin, disediakan *hand sanitizer* di gerbang sekolah atau bahkan disetiap ruang kelas, dilakukan pengukuran suhu tubuh sebelum masuk dan lain sebagainya. Hal yang tidak kalah penting yang harus dilakukan sekolah

untuk pencegahan penularan virus SARS-CoV-2 yaitu dengan melakukan kontrol yang optimal terhadap sistem ventilasi ruang kelas untuk dapat mencapai risiko rendah penularan Covid-19 (Sha, Zhang, & Qi, 2021) dikarenakan ada cukup bukti penularan melalui udara dari *coronavirus* dan ini telah diperhitungkan dalam pedoman yang dirilis oleh organisasi dan lembaga internasional untuk mengendalikan penyebaran SARS-CoV-2 di lingkungan dalam ruangan (Francesco Chirico, 2020). Hal yang bisa dilakukan diantaranya dengan memasukan udara luar sebanyak-banyaknya untuk melarutkan konsentrasi virus SARS-CoV-2 (Kafiuddin, 2020).

Ventilasi udara yang cukup dalam ruangan dapat membantu mengurangi risiko penularan virus. Ketika udara luar masuk kedalam ruangan, maka partikel-partikel udara yang terinfeksi akan menyebar dan menjadi kurang padat. Sebaliknya, jika udara dalam ruangan terperangkap dan tidak diganti dengan udara segar dari luar, maka partikel-partikel udara yang terinfeksi akan terakumulasi didalam ruangan dan memperbesar risiko penularan. Pentingnya kualitas udara dalam ruangan dan ventilasi yang cukup dalam ruangan menjadi sangat penting dalam konteks pandemi Covid-19. Virus SARS-CoV-2 dapat bertahan di udara selama beberapa jam dan menyebar melalui partikel udara yang terinfeksi. Oleh karena itu, ASHRAE telah mengeluarkan standar ventilasi untuk mencapai kualitas udara dalam ruangan, yaitu ASHRAE 62.1-2019. Meskipun standar ini tidak secara khusus mengacu pada penularan virus SARS-CoV-2, meningkatkan ventilasi udara luar ke dalam ruang kelas dapat membantu mengurangi risiko penularan virus dan meningkatkan kualitas udara dalam ruangan.

ASHRAE merekomendasikan minimal 6 ACH untuk ruang kelas (Prisca Winata, 2021) seperti terlihat pada tabel 1 dibawah (Robertson, 2020). ACH mengacu pada jumlah perubahan udara luar yang

masuk kedalam ruangan dalam satu jam. Hal ini berarti bahwa udara dalam ruang kelas harus diganti minimal 6 kali dalam satu jam. Cara termudah untuk meningkatkan jumlah udara luar yang masuk ke dalam ruangan adalah dengan

membuka jendela dan pintu. Selain itu, penggunaan sistem ventilasi yang memadai juga sangat penting untuk membantu meningkatkan sirkulasi udara dalam ruangan.

Tabel 1. Rekomendasi ASHRAE untuk ACH berdasarkan tipe gedung

Location Type	Suggested Outdoor Air Ventilation Rate (Air Change per Hour)
Homes	0.35 - 1
Hotel Rooms	1 - 2
Offices	2 - 3
Retail Shops	2 - 3
Schools (except lecture halls)	5 - 6
Sports Facilities	4 - 8
Restaurants	6 - 8

Pada tabel 1 diatas, ruang kelas termasuk kedalam tipe lokasi sekolah dengan rekomendasi ACH 5 sampai 6. Selain untuk sekolah, ASHRAE juga merekomendasikan ACH untuk tipe lokasi lainnya seperti rumah, kamar hotel, ruang kantor, tempat perbelanjaan, fasilitas olahraga, dan *restaurants*.

Meningkatkan kualitas udara dalam ruangan dan ventilasi yang cukup dalam ruangan sangat penting untuk meminimalkan risiko penularan virus di ruang kelas. Memasukkan udara luar sebanyak-banyaknya kedalam ruangan dapat membantu melarutkan konsentrasi virus di dalam ruangan (Sha, Zhang, & Qi, 2021) dan membantu menjaga kesehatan dan keselamatan seluruh anggota komunitas pendidikan.

