

## Pentingnya Pengendalian Udara Lingkungan Untuk Pencegahan Transmisi SARS CoV2

Trevino A. Pakasi<sup>1,2\*</sup>, Levina S. Pakasi<sup>3,4,5</sup>

<sup>1</sup>Divisi Kedokteran Keluarga Departemen Ilmu Kedokteran Komunitas Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia

<sup>2</sup>Badan Kerjasama Ilmu Kesehatan Masyarakat, Kedokteran Pencegahan, Ilmu Kedokteran Komunitas

<sup>3</sup>Executive Board Counselor Member, Asia-Pacific Travel Health Society

<sup>4</sup>Affiliate, Faculty of Travel Medicine, Royal College of Physicians and Surgeons of Glasgow, UK.

<sup>5</sup>Member, British Global and Travel Health Association, UK.

### ABSTRAK

*Pandemi Covid 19 di Indonesia sudah berjalan sejak bulan Maret 2020 tanpa ada tanda-tanda penurunan. Tulisan ini merupakan suatu narrative review yang bertujuan untuk menjelaskan pentingnya penggunaan HEPA filter sebagai salah satu bentuk pengendalian lingkungan dalam pencegahan transmisi Severe Acute Respiratory Syndrome Corona Virus 2 (SARS CoV2). Metode yang digunakan dalam artikel ini adalah melalui pengembangan opini hasil kajian tentang berbagai publikasi yang banyak di dunia maya terhadap jurnal-jurnal ilmiah yang membahas tentang transmisi SARS-CoV2 pada tahun 2020. Hasil kajian pustaka menunjukkan penelitian di Wuhan dan Nebraska yang menemukan partikel-partikel virus di udara rumah sakit rujukan Covid 19, di tempat dimana tidak ada pertukaran udara cukup. Partikel-partikel polutan berukuran 2.5 mikron meningkatkan risiko terjadinya pneumonia berat, karena partikel-partikel tersebut apabila ditumpangi virus dapat langsung mencapai alveoli. Beberapa penelitian di Italia dan Jerman, serta United States menemukan kesinergisan bahwa meningkatnya polusi meningkatkan angka kematian Covid 19 di daerah tersebut. HEPA filter adalah teknologi lama di ruang isolasi rumah sakit yang sudah harus menjadi standar alat untuk berbagai ruangan di RS dengan kemampuan menyaring partikel berukuran virus. Bukti-bukti penelitian menunjukkan bahwa penularan transmisi SARS CoV2 juga terjadi lewat udara (airborne). Kesimpulan dari tinjauan pustaka ini adalah perlunya pemahaman tentang pengendalian udara tempat kerja yang tertutup dengan menggunakan HEPA filter.*

**Kata kunci :** SARS CoV2; penularan udara; HEPA filter

### ABSTRACT

*Introduction: The covid 19 pandemics in Indonesia has started in March 2020 but there is no sign of ending up till this publication. Aim of study: This is a narrative review to explain the importance of using HEPA filter as environmental control. Method: The study was a narrative review using recently published journals in 2020 about Severe Acute Respiratory Syndrome Corona Virus 2 (SARS-CoV2) transmission. Results and Discussion: The study in Wuhan found viral particles in the circulating air of the Covid 19 referral hospitals, especially where there was no sufficient air exchange. A similar finding was reported in a hospital in Nebraska. Particles of 2.5 microns in size as air pollutants increased the risk of fatality because the size made it possible to reach the alveoli, where viruses could attach with. The study in North Italy, Germany, and the United States found the synergy between the level of pollution to increase mortality of Covid 19 in that particular area. A HEPA filter is an old technology for the isolation room in a hospital, which has to be a standard in many rooms in a hospital that can filter the virus. Conclusion: Most of the findings suggested airborne transmission of SARS CoV2 and it is important to use HEPA filter in a closed office.*

**Keywords:** SARS CoV2; airborne transmission; HEPA filter

#### \*Korespondensi penulis:

Nama : Dr. Trevino Aristarkus Pakasi, PhD

Instansi : Divisi Kedokteran Keluarga Departemen IKK FKUI

Alamat : Jl. Pegangsaan Timur no. 16 Jakarta Pusat 10320

Email : [tpakasi@yahoo.com](mailto:tpakasi@yahoo.com)

