

TANTANGAN INFRASTRUKTUR SANITASI TERHADAP PENYEBARAN VIRUS SARS-COV-2 MELALUI FESES MANUSIA SELAMA PANDEMI COVID-19: SEBUAH REVIEW

Imroatus Sholikhah¹, Eka Vindriani¹, Rizqi Alifia Nur Asy-Syifa¹, Mega Mutiara Sari¹, I Wayan Koko Suryawan^{1,a)}

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Perencanaan Infrastruktur, Universitas Pertamina, Jl. Teuku Nyak Arief, RT.7/RW.8, Simprug, Kec. Kby. Lama, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12220, Indonesia

a) Corresponding author: i.suryawan@universitaspertamina.ac.id

ABSTRAK

SARS-CoV-2 terus menginfeksi manusia dan menyebabkan kematian dengan jumlah yang tidak sedikit. SARS-CoV-2 dapat terdeteksi di saluran pernapasan, sampel darah, urine, feses, dan lainnya. Tujuan dari karya tulis ini adalah untuk mengetahui potensi penularan virus SARS-CoV-2 dari hasil analisis data literatur yang membahas potensi transmisi virus SARS-CoV-2 melalui feses manusia yang terkontaminasi serta mengetahui kondisi sanitasi di Indonesia selama pandemi Covid-19 terhadap kesehatan masyarakat. Metode yang digunakan adalah penelitian kualitatif dengan mengumpulkan data-data yang didapat dari jurnal, berita media massa, dan lainnya. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti di Cina dan data literatur, SARS-CoV-2 berpotensi dapat menular melalui feses manusia yang terjadi pada sejumlah pasien. Tidak hanya feses, tetapi pada urine juga terdapat sampel positif RNA SARS-CoV-2. Penularan tersebut bisa melalui jalur transmisi *fecal-oral*, tetapi perlu diperhatikan bahwa bisaberasal dari aerosol toilet. Kegiatan BABS di Indonesia masih dalam nilai 10,40% perlu digencarkan kembali agar target 0% BABS dapat tercapai. Tidak menutup kemungkinan bahwa penularan virus SARS-CoV-2 di Indonesia ke depannya dapat melalui feses dan air limbah. Oleh karena itu, dibutuhkan penelitian lebih lanjut yang dilakukan secara eksperimen di Indonesia sendiri karena sampai saat ini masih belum ditemukan kasus terkait penularan virus SARS-CoV-2 melalui feses.

Kata kunci: Air limbah, COVID-19, Feses, Sanitasi, SARS-CoV-2

PENDAHULUAN

Di awal tahun 2022, pandemi Covid-19 masih belum terselesaikan. Virus SARS-CoV-2 dapat menular melalui beberapa cara, seperti penularan kontak & droplet, penularan melalui udara, penularan fomite, dan penularan melalui cara lain seperti urin dan feses (Correia et al., 2020; Shao et al., 2021). Penelitian di Hongkong menyatakan ditemukan pada 100 sampel feses pasien terkonfirmasi positif (Yeoh et al., 2021), terdapat infeksi virus usus aktif tanpa gejala gastrointestinal pada pasien, dan saluran pernafasan. Negative untuk virus.

Di era pandemic ini, kondisi sanitasi perlu diperhatikan kurang memadai. Oleh karenanya, perlu memperhatikan personal hygiene seperti air bersih, sanitasi, dan pelayanan higienis untuk menghambat pergerakan virus SARS-CoV-2 (Langone et al., 2021). Berkaitan dengan hal tersebut, kebiasaan masyarakat Indonesia yang masih melakukan buang air besar sembarangan (Suryawan et al., 2021) menjadi hal yang perlu diwaspadai karena dapat terjadi penularan virus SARS-CoV-2. Indonesia menempati urutan kedua setelah India (Gertler et al., 2015), hal ini merugikan kemajuan sanitasi di Indonesia dan kesehatan masyarakat di dalamnya.