Pembukaan ventilasi dapat berdampak pada beban AC, yaitu meningkatkan suhu di dalam ruangan. Beban AC akan semakin berat ketika udara luar yang masuk kedalam ruangan memiliki suhu yang lebih tinggi dari suhu didalam ruangan. Beberapa akibat

pembukaan ventilasi terhadap beban AC yaitu, ketika udara luar yang masuk kedalam ruangan memiliki suhu yang lebih tinggi dari suhu ruangan, AC akan mengalami peningkatan beban kerja karena harus menurunkan suhu ruangan hingga pada suhu yang diinginkan. Ini akan memaksa AC untuk bekerja lebih keras dan lebih lama, sehingga meningkatkan konsumsi energi dan biaya listrik, peningkatan beban kerja pada AC juga dapat mengurangi efisiensi kerjanya karena AC yang terus-menerus bekerja keras untuk menurunkan suhu ruangan akan memerlukan lebih banyak energi untuk menghasilkan udara dingin, dan menurunkan kenyamanan siswa karena suhu yang terlalu panas didalam ruangan dapat membuat siswa merasa tidak nyaman dan kesulitan untuk berkonsentrasi. Hal ini dapat mengganggu proses belajar dan akademik siswa. Untuk hal ini diperlukan adanya pengaturan AC yang sesuai supaya sirkulasi udara didalam kelas tetap terjadi sesuai dengan rekomendasi ASHRAE 62.1-2019 dan para siswa serta guru tetap

merasa nyaman berada didalam kelas sehingga proses belajar-mengajar tetap dapat berjalan secara optimal.

Adanya sistem ventilasi yang baik akan lebih menunjang kesehatan dan kenyamanan pengguna didalam ruang kelas serta dengan adanya pandemi Covid-19 ini juga dapat mencegah penularan virus SARS-CoV-2. Pertukaran udara ini biasanya dihitung dengan satuan ACH yang dapat dihitung dengan persamaan dibawah:

$$ACH = \frac{Q}{V} \quad (1)$$

dimana,

$$Q = v \times A \times 360 \quad (2)$$

maka,

$$ACH = \frac{v \times A \times 3600}{V} \quad (3)$$

dengan,

ACH = Jumlah pertukaran udara per jam [x/jam]

V = Volume ruangan [m³]

Q = Debit aliran fluida [m³/jam]

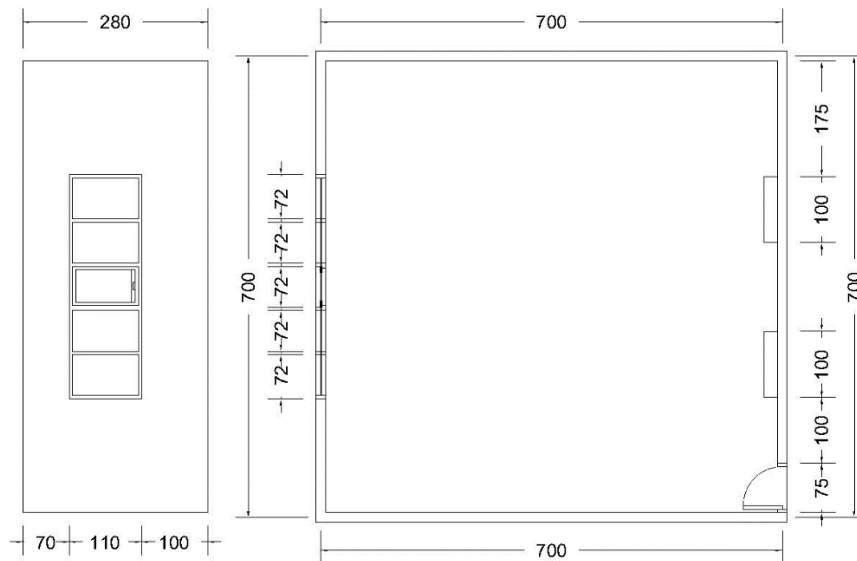
A = Luas penampang [m²]

v = Kecepatan aliran udara [m/s]

(Yolanda, Putri, & Munir, 2022).

Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan melakukan *setting experiment* pada salah satu ruang kelas Sekolah menengah Pertama (SMP) di Tangerang Selatan yang semua kelas nya memiliki bentuk dan ukuran sama yaitu Panjang 7 meter, lebar 7 meter, dan tinggi plafond 2,8 meter. *Setting experiment* yang dilakukan yaitu dengan melakukan pengukuran kecepatan udara pada AC split yang terpasang di ruang kelas sebanyak 2 unit dengan kapasitas masing-masing 2 PK dengan ukuran panjang tempat keluarnya udara 0.91 meter dan lebar 0,11 meter. *Setting experiment* juga dilakukan pada jendela kelas yang berjumlah 1 buah dengan ukuran panjang 1,1 meter dan lebar 0,72 meter untuk mengetahui kecepatan udaranya. *Setting experiment* pada AC split dilakukan dengan membuat variable kecepatan fan pada *setting low, medium, dan high*. *Setting experiment* pada jendela dilakukan dengan membuat variable bukaan jendela pada 30%, 50%, dan 100%. Denah dari ruang kelas yang akan dilakukan penelitian seperti terlihat pada gambar 1 dibawah.



Gambar 1. Denah ruang kelas

Metode penelitian untuk mencari ACH ventilasi jendela dan AC Split ruang kelas dengan cara pengambilan data melalui percobaan dapat dilakukan dengan beberapa langkah sebagai berikut:

1. Perencanaan Penelitian
Perencanaan penelitian meliputi menentukan tujuan penelitian yaitu menunjukkan apakah ruang kelas dapat memenuhi rekomendasi ventilasi dari ASHRAE untuk melakukan pencegahan penularan Covid-19 secara optimal, jenis percobaan yang akan dilakukan yaitu mengukur kecepatan udara pada jendela dan AC split kelas, menentukan variabel yang akan diukur yaitu kecepatan udara pada jendela dan AC split, menentukan sampel ruang kelas yang akan diuji, menentukan peralatan dan instrumen yang akan digunakan yaitu *anemometer*, serta menentukan metode pengambilan data yang sesuai.
2. Pengumpulan Data
Pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan pengukuran langsung pada ruang kelas yang akan diuji. Hal ini meliputi pengukuran kecepatan udara pada jendela dan AC split sesuai dengan variable setting yang dijelaskan diatas.
3. Analisis Data
Analisa data dilakukan untuk mengetahui apakah ruang kelas tempat dilakukannya percobaan

memenuhi standar yang telah ditentukan oleh ASHRAE atau tidak.

4. Interpretasi Hasil
Hasil penelitian akan diinterpretasikan untuk menentukan jumlah ACH ventilasi dan efektivitas AC Split ruang kelas agar dapat mencegah penularan Covid-19. Hal ini dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran dengan standar yang telah ditetapkan oleh ASHRAE.
5. Kesimpulan
Kesimpulan dibuat untuk menentukan setting seperti apa yang paling optimal pada jendela dan AC split dalam mencegah penularan Covid-91 didalam ruang kelas sesuai dengan rekomendasi ASHRAE.

Penelitian ini dilakukan tanpa adanya setting khusus pada ruang kelas melainkan dilakukan apa adanya, sehingga penting untuk memperhatikan faktor-faktor eksternal yang dapat mempengaruhi hasil penelitian, seperti kondisi cuaca dan kecepatan udara di luar kelas.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengumpulan data dari *setting experiment* yang dilakukan pada AC Split ruang kelas, didapatkan data seperti terlihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kecepatan udara AC Split

Nama AC	Kecepatan Udara [m/s]			Luas grill [m ²]	Volume Kelas [m ³]
	Fan Low	Fan Medium	Fan High		
AC Split 1	1.7	2.4	3.7	0.1	137.2
AC Split 2	1.5	2.3	3.5	0.1	137.2

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa luas penampang tempat keluar udara atau *grill* AC split yaitu 0,1 m² yang merupakan hasil perkalian antara panjang dengan

lebar *grill* AC split tersebut, sedangkan untuk volume kelas 137,2 m³ didapatkan dari hasil perkalian antara panjang, lebar dan tinggi ruang kelas. Kecepatan udara

yang dihasilkan melalui alat ukur *anemometer* pada AC split 1 dan 2 dengan variasi *setting fan* pada posisi *low*, *medium*, dan *high* didapatkan hasil yang berbeda-beda dengan kecenderungan naik kecepatan udaranya untuk setiap kenaikan

setting fan. Besarnya ACH untuk setiap *setting fan* AC dapat kita ketahui dengan cara perhitungan menggunakan persamaan (3), hal ini dapat terlihat hasilnya pada tabel 3 dibawah.