## Pendahuluan

Pandemi Covid-19 yang berlangsung sejak Maret 2020 belum menunjukkan tanda-tanda akan menurun. Setiap hari ada penambahan jumlah kasus baru seperti yang dilaporkan oleh Badan Penanggulangan Bencana Nasional.<sup>1</sup> Hal yang sama juga diberitakan World Health Organization, dimana dalam Situation Report tentang peningkatan jumlah kasus Covid-19 di dunia.<sup>2</sup> Di lain pihak, masyarakat diminta untuk selalu waspada dan membentuk standar perilaku baru yang disebut sebagai *new normal*, untuk berbagai aktivitas hidup sehari-hari.<sup>3,4</sup>

Sejauh ini pedoman pencegahan infeksi coronavirus yang dianjurkan adalah menjaga jarak, kebersihan diri, dan penggunaan masker.<sup>5</sup> Upaya ini sepertinya efektif dalam mencegah penyebaran virus. Namun pada dasarnya hal ini tidak menjamin karena adanya kategori orang tanpa gejala yang dapat menyebarkan virus.<sup>5</sup> Bila ada orang yang bergejala, maka seseorang dengan mudah menjaga jarak untuk mencegah penularan. Namun berbeda dengan orang yang tidak bergejala, kita tidak bisa memastikan ada tidaknya penularan. Pada era adaptasi kebiasaan baru ini, pemerintah masih terus melaporkan peningkatan kasus, padahal dalam era ini diharapkan sudah ada penurunan kasus sehingga kehidupan ekonomi bisa berjalan lagi.<sup>1</sup>

Mengingat penularan *Severe Acute Respiratory Syndrome Corona Virus 2* (SARS-CoV2) yang sangat cepat dibandingkan pandemi saluran pernapasan lainnya yang pernah tercatat dalam oleh WHO, maka perlu kita mendiskusikan kembali apakah tepat penularan droplet yang selama ini kita yakini?. Atau sebenarnya penularan aerosol yang terjadi yang memperluas jangkauan dan mungkin ditambah dengan kemampuan virus bertahan. Lalu bagaimana mitigasinya?. Apakah mitigasi sekarang sudah tepat atau perlu melakukan pengendalian udara lingkungan?.

## Metode

Artikel ini merupakan opini hasil kajian terhadap berbagai publikasi yang banyak di dunia maya terhadap jurnal-jurnal ilmiah yang

membahas tentang transmisi SARS-CoV2. Cara pencarian artikel adalah menggunakan kata kunci SARS-CoV2, transmisi, droplet, dan aerosol. Penelusuran diawali dari laman WHO mengenai transmisi droplet dan aerosol, yang kemudian merujuk kepada berbagai referensi yang dipakai WHO. Kemudian berbagai silang pendapat dalam *letter to editor* dijadikan referensi untuk mendiskusikan topik ini.

## Epidemiologi SARS-CoV2

Dalam sejarah pandemi yang pernah dilaporkan oleh WHO, SARS-CoV2 merupakan pandemic yang terbesar penularannya dalam waktu yang relatif singkat. Dibandingkan dengan saudara-saudaranya, MERS-CoV dan SARS, jumlah pasien yang tertular jauh lebih banyak dengan kematian mencapai kurang dari 10%. Saat ini WHO melaporkan bahwa negara yang paling terdampak adalah Amerika Serikat diikuti oleh negara-negara di Eropa.

## Hasil dan Pembahasan

### *Droplet versus Aerosol*

Bagaimana dengan transmisi virus SARS-CoV2 itu sendiri?. Badan Kesehatan dunia, WHO menyatakan transmisi virus ini melalui droplet, dengan perhatian khusus di rumah-rumah sakit, karena ada prosedur tindakan yang bisa menimbulkan aerosol, yang mungkin juga menularkan virus tersebut.<sup>6</sup> Perbedaan droplet dan aerosol adalah hanya pada ukuran partikel. Ukuran partikel droplet lebih besar dari atau sama dengan 5 mikron, sedangkan aerosol kurang dari 5  $\mu\text{m}$ .<sup>7</sup>