SARS-CoV-2 diklasifikasikan di bawah untai tunggal linier, genom RNA sense positif (Manfredonia et al., 2020). Genom virus ini mengkode beberapa protein non-struktural dan empat protein struktural, yaitu protein permukaan (S), envelope (E), membran (M), dan nukleokapsid (N) (Yadav et al., 2021). Virus ini juga merupakan jenis corona virus yang bersifat zoonosis tetapi dapat ditularkan dari manusia kemanusiaan melalui penularan kontak & droplet, penularan melalui udara, penularan fomite, dan penularan melalui cara lain seperti melalui urin dan feses (de Vries et al., 2021). Diameter SARS-CoV-2 adalah sekitar 50-200 nm. WHO mengumumkan pandemi Covid-19 pada 11 Maret 2020, dan gejala awal Covid-19 bukanlah nama yang terlalu spesifik; ada demam dan batuk, yang kemudian sembuh spontan. Gejala tersebut berkembang menjadi sesak napas, dispnea, dan pneumonia yang menyebabkan sindrom gangguan pernapasan akut (ARDS) (Harahap, 2020).

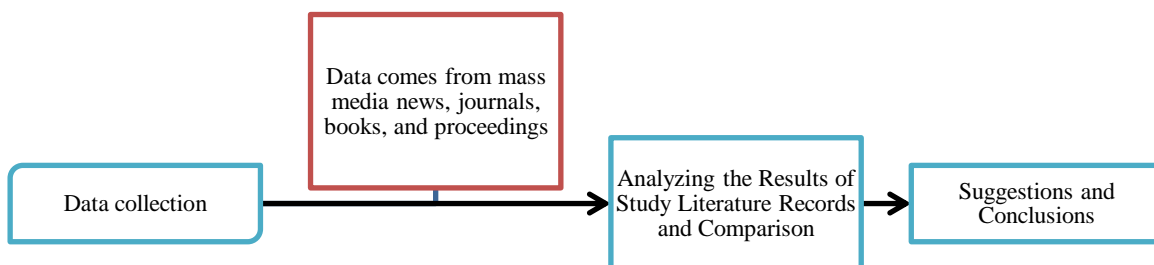
Sanitasi adalah upaya pengendalian beberapa faktor lingkungan fisik yang mempengaruhi manusia dalam beberapa hal, seperti mempengaruhi pengaruh, merusak perkembangan fisik, kesehatan, dan kelangsungan hidup. Sanitasi termasuk dalam target SDGs No 6 yaitu bersanding dengan air bersih, yaitu menjamin

ketersediaan dan pengelolaan air bersih dan sanitasi yang berkelanjutan untuk semua. Salah satu target spesifik SDGs untuk sanitasi adalah penghentian semua praktik buang air besar sembarangan pada tahun 2030 (Sidhi et al., 2016). Pada tahun 2017, capaian pembangunan sanitasi dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional terkait dengan buang air besar sembarangan adalah 10,40%. Namun nilai tersebut belum mencapai 0% buang air besar sembarangan (Suryawan et al., 2021).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi penularan virus SARS-CoV-2 dari analisis data literatur yang membahas kemungkinan penularan virus SARS-CoV-2 melalui tinja manusia yang terkontaminasi. Hal ini juga bertujuan sebagai landasan ilmiah infrastruktur sanitasi yang ada di Indonesia untuk melindungi masyarakat dari penyebaran SARS-CoV-2 melalui sanitasi.

METODE PENELITIAN

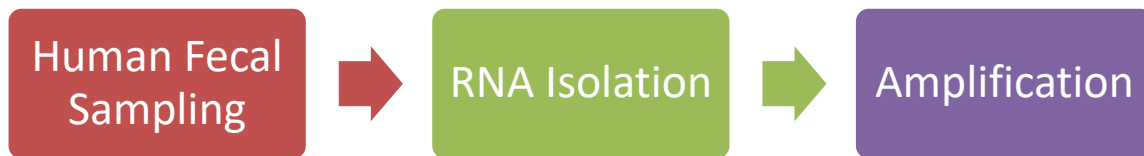
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kualitatif dengan mengumpulkan data yang diperoleh dari jurnal, berita media massa, dan lain-lain. Diagram alir dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Penelitian Kualitatif dengan Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan terutama adalah data dari penelitian di China yang membandingkan RNA yang diperoleh dari tes amplifikasi asam nukleat (NAAT) seperti RT-PCR waktu nyata untuk menentukan

potensi penularan virus SARS-CoV-2 dari kotoran manusia yang terkontaminasi. Gambar 2 menunjukkan diagram alir yang disederhanakan untuk uji diagnostik Covid-19 untuk specimen tinja NAAT.