Tabel 3. ACH AC Split

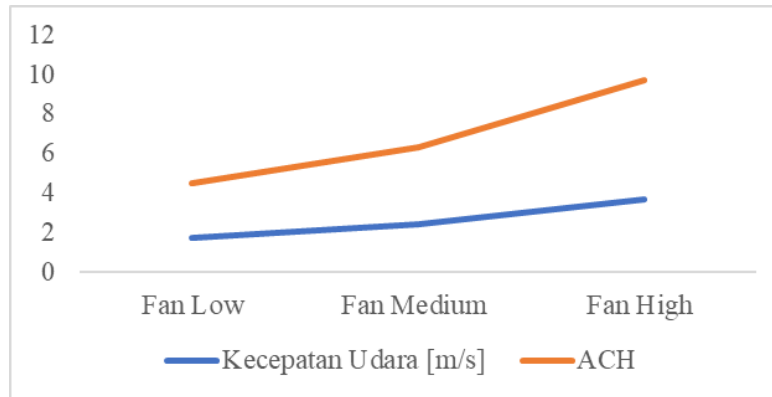
Nama AC	Kecepatan Udara [m/s]			Luas grill [m ²]	Volume Kelas [m ³]	ACH		
	Fan Low	Fan Medium	Fan High			Fan low	Fan Medium	Fan High
	AC Split 1	1.7	2.4			3.7	0.1	137.2
AC Split 2	1.5	2.3	3.5	0.1	137.2	3.9	6.0	9.2

Dari tabel 3 dapat dilihat pada AC Split 1 kecepatan udaranya 1,7 m/s untuk *setting fan* pada posisi *low* dan menghasilkan 4,5 ACH yang berarti pada ruang kelas terjadi pergantian udara 4,5 kali dalam waktu 1 jam dimana masih berada dibawah rekomendasi ASHRAE, kecepatan udara 2,4 m/s untuk *setting fan* pada posisi *medium* dan menghasilkan 6,3 ACH yang berarti terjadi pergantian udara 6,3 kali dalam waktu 1 jam dimana sudah memenuhi rekomendasi ASHRAE, kecepatan udara 3,7 m/s untuk *setting fan* pada posisi *high* dan menghasilkan 9,7 ACH yang berarti terjadi pergantian udara 9,7 kali dalam waktu 1 jam dimana sudah melebihi rekomendasi dari ASHRAE.

Pada AC split 2 kecepatan udaranya 1,5 m/s untuk *setting fan* pada posisi *low* dan menghasilkan 3,9 ACH yang berarti terjadi pergantian udara 3,9 kali dalam waktu 1 jam dimana masih berada jauh dibawah rekomendasi ASHRAE, kecepatan udara 2,3 m/s untuk *setting fan* pada posisi *medium* dan menghasilkan 6 ACH yang berarti terjadi pergantian udara 6 kali dalam waktu 1 jam yang sudah memenuhi minimum rekomendasi ASHRAE, kecepatan udara 3,5 m/s untuk *setting fan* pada posisi *high* dan menghasilkan 9,2 ACH yang berarti terjadi pergantian udara 9,2 kali dalam waktu 1 jam yang sudah melebihi rekomendasi ASHRAE.

ASHRAE merekomendasikan bahwa untuk ruang kelas, minimal harus mencapai 6 kali pergantian udara per jam atau disebut 6 ACH. Dalam hal ini, jika kedua *fan* AC split diaktifkan, *setting fan* pada posisi *low* sudah cukup untuk memenuhi rekomendasi tersebut, karena pergantian udara sebesar 8,4 kali per jam telah tercapai. Namun, untuk mencegah penyebaran Covid-19 dan meningkatkan kenyamanan, *setting fan* pada kedua AC split bisa ditingkatkan menjadi *medium* atau bahkan *full*. Jika hanya satu AC split yang digunakan, *setting fan* harus diatur pada posisi *full* agar jumlah pergantian udara mencapai lebih dari 6 kali per jam. Namun, AC split tidak cocok untuk menentukan ACH ruang kelas karena tidak mampu menarik udara dari luar ruangan, melainkan hanya mengambil udara dari dalam ruangan dan kemudian memprosesnya melalui filter sebelum kembali memasukkannya ke dalam ruangan melalui *fan* AC. Oleh karena itu, AC split hanya dapat digunakan untuk menjaga suhu udara ruangan agar para siswa dan guru merasa nyaman, bukan untuk menentukan ACH ruang kelas.