Etika batuk yang diajarkan selama ini membentuk opini bahwa batuk atau bersin membentuk droplet. Penelitian terakhir menyatakan bahwa saat berbicara pun, partikel droplet dan aerosol dapat dibentuk. Implikasinya adalah pada kondisi asimtomatik, seorang *carrier* SARS-CoV2 mungkin menularkan virus hanya melalui bicara dan aktivitas respirasi lainnya.<sup>8,9</sup> Hal ini yang menjadi penjelasan adanya kategori Orang Tanpa Gejala (OTG) yang bisa menularkan virus. Hembusan napas, bersin,

dan batuk mengemisikan awan gas multifase, sambil membawa droplet dan aerosol dengan berbagai ukuran.<sup>10</sup>

### ***Peran Angin dan Ukuran Partikel***

Baik droplet maupun aerosol, virus bisa berada di dalamnya selama beberapa waktu lamanya. Virus ini dikategorikan masih *viable* sehingga bisa menginfeksi manusia. Karena ukuran partikel dan beratnya, maka droplet hanya bisa melayang-layang di udara sejauh 1-2 meter, sementara aerosol bisa lebih jauh lagi.

Droplet besar (400 – 900  $\mu\text{m}$ ) terserak antara 2–5 meter selama 2,3 detik setelah keluar dari udara pernapasan, sedangkan droplet kecil (100 – 200  $\mu\text{m}$ ) dibawa sampai 8–11 m oleh arus angin.<sup>11</sup> Lebih lanjut peneliti ini menunjukkan bahwa efek cuaca mikro sangat relevan dalam penyebaran droplet; yaitu sebaran droplet diperluas oleh arus angin. Hasil penelitian ini bertentangan dengan definisi aerosol versus droplet yang dikeluarkan oleh WHO dengan batasan sebesar 5  $\mu\text{m}$  tersebut.<sup>12</sup> Sebab pada dasarnya ketika seseorang bernapas, bersin atau batuk berbagai ukuran droplet dan aerosol dihasilkan oleh tubuh,<sup>10</sup> Yang kedua adalah bahwa penyebaran droplet ataupun aerosol ini multifaktorial, bukan hanya dipengaruhi oleh ukuran partikel.<sup>13</sup>

Faktor yang pertama adalah angin dan arah angin. Droplet yang dikeluarkan tanpa adanya angin jatuh pada jarak satu meter dari orang yang mengeluarkan. Dengan kecepatan angin sebesar 4 Km/jam yang laminar horizontal dari orang yang mengeluarkan droplet dapat menyebarkan di udara sejauh enam meter setelah lima detik dikeluarkan dari tubuh. Dengan arah yang sama dalam kecepatan 15 Km/jam, droplet menempuh perjalanan enam meter selama 1,6 detik dengan ketinggian sekitar satu meter di atas permukaan tempat berdiri.<sup>14</sup> Artinya pada kondisi berangin, jaga jarak 6 kaki atau 1,8 m tidak akan cukup untuk mencegah seseorang tidak menghirup droplet yang dikeluarkan orang lain terlepas dari ada tidaknya virus dalam droplet tersebut.<sup>15</sup>

Partikel-partikel yang menyebar melalui udara masuk ke saluran napas, namun tidak semua dapat mencapai saluran napas bawah. Partikel yang dapat masuk ke saluran napas bawah dapat dibagi menjadi partikel kasar dengan ukuran 2.5-10  $\mu\text{m}$ , partikel halus (< 2,5  $\mu\text{m}$ ), dan sangat halus (<0.1  $\mu\text{m}$ ).<sup>16</sup> Perlu diingat dengan batasan 5  $\mu\text{m}$ , maka baik aerosol ataupun droplet bisa masuk ke saluran napas bawah. Dengan sendirinya partikel yang lebih besar dari 10  $\mu\text{m}$  akan tersaring di saluran napas atas dan membentuk sedimentasi di area tersebut.

Partikel-partikel yang masuk ke saluran napas bawah membentuk deposit di dengan cara sedimentasi untuk partikel besar. Partikel yang lebih kecil dengan difusi Brown bisa mencapai alveoli, dan yang sangat halus kemudian bisa mencapai sirkulasi darah dan didistribusi ke seluruh tubuh. Inilah mekanisme bagaimana droplet atau aerosol mencapai saluran napas atas dan bawah dan kemudian menimbulkan infeksi.<sup>17</sup>

### ***Stabilitas Virus di Udara***

Sebuah penelitian dari Negeri Belanda melaporkan stabilitas virus SARS-CoV2 selama tiga jam di udara dalam bentuk aerosol. Di atas permukaan plastik dan baja, virus ini ditemukan masih stabil dan berpotensi menularkan sampai 72 jam. Jumlah virus yang tinggi di jalan napas atas dan potensi penularan asimtomatik mungkin berperan dalam penyebaran penyakit yang cepat.<sup>18</sup>