Gambar 2. Flowchart Uji Diagnosis Covid-19 Spesimen Feses dengan NAAT

Sampel feses (fesesmanusia) diambil, kemudian sampel diekstraksi dan diisolasi RNA dari specimen yang diuji. Amplifikasi dilakukan untuk mengetahui apakah RNA

yang diisolasi dari specimen akan mirip dengan RNA virus SARS-CoV-2 atau tidak menggunakan RT-PCR. Selanjutnya, adalah pelaporan hasil RNA yang diperoleh

HASIL DAN PEMBAHASAN

Virus SARS-CoV-2 dapat hidup di usus manusia karena virus masuk melalui mulut sehingga saluran pencernaan bersentuhan dengan asam lambung dan empedu (Etemad-Moghadam & Alaeddini, 2021; ROSE-MARTEL et al., 2021). Resistensi SARS-CoV-2 terhadap enzim dan lingkungan pH yang lebih rendah disebabkan oleh interaksi yang kuat antara musin dan protein S (Elsamadony et al., 2021). SARS-CoV-2 mengenali enzim pengubah angiotensin 2 (ACE2) sebagai reseptor virus di saluran pencernaan manusia. Protein ACE2 banyak ditemukan di lambung, duo denum, dan sel kelenjar epitelrektal, meskipun jarang ditemukan di mukosa esofagus. Kehadiran trans membran serin protease (TMPRSS2 dan TMPRSS4) dengan ACE2 memudahkan masuknya SAR-CoV-2 kedalam selinang di usus halus manusia (Elsamadony et al., 2021). Penelitian yang dilakukan oleh Wu, et al. (Wu et al., 2020) terhadap 74 pasien positif SARS-CoV-2 RNA di 5 Sun Yat-sen University Hospital, Zhuhai, China, pada

Januari-Maret 2020 menghasilkan 41 pasiendari 74 pasien (55%) positif SARS-CoV-2 pada sampel feses dan respirasi. Ditemukan juga sampel feses dari pasien yang terinfeksi SARS-CoV-2 dalam waktu yang lebih lama rata-rata 27,9 hari dibandingkan sampel pernapasan dari pasien yang hanya dapat terinfeksi SARS-CoV-2 yang positif rata-rata 16,7 hari. Wu (Wu et al., 2020) juga menyebutkan bahwa ada pasien yang hasil sampel swabnya negatif, namun sampel tinjanya masih terindikasi positif SARS-CoV-2 selama 33 hari berturut-turut. Ini menunjukkan bahwa virus mungkin telah bereplikasi di saluran pencernaan yang ditularkan melalui rute fekal-oral. Penularan fecal-oral lebih kecil kemungkinannya terjadi di ruang karantina, rumah sakit, atau ruang isolasi diri (Lui et al., 2020; Mukhra et al., 2020; Singh et al., 2020). Meski demikian, peluang terjadinya risiko lebih tinggi jika muncul di asrama, hotel, kereta api, kapal pesiar, dan toilet umum lainnya karena jumlah pengguna lebih signifikan dan tidak dapat mengontrol siapa dan di mana orang menggunakan fasilitas tersebut.

Tabel 1 menunjukkan beberapa studi literatur yang mendeteksi penularan SARS-CoV-2 pada feses dan urin manusia. Beberapa hasil menunjukkan SARS-CoV-2 dapat ditularkan melalui feses dan urin. Proses penularan dapat terjadi karena virus yang melewati partikel aerosol yang dihasilkan dari proses ekskresi manusia. Misalnya, penelitian yang ditemukan oleh Feng et al. (Feng et al., 2021)

mengungkapkan bahwa 2 dari 6 sampel ditemukan RNA positif SARS-CoV-2 di aerosol fasilitas kesehatan setelah aktivitas buang air besar dan menyiram toilet dengan konsentrasi 4 eksemplar/cm² dan dua eksemplar/cm². Studi terbaru menemukan bahwa konsentrasi virus dalam aerosol toilet berkisar antara 19 kopi/m³ dengan diameter aerodinamis berkisar antara 0,25-0,5 m (Elsamadony et al., 2021).