Perbandingan secara grafik untuk kecepatan udara dan ACH yang dihasilkan untuk setiap *setting* kecepatan *fan* pada AC Split 1 dapat dilihat pada gambar 2 dibawah.

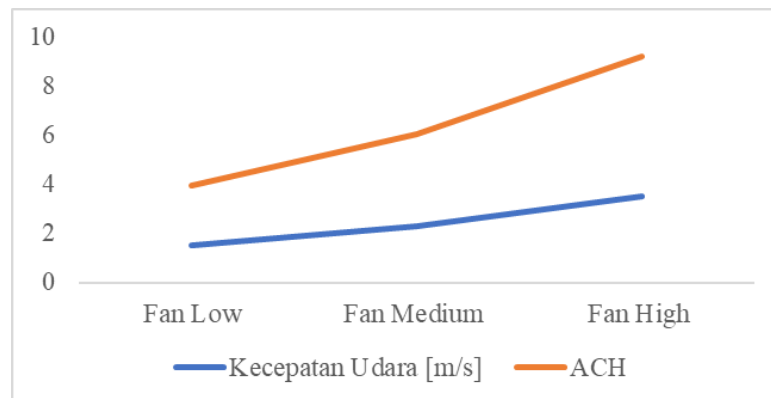


Gambar 2. Kecepatan udara dan ACH untuk setiap *setting fan* AC split 1

Dari grafik gambar 2 diatas dapat dilihat bahwa kecepatan udara akan mengalami kenaikan jika *setting fan* AC split 1 juga dinaikan, hal yang sama juga terjadi pada nilai ACH akan naik jika *setting fan* AC split 1 juga dinaikan. Dari hal ini dapat diartikan bahwa kecepatan udara berbanding lurus dengan ACH,

dimana setiap kenaikan kecepatan udara maka ACH pun akan mengalami kenaikan.

Perbandingan kecepatan udara dan ACH secara grafik pada AC split 2 untuk setiap *setting fan* dapat dilihat pada gambar 3 dibawah.



Gambar 3. Kecepatan udara dan ACH untuk setiap *setting fan* AC split 2

Sama hal nya dengan gambar 2, grafik gambar 3 diatas juga dapat dilihat kecepatan udara mengalami kenaikan jika *setting fan* AC split juga dinaikan, hal yang sama juga terjadi pada nilai ACH. Kecepatan udara juga berbanding lurus dengan ACH, dimana setiap kenaikan

kecepatan udara maka ACH pun akan mengalami kenaikan.

Hasil *setting experiment* kecepatan udara untuk jendela ruang kelas dapat dilihat pada tabel 4 dibawah.

Tabel 4. Kecepatan udara jendela kelas

Nama Ventilasi	Kecepatan Udara [m/s]			Luas Jendela [m ²]			Volume Kelas [m ³]
	Buka 30%	Buka 50%	Buka 100%	Buka 30%	Buka 50%	Buka 100%	
Jendela	0.3	0.6	1.1	0.2	0.4	0.8	137.2

Dari tabel 4 dapat dilihat bahwa luas jendela pada saat dibuka 30% yaitu 0,2 m², pada saat dibuka 50% yaitu 0,4 m², dan pada saat dibuka 100% yaitu 0,8 m² yang merupakan hasil perkalian antara panjang dengan lebar jendela tersebut. Sedangkan untuk volume kelas 137,2 m³ didapatkan dari hasil perkalian antara panjang, lebar dan tinggi ruang kelas. Kecepatan udara yang dihasilkan melalui alat ukur *anemometer* pada jendela

dengan variasi bukaan jendela sebesar 30%, 50%, dan 100% didapatkan hasil yang berbeda-beda dengan kecenderungan naik kecepatan udaranya untuk setiap kenaikan bukaan jendela. Besarnya ACH untuk jendela kelas dapat kita ketahui dengan cara perhitungan menggunakan persamaan (3), hal ini dapat terlihat seperti pada tabel 5 dibawah.