Pasien yang bergejala mengandung virus sama banyak dengan OTG. Pengeluaran virus sudah terjadi 2-3 hari sebelum ada gejala. Diperkirakan 68,4% dari semua infeksi Covid-19 disebabkan oleh penyebaran virus sebelum muncul gejala-gejala.<sup>19-21</sup>

### ***Peran Polusi Udara***

Polusi udara mengandung berbagai emisi gas, uap, dan partikel benda padat dengan berbagai ukuran. Sebuah penelitian di Italia melaporkan partikel polutan di udara dapat menjadi pembawa virus.<sup>22</sup> Penelitian yang serupa di Italia utara di daerah Bergamo menyatakan mengkonfirmasi menemukan RNA virus SARS-

CoV2 dari pengambilan sample udara.<sup>23</sup> Secara khusus, peneliti Jerman mengkonfirmasi peran nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) sebagai salah satu faktor risiko mortalitas infeksi SARS-CoV2.<sup>24</sup> Laporan-laporan kasus dari Italia, oleh Marteletti dikumpulkan dibandingkan dengan wilayah geografisnya. Kesimpulan dari laporan tersebut bahwa polusi udara merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi Covid-19 ini.<sup>25</sup> Laporan dari Amerika Serikat juga menggambarkan pengaruh pencemaran terhadap mortalitas Covid-19.<sup>26</sup> Penelitian tersebut menggambarkan kenaikan partikel berukuran 2.5 µm sebesar 1 µg/m<sup>3</sup> meningkatkan risiko mortalitas sebesar 15%.

Penelitian-penelitian di atas mengkonfirmasi bahwa transmisi droplet nuclei atau pun aerosol yang mengandung virus SARS-CoV2 dapat mendompleng partikulat-partikulat polutan di udara. Ukuran partikulat yang lebih kecil akan menyebabkan nuclei tersebut bisa mencapai saluran napas bawah. Kasus-kasus kematian umumnya adalah disebabkan *acute respiratory distress syndrome* yang berkorelasi dengan masuknya partikel-partikel halus ke dalam saluran napas sampai ke alveoli. Hal ini bisa menjelaskan bagaimana penyebaran virus sampai ke saluran napas bawah, terlepas dari faktor risiko internal yang dimiliki seseorang yang dapat mempengaruhi mortalitas seseorang yang terinfeksi SARS-CoV2.

### **Kualitas Udara Dalam Ruangan**

Penelitian di dua buah rumah sakit di Wuhan mendapatkan adanya partikel-partikel RNA SARS-CoV2 dalam bentuk aerosol dengan ukuran sangat halus 0.25-1 µm dan ukuran kasar > 2.5 µm. Perlu dicatat bahwa penelitian ini menemukan area dengan konsentrasi tinggi justru pada daerah yang berventilasi buruk seperti di toilet dan ruang ganti dokter.<sup>27</sup> Peneliti Eropa lainnya menyimpulkan pentingnya memperhatikan faktor ventilasi, terutama peralatan ventilasi yang digunakan di rumah sakit, yaitu *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* (HVAC) System yang sering digunakan untuk mengendalikan infeksi. Apabila

tidak diatur dengan baik, sistem HVAC ini justru menjadi penyebar virus di dalam ruangan.<sup>28</sup>

Pentingnya AC ini dibuktikan dengan penelitian di China di sebuah restoran, dimana penularan dari seorang yang terinfeksi SARS-CoV2. Peneliti ini menggambarkan posisi orang yang terinfeksi dengan anggota keluarganya dalam sebuah restoran serta posisi AC yang menyebabkan anggota keluarga lain dan beberapa pengunjung terinfeksi SARS-CoV2.<sup>29</sup> Studi di University of Nebraska Medical Center yang mengambil contoh udara di ruang isolasi pasien COVID-19. Kontaminasi SARS-CoV-2 ditemukan di dalam ruang isolasi dan juga di lorong-lorong rumah sakit. Hal ini memberi kesan bahwa virus dapat menyebar di lingkungan sekitar pasien dalam bentuk aerosol. RNA virus juga ditemukan di permukaan telepon selular, toilet, meja samping ranjang dan peralatan olahraga yang digunakan pasien.<sup>30</sup> Kementerian Kesehatan menyoroti kadar PM 2.5 dalam udara kurang dari 35 µg/m<sup>3</sup>.<sup>31</sup>