Table 1. Literature Study Detecting Transmission of SARS-CoV-2 in Human Fecal

Jenis Spesimen	Hasil Genetik Positif Relatif terhadap Semua Sampel	Kejadian Penularan Virus	metode	References
Kotoran	Sepuluh dari 12 (83,3%) kasus positif untuk sampel	Penularan fecal-oral SARS-CoV2	Virus ditumpahkan dalam swab pernapasan dan sampel tinja selama periode sakit.	(N. Zhang et al., 2020)
Kotoran	18 (64,29%) pasien tetap positif untuk RNA virus dalam tinja setelah usapan faring menjadi negatif	Kehadiran RNA SARS-CoV-2 dalam tinja dan penularan SARS-CoV-2 melalui rute fecal-oral	Spesi menusap faring, tinja, dan urin dikumpulkan dan diuji untuk RNA SARS-CoV-2.	(Chen et al., 2020)
Kotoran	4 dari 5 (100%)	Kejadian SARS-CoV-2 tidak terdeteksi pada sampel urin dan feses melalui sel Vero yang spesimennya memiliki viral load tinggi.	Perangkat RT-PCR melakukan deteksi dan kuantifikasi RNA SARS-CoV-2. Sel Vero digunakan untuk isolasi virus. Sel yang telah dimonitor selama 4 hari diperiksa efek sitopatiknya.	(Jeong et al., 2020)
Kotoran	Catatan: virus memuat $1,17 \pm 0,32 \log_{10}$ eksemplar/mL	SARS-CoV-2 dapat menginfeksi sel epitelsaluran cerna	Kehadiran asam ribonukleat SARS-CoV-2 dalam sel usus; SARS-CoV-2 hidup di kotoran.	(Cuicchi et al., 2021)
Kotoran	Dari 671 pasien, 312 (46,5%) memiliki sampel tinja positif untuk asam nukleat virus	-	-	(Wu et al., 2020)

Jenis Spesimen	Hasil Genetik Positif Relatif terhadap Semua Sampel	Kejadian Penularan Virus	metode	References
Kotoran	39 dari 73 (53%)	Infeksi SARS-CoV-2 terdeteksi (tidak dihitung)	Deteksi dan kuantifikasi RNA SARS-CoV-2 dilakukan menggunakan RT-PCR.	(Xiao et al., 2020)
Kotoran		2 dari 3 (66,67%)	Virus diisolasi menggunakan sel Vero kemudian dideteksi menggunakan mikroskopelektron.	(Y. Zhang et al., n.d.)

Dalam kondisi pandemi COVID-19, laporan dampak lingkungan dari pandemi di Indonesia menjadi isu strategis untuk mendukung pembangunan berkelanjutan (Cordova et al., 2021; Septiariva et al., 2022). Namun, kondisi sanitasi Indonesia masih belum menjadi arsip tujuan pembangunan berkelanjutan (Mahato et al., 2020; Nelson et al., 2014; Surya et al., 2020).

Praktekbuang air besar sembarangan akan mengganggu kesehatan manusia (Abudulai et al., 2021; Okon & Ikpi, 2019). Kotoran yang terkumpul secara tidak benar akan mencemari lingkungan. Misalnya, jika seseorang membuang air limbah kesungai, maka air sungai tersebut akan tercemar oleh bahan organik, nutrisi, atau mikroorganisme (Afifah et al., 2020; Sarwono et al., 2022; I. Suryawan et al., 2021). Selain itu, kita cenderung mengetahui bahwa buang air besar sembarangan dapat menyebabkan diare yang disebabkan oleh bakteri. Namun, di era pandemi Covid-19 saatini, penularan virus masih dimungkinkan melalui feses yang terkontaminasi. Seperti pada pembahasan sebelumnya, data pada Tabel 1 memberikan bukti bahwa virus SARS-CoV-2 dapat ditularkan melalui fecal-oral atau toilet aerosol. Sejauh ini di Indonesia belum ada kasus COVID-19 karenabuang air besar sembarangan, dan belum ada penelitian terkait hal tersebut karena tes diagnostik

Covid-19 yang dilakukan masih menggunakan sampel pernapasan (SPA dan SPB). Sementara itu, negara berkembang telah melacak virus RNA SARS-CoV-2 virus dalam air limbah dan feses, sehingga diperlukan metodologi dan tantangan deteksi lanjutan untuk negara berkembang (Panchal et al., 2021). Oleh karena itu, target 0% buang air besar sembarangan di Indonesia perlu diintensifkan untuk memenuhi target SDGs dan meminimalisir penularan SARS-CoV-2 di masa mendatang.