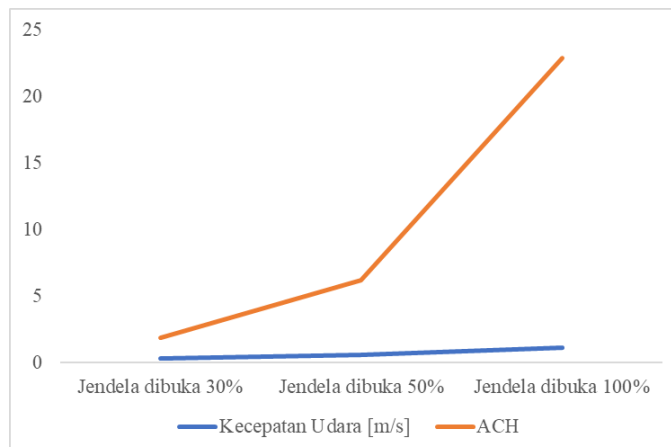
Tabel 5. ACH jendela kelas

Nama Ventilasi	Kecepatan Udara [m/s]			Luas Jendela [m ²]			Volume Kelas [m ³]	ACH		
	Buka 30%	Buka 50%	Buka 100%	Buka 30%	Buka 50%	Buka 100%		Buka 30%	Buka 50%	Buka 100%
Jendela	0.3	0.6	1.1	0.2	0.4	0.8	137.2	1.9	6.2	22.9

Dari tabel 5 dapat dilihat pada jendela kecepatan udaranya 0,3 m/s pada saat jendela dibuka 30% dan menghasilkan 1,9 ACH yang berarti pada ruang kelas terjadi pergantian udara 1,9 kali dalam waktu 1 jam dimana masih berada dibawah rekomendasi ASHRAE, kecepatan udara 0,6 m/s pada saat jendela dibuka 50% dan menghasilkan 6,2 ACH yang berarti terjadi pergantian udara 6,2 kali dalam waktu 1 jam dimana sudah memenuhi rekomendasi ASHRAE, kecepatan udara 1,1 m/s pada saat jendela dibuka 100% dan menghasilkan 22,9 ACH yang berarti terjadi pergantian udara 22,9 kali dalam waktu 1 jam dimana sudah melebihi rekomendasi dari ASHRAE.

Sesuai dengan rekomendasi ASHRAE bahwa untuk ruang kelas minimal 6 ACH, maka jendela kelas harus dibuka minimal 50% dikarenakan sudah didapatkan ACH sebesar 6,2 yang berarti terjadi pergantian udara 6,2 kali dalam waktu 1 jam dan sudah memenuhi rekomendasi ASHRAE dalam mencegah penularan Covid-19.

Perbandingan secara grafik untuk kecepatan udara dan ACH yang dihasilkan untuk setiap pembukaan pada jendela ruang kelas dapat dilihat pada gambar 4 dibawah.



Gambar 4. Kecepatan udara dan ACH untuk setiap pembukaan jendela

Dari grafik gambar 4 diatas dapat dilihat bahwa kecepatan udara akan mengalami kenaikan jika pembukaan jendela juga dinaikan, hal yang sama juga terjadi pada nilai ACH akan naik jika pembukaan jendela juga dinaikan. Dari hal ini dapat diartikan bahwa kecepatan udara berbanding lurus dengan ACH, dimana setiap kenaikan kecepatan udara maka ACH pun akan mengalami kenaikan, namun ketika jendela dibuka 100% megakibatkan kenaikan ACH yang sangat besar dari sebelumnya.