### **HEPA Filter**

HEPA filter adalah singkatan dari *high efficiency particulate air filter*, namun ada juga yang menerjemahkan sebagai *high efficiency particulate arrested filter*. Fungsi dari filter ini adalah untuk memerangkap partikel-partikel di udara. Semakin tinggi efisiensinya berarti semakin rapat filter tersebut, sehingga semakin kecil partikel yang bisa ditangkap. Ukuran PM 2.5 atau 2.5 mikron adalah ukuran sebesar bakteri. Sedangkan virus berukuran PM 1, atau kurang dari 1 mikron. Kemampuan HEPA filter diukur dengan *rating* yang disebut *minimum efficiency reporting value* (MERV) dengan angka dari 1-20. Angka MERV 17-20 mempunyai kemampuan menyaring virus dan partikel-partikel kecil lainnya di bawah ukuran 1 mikron, dan sering juga disebut sebagai *ultra-low particulate air* (ULPA) filter.<sup>32</sup> Teknologi HEPA filter ini sudah lama digunakan untuk membuat ruang isolasi digabung dengan tekanan negatif untuk mencegah transmisi di rumah sakit yang keluar dari ruang isolasi dan menjadi standar pencegahan infeksi di Indonesia.<sup>33</sup>

Covid-19 sebagai pandemi dunia menggambarkan penyebaran yang sangat cepat. Terlepas dari sifat virulensi virus tersebut serta kerentanan seseorang, kasus *import* melalui transportasi udara hanyalah satu faktor yang mempercepat pandemi menyebar dari pusat asalnya. Namun yang justru menjadi penyebab banyaknya pasien Covid-19 adalah transmisi lokal di setiap negara.

Droplet yang diyakini menjadi moda transmisi dari orang ke orang secara teoretis tidak bisa menjawab kemampuan penyebaran SARS-CoV2 yang sangat cepat. Studi-studi yang ada menjelaskan selain ukuran partikel, arah angin dan polutan serta sistem ventilasi ruangan juga mempengaruhi transmisi. Secara khusus ukuran partikel yang lebih kecil dalam bentuk aerosol terbukti dapat bertahan dan ditransmisikan lebih jauh, serta bisa mencapai saluran napas bawah, yang mempunyai kemungkinan besar berhubungan dengan tingginya mortalitas. Karena itu pembatasan jarak dan penggunaan masker mungkin tidak akan berdampak pada banyaknya penambahan kasus baru di era *new normal* ini, apabila tidak disertai pengendalian faktor lingkungan dengan benar. Baik gedung, dan alat transport dan berbagai bangunan serta ruangan fasilitas umum lainnya perlu memperhatikan pentingnya kualitas udara ruangan yang dipengaruhi oleh kualitas udara luar. Masalah polusi udara luar adalah menjadi kapasitas negara dalam mengelolanya. Tetapi kualitas udara ruangan adalah menjadi kapasitas pengelola dari masing-masing tempat, baik Gedung, fasilitas umum, alat transportasi, bahkan termasuk rumah-rumah pribadi perlu diatur agar terhindar dari infeksi Covid-19 ini.

Telaah jurnal ini merupakan sebuah *narrative review* yang masih sangat terbatas sifatnya karena journal-journal yang dirujuk ada yang berupa opini dan ada yang bukan berasal dari *peer-reviewed journal*. Namun di dalam *evidence-based medicine*, opini pun mendapat tempat sebagai *evidence* yang terbawah. Posisi ini bukan berarti tidak ada dasar bagi penulis memperhatikan opini tersebut dalam mengatasi masalah kesehatan, khususnya bagaimana kita

dapat mencegah transmisi aerosol yang masih dalam perdebatan dalam pandemi Covid-19.

## Kesimpulan

Sebagai catatan terakhir, SARS-CoV2 ini secara virologi merupakan bagian dari keluarga coronavirus yang sering dihadapi oleh dokter di ruang praktik dengan diagnosis ISPA. Namun perbedaan perangai SARS-CoV2 dibandingkan coronavirus lainnya belum sepenuhnya diketahui oleh para peneliti. Ulasan di atas adalah untuk mengungkapkan salah satu determinan transmisi virus ini, yaitu faktor kualitas udara. Perilaku lainnya yang sudah dianjurkan baik oleh WHO maupun Kemenkes tetap harus dijalankan, seperti mencuci tangan, penggunaan APD, melepaskan APD dan pengelolaan APD yang terinfeksi, termasuk pengendalian faktor internal kerentanan seseorang terhadap infeksi Covid-19.

Pada dasarnya ilmu kedokteran tidak mengenal adanya satu variable penyebab timbulnya masalah dan karenanya ada satu cara yang jitu untuk menyelesaikan suatu masalah. Keseluruhan ilmu kedokteran menyadari adanya multifaktor yang menimbulkan masalah kesehatan. Karenanya penyelesaian masalah tersebut pun harus dari berbagai sudut pandang.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada dokter-dokter yang secara berdedikasi penuh tetap menjalankan kerjanya di rumah-rumah sakit dan klinik-klinik, terutama mereka yang menangani Covid-19. Penulisan ini terinspirasi dari suatu pemikiran bagaimana sejawat-sejawat yang tetap bekerja bisa aman terhindar dari infeksi SARS-CoV2. Inspirasi tulisan ini juga didorong pengalaman pribadi penulis dalam keluarga dimana protokol 'tetap di rumah saja' selama pandemi tidak menjamin perlindungan terhadap Covid-19 bagi mereka yang tinggal di zona merah. Tulisan ini merupakan ungkapan syukur dan terima kasih kepada orang tua dan juga pengalaman yang berharga yang ingin kami bagikan kepada para sejawat.

## Referensi

1. Badan Nasional Penanggulangan Bencana. Peta Sebaran Covid-19 di Indonesia [Internet]. 2020 [cited 2020 Sept 1] Available from: <https://covid19.go.id/peta-sebaran>.
2. World Health Organization. Situation Report Covid-19 [Internet]. 2020 [cited 2020 Sept 1]. Available from: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports/>
3. Panduan Pencegahan Dan Pengendalian Corona Virus Disease 2019 (COVID-19) Di Tempat Kerja Perkantoran Dan Industri Dalam Menedukung Keberlangsungan Usaha Pada Situasi Pandemi. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK.01.07/Menkes/328/2020 [Internet]. 2020 May [cited 2020 Sept 1]. Available from: [http://hukor.kemkes.go.id/uploads/produk\\_hukum/KMK\\_No\\_\\_HK\\_01\\_07-MENKES-328-2020\\_ttg\\_Panduan\\_Pencegahan\\_Pengendalian\\_COVID-19\\_di\\_Perkantoran\\_dan\\_Industri.pdf](http://hukor.kemkes.go.id/uploads/produk_hukum/KMK_No__HK_01_07-MENKES-328-2020_ttg_Panduan_Pencegahan_Pengendalian_COVID-19_di_Perkantoran_dan_Industri.pdf)
4. Widyaningrum N, Rosmalasari E, Awalia S, Sasmoyo R, Wardoyo T. Serba Covid Cegah Covid19 Sehat Untuk Semua [Internet]. 2020 [cited 2020 Sept 1]. Available from: <https://infokito.files.wordpress.com/2020/05/serba-covid.pdf>.
5. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Pedoman Pencegahan dan Pengendalian Coronavirus Disease (COVID-19) [Internet]. 2020 Jul [cited 2020 Sept 1]. Available from: [https://covid19.go.id/storage/app/media/Protokol/REV-05\\_Pedoman\\_P2\\_COVID-19\\_13\\_Juli\\_2020.pdf](https://covid19.go.id/storage/app/media/Protokol/REV-05_Pedoman_P2_COVID-19_13_Juli_2020.pdf).
6. World Health Organization. Modes of transmission of virus causing COVID-19: implications for IPC precaution [Internet]. 2020 [cited 2020 May 26]. Available from: <https://www.who.int/news-room/commentaries/detail/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations>
7. Pan M, Lednicki JA, Wu CY. Collection, particle sizing and detection of airborne viruses. *J Appl Microbiol*. [Internet]. 2019 Dec [cited 2020 Sept 1];127(6):1596-1611. Available from: <https://doi.org/10.1111/jam.14278>.
8. Tellier R, Li Y, Cowling BJ, Tang JW. Recognition of aerosol transmission of infectious agents: A commentary. *BMC Infect Dis*. [Internet]. 2019 Jan [cited 2020 Sept 1];19(1):1-9. Available from: <https://doi.org/10.1186/s12879-019-3707-y>.
9. Stadnytskyi V, Bax CE, Bax A, Anfinrud P. The airborne lifetime of small speech droplets and their potential importance in SARS-CoV-2 transmission. *Proc Natl Acad Sci*. [Internet]. 2020 May [cited 2020 Sept 1];117(22):202006874. Available from: <https://doi.org/10.1073/pnas.2006874117>.
10. Bourouiba L. Turbulent Gas Clouds and Respiratory Pathogen Emissions Potential Implications for Reducing Transmission of COVID-19. *J Am Med Assoc*. [Internet]. 2020 May [cited 2020 Sept 1];323(18):1837-8. Available from: <https://doi.org/10.1001/jama.2020.4756>.
11. Guerrero N, Brito J, Cornejo P. COVID-19. Transport of respiratory droplets in a microclimatologic urban scenario. *medRxiv* [Internet]. 2020 Apr [cited 2020 Sept 1];2020.04.17.20064394. Available from: <https://doi.org/10.1101/2020.04.17.20064394>.
12. Wilson NM, Norton A, Young FP, Collins DW. Airborne transmission of severe acute respiratory syndrome coronavirus-2 to healthcare workers: a narrative review. *Anaesthesia* [Internet]. 2020 Aug [cited 2020 Sept 1];75(8):1086-1095. Available from: <https://doi.org/10.1111/anae.15093>.
13. Feng Y, Marchal T, Sperry T, Yi H. Influence of wind and relative humidity on the social distancing effectiveness to prevent COVID-19 airborne transmission: A numerical study. *J Aerosol Sci*. [Internet]. 2020 Sep [cited 2020 Sept 1];147:105585. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2020.105585>.