Kesimpulan

Penerapan protokol kesehatan di sekolah sangat penting untuk mencegah penularan Covid-19, dan harus terus dilakukan. Hal ini menjadi semakin efektif dengan dukungan sarana prasarana sekolah seperti ventilasi ruang kelas yang memenuhi standar ASHRAE minimal 6 ACH. Berdasarkan data dari eksperimen, dapat disimpulkan bahwa sekolah tersebut dapat melakukan tindakan pencegahan penularan Covid-19 dengan membuka jendela minimal 50% selama kegiatan belajar mengajar, serta menghidupkan AC split 1 unit dengan *setting fan* pada posisi *full speed* dan suhu yang diinginkan. Untuk kenyamanan selama proses belajar mengajar, kedua AC split dapat dihidupkan dengan *setting fan* minimal *low* hingga *full speed* dan suhu yang sesuai.

Dalam menentukan minimum 6 ACH, sebaiknya merujuk pada ACH jendela saja, karena ACH AC split hanya mengandalkan hasil filter udara saja, bukan udara segar dari luar. Oleh karena itu, setting bukaan jendela minimal 50% perlu dilakukan setiap hari, mengingat ACH jendela juga dipengaruhi oleh kecepatan udara luar yang dapat berubah-ubah setiap hari.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ruang kelas di salah satu SMP di Tangerang Selatan memenuhi standar ASHRAE (minimum ACH 6) untuk mencegah penularan Covid-19 didalam kelas. Penelitian ini hanya memperhitungkan jumlah ACH yang dihasilkan untuk setiap *setting* bukaan

jendela dan *setting fan* AC split. Dalam penelitian lanjutan, dapat dilakukan analisis korelasi antara ACH jendela dengan suhu ruang kelas dan konsumsi listrik AC split.

Daftar Pustaka

- Chen, C. Y., Chen, P. H., Chen, J. K., & Su, T. C. (2021). Recommendations for ventilation of indoor spaces to reduce COVID-19 transmission. *Journal of the Formosan Medical Association, 120*(12), 2055-2060.
- Elsaid, A. M., & Ahmed, M. S. (2021). Indoor Air Quality Strategies for Air-Conditioning and Ventilation Systems with the Spread of the Global Coronavirus (COVID-19) Epidemic: Improvements and Recommendations. *Environmental Research, 199*, 111314.
- Er Ding, D. Z.-S. (2023). Ventilation and thermal conditions in secondary schools in the Netherlands: Effects of COVID-19 pandemic control and prevention measures. *Building and Environment, 229*, 109922.
- Fadli, d. R. (2023, February 1). *Halodoc*. Retrieved from Halodoc Web site: <https://www.halodoc.com/kesehatan/coronavirus>
- Francesco Chirico, A. S. (2020). Can air-conditioning systems contribute to the spread of SARS/MERS/COVID-19 infection? Insights from a rapid review of the literature. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17* (17), 6052.
- Kafiuddin. (2020). Sistem Tata Udara Untuk Menekan Penyebaran Virus Covid-19. *ASHRAE Indonesia Chapter*, 13-14.
- Prisca Winata, S. M. (2021, Juni). Kembali ke Sekolah dengan Aman dan Sehat di Masa Pandemi dan Pasca Pandemi COVID-19. *Green Building Council Indonesia, 1*, 1-40.

- Robertson, P. (2020, August 6). ASHRAE Recommended Air Changes per Hour. *ASHRAE*.
- Sari, L. H. (2022, Maret). EVALUASI KUALITAS UDARA DAN KENYAMANAN TERMAL PADA RUANG KELAS PADA MASA PANDEMI COVID-19. *ARSITEKNO*, 9 (1), 21-30.
- Sha, H., Zhang, X., & Qi, D. (2021). Optimal control of high-rise building mechanical ventilation system for achieving low risk of COVID-19 transmission and ventilative cooling. *Sustainable cities and society*, 74, 103256.
- Tambani, L. S. (2020). High energy efficiency ventilation to limit COVID-19 contagion in school. *Energy and Buildings*, 240, 110882.
- Thifal Indri Maulidina, A. B. (2020). OPTIMALISASI BUKAAN JENDELA KANTOR ASEAN SECRETARIAT DALAM UPAYA MEMINIMALISIR PENYEBARAN COVID-19. *METRIK SERIAL TEKNOLOGI DAN SAINS (E) ISSN: 2774-2989*, 1 (1), 1-7.
- Yolanda, N., Putri, E. R., & Munir, R. (2022, December). Analisis Pertukaran Udara per Jam pada Ventilasi Laboratorium. *Progressive Physics Journal*, 187.