14. Dbouk T, Drikakis D, Affiliations ). On coughing and airborne droplet transmission to humans. *Physics of Fluids* [Internet]. 2020 May [cited 2020 Sept 1];32(5):53310. Available from: <https://doi.org/10.1063/5.0011960>.
15. Setti L, Passarini F, De Gennaro G, Barbieri P, Perrone MG, Borelli M, et al. Airborne Transmission Route of COVID-19: Why 2 Meters/6 Feet of Inter-Personal Distance Could Not Be Enough. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2020 Apr [cited 2020 Sept 1];17(8):2932. Available from: <https://doi.org/10.3390/ijerph17082932>.
16. Sompornrattanaphan M, Thongngarm T, Ratanawatkul P, Wongsas C, Swigris JJ. The contribution of particulate matter to respiratory allergy. *Asian Pacific J Allergy Immunol.* [Internet]. 2020 [cited 2020 Sept 1];38(1):19–28. Available from: <https://doi.org/10.12932/AP-100619-0579>.
17. Li T, Hu R, Chen Z, Li Q, Huang S, Zhu Z, et al. Fine particulate matter (PM<sub>2.5</sub>): The culprit for chronic lung diseases in China. *Chronic Dis Transl Med.* [Internet]. 2018 Sep [cited 2020 Sept 1];4(3):176–86. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.cdtm.2018.07.002>.
18. van Doremalen N, Bushmaker T, Morris DH, Holbrook MG, Gamble A, Williamson BN, et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. *N Engl J Med.* [Internet]. 2020 March [cited 2020 Sept 1];382(16). Available from: <https://doi.org/10.1056/NEJMc2004973>.
19. He X, Lau EHY, Wu P, Deng X, Wang J, Hao X, et al. Temporal dynamics in viral shedding and transmissibility of COVID-19. *Nat Med.* [Internet]. 2020 Apr [cited 2020 Sept 1];26:672-675. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0869-5>.
20. Lirong Z, Feng R, Mingxing H, Lijun L, Huitao H, Zhongsi H, et al. SARS-CoV-2 Viral Load in Upper Respiratory Specimens of Infected Patients. *N Engl J Med* [Internet]. 2020 March [cited 2020 Sept 1];382(12). Available from:
21. Prakash MK. Quantitative COVID-19 infectiousness estimate correlating with viral shedding and culturability suggests 68% pre-symptomatic transmissions. *medRxiv* [Internet]. 2020 May [cited 2020 Sept 1]. Available from: <https://doi.org/10.1101/2020.05.07.20094789>.
22. Sanità di Toppi L, Sanità di Toppi L, Bellini E. Novel Coronavirus: How Atmospheric Particulate Affects Our Environment and Health. *Challenges* [Internet]. 2020 Apr [cited 2020 Sept 1];11(1):6. Available from: <https://doi.org/10.3390/challe11010006>.
23. Setti L, Passarini F, Gennaro G De, Baribieri P, Perrone MG, Borelli M, et al. SARS-Cov-2 RNA Found on Particulate Matter of Bergamo in Northern Italy: First Preliminary Evidence. *medRxiv* [Internet]. 2020 Apr [cited 2020 Sept 1]. Available from: <https://doi.org/10.1101/2020.04.15.20065995>.
24. Ogen Y. Assessing nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) levels as a contributing factor to coronavirus (COVID-19) fatality. *Sci Total Environ* [Internet]. 2020 Jul [cited 2020 Sept 1];726:138605. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138605>.
25. Martelletti L, Martelletti P. Air Pollution and the Novel Covid-19 Disease: a Putative Disease Risk Factor. *SN Compr Clin Med.* [Internet]. 2020 Apr [cited 2020 Sept 1]:1-5. Available from: <https://doi.org/10.1007/s42399-020-00274-4>.
26. Wu X, Nethery RC, Sabath MB, Braun D, Dominici F. Exposure to air pollution and COVID-19 mortality in the United States: A nationwide cross-sectional study. *medRxiv* [Internet]. 2020 Apr [cited 2020 Sept 1];53(9):1689–99. Available from: <https://doi.org/10.1101/2020.04.05.20054502>.
27. Liu Y, Ning Z, Chen Y, Guo M, Liu Y, Gali

- NK, et al. Aerodynamic analysis of SARS-CoV-2 in two Wuhan hospitals. *Nature* [Internet]. 2020 Apr [cited 2020 Sept 1];582:557–560. Available from: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2271-3>.
28. Correia G, Rodrigues L, Gameiro M, Gonçalves T. Airborne route and bad use of ventilation systems as non-negligible factors in SARS-CoV-2 transmission. *Med Hypothesis* [Internet]. 2020 Aug [cited 2020 Sept 1];141:109781. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.109781>.
29. Lu J, Gu J, Li K, Xu C, Su W, Lai Z, et al. COVID-19 Outbreak Associated with Air Conditioning in Restaurant, Guangzhou, China, 2020. *Emerg Infect Dis.* [Internet]. 2020 Jul [cited 2020 Sept 1];26(7):1628-1631. Available from: <https://doi.org/10.3201/eid2607.200764>.
30. Santarpia JL, Rivera DN, Herrera VL, Morwitzer MJ, Creager HM, Santarpia GW, et al. Aerosol and Surface Transmission Potential of SARS-CoV-2. *medRxiv* [Internet]. 2020 Jun [cited 2020 Sept 1]. Available from: <https://doi.org/10.1101/2020.03.23.20039446>
31. Pedoman Penyehatan Udara Dalam Ruang Rumah. Peraturan Menteri Kesehatan Indonesia No 1077/Menkes/PER/2011 [Internet]. 2011 May [cited 2020 Sept 1]. Available from: [http://hukor.kemkes.go.id/uploads/produk\\_hukum/PMK\\_No\\_1077\\_ttg\\_Pedoman\\_Penyehatan\\_Udara\\_Dalam\\_Ruang\\_Rumah.pdf](http://hukor.kemkes.go.id/uploads/produk_hukum/PMK_No_1077_ttg_Pedoman_Penyehatan_Udara_Dalam_Ruang_Rumah.pdf).
32. The National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Guide to the Selection and Use of Particulate Respirators [Internet]. 2014 Jun [cited 2020 Sept 1] Available from: <https://www.cdc.gov/niosh/docs/96-101/default.html>.
33. Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 7 tahun 2019 [Internet]. 2019 Feb [cited 2020 Sept 1]. Available from: [http://hukor.kemkes.go.id/uploads/produk\\_hukum/PMK\\_No\\_7\\_Th\\_2019\\_ttg\\_Kesehatan\\_Lingkungan\\_Rumah\\_Sakit.pdf](http://hukor.kemkes.go.id/uploads/produk_hukum/PMK_No_7_Th_2019_ttg_Kesehatan_Lingkungan_Rumah_Sakit.pdf).