Hasil studi mengenai deteksi SARS-CoV-2 pada limbah cair tinja domestik yang diolah sebagian besar tidak terdeteksi pada limbahcair (Tabel 2). Di UEA, tidak satu pun dari 11 limbah IPAL yang dinyatakan positif selama pengambilan sampel, menunjukkan teknologi pengolahan yang digunakan untuk mendegradasi SARS-CoV-2 (Hasan et al., 2021). Di Prefektur Yamanashi, RNA SARS-CoV-2 terdeteksi pada sampel air limbah sekunder yang diolah di IPAL, tetapi pada limbah sungai, RNA SARS-CoV-2 tidak terdeteksi (Haramoto et al., 2020). Masalah pencemaran air limbah berkaitan dengan pertumbuhan penduduk dan konsentrasi penduduk di pusat-pusat kota besar. Pertumbuhan penduduk yang pesat, khususnya di Indonesia, akan meningkatkan tekanan terhadap sumber daya air karena kebutuhan dan pencemarannya. Di seluruh

dunia saat ini kekurangan akses ke fasilitas sanitasi yang lebih baik, dengan 946 juta orang melakukan buang air besar sembarangan (Bernal et al., 2021).

Tercapainya akses primer terhadap sanitasi, khususnya air limbah domestik di perkotaan, masih dapat mencegah pencemaran dari pembuangan yang tidak diolah. Namun hingga saat ini sistem off-site skalaperkotaan yang beroperasi belum merata. Setelah lebih dari tujuh dekade, fasilitas infrastruktur sanitasi off-site skala perkotaan yang ada hanya tersedia di kota-kota di seluruh Indonesia, dengan kinerja

layanan sebagian besar di bawah 70 persen dari total kapasitas mereka (Harahap et al., 2021).

Perlunya peningkatan pelayanan pengolahan air limbah di Indonesia erat kaitannya dengan kemungkinan penyebaran virus SARS-CoV-2. Dengan pengolahan air limbah yang tepat, ada kemungkinan penyebaran dalam air limbah dan lumpur limbah. Selain itu, kemungkinan penyebaran dari kotoran manusia kesaluran pembuangan perlu diwaspadai, terutama di daerah yang belum memiliki infrastruktur pengolahan air limbah yang baik.

Tabel 2. Studi Literatur Deteksi SARS-CoV-2 di Air Limbah

Temuan	Metode Tes	References
RNA dari SARS-CoV-2 terdeteksi pada 61% dari 126 sampel air limbah, 90% RNA terdapat dalam fase cair influen.	Sebuah studi epidemiologi air limbah Sembilan minggu dari sepuluh fasilitas air limbah yang melayani 39% negara bagian Utah atau 1,26 juta orang dilakukan pada bulan April dan Mei 2020.	(Weidhaas et al., 2021)
RNA SARS-CoV-2 di enam instalasi pengolahan air limbah (IPAL) yang melayani kota-kota besar di Wilayah Murcia (Spanyol), daerah dengan prevalensi COVID-19 terendah di Semenanjung Iberia.	Menggunakan panel diagnostik RT-PCR (RT-qPCR) real-time tervalidasi CDC AS yang menargetkan tiga wilayah gen nukleokapsid virus (N), kami memperkirakan kuantifikasi titer RNA SARS-CoV-2. Duasampel air sekunder dinyatakan positif (2 dari 18), dan semua sampel air tersier dinyatakan negatif (0 dari 12).	(Randazzo et al., 2020)
RNA SARS-CoV-2 terdeteksi dalam air limbah sekunder yang diolah ($2,4 \times 10^3$ eksemplar/L). Taksatu pun dari sampel air sungai yang diuji positif untuk RNA SARS-CoV-2. Namun, perbandingan dengan kasus COVID-19 yang dilaporkan di Prefektur Yamanashi menunjukkan bahwa RNA SARS-CoV-2 terdeteksi dalam sampel air limbah pengolahan sekunder.	Sampel air limbah pengolahan limbah dan sekunder (sebelum klorinasi) dan sampel air sungai dikumpulkan lima kali dari instalasi pengolahan air limbah dan tiga kali dari sungai, masing-masing, antara	(Haramoto et al., 2020)
Influen air limbah dari IPAL berkisar antara $7.50E+02$ hingga lebih dari $3.40E+04$ salinan gen virus/L, dengan beberapa tanaman tidak memiliki RNA virus yang terdeteksi oleh RT-qPCR.	Studi ini melaporkan viral load SARS-CoV-2 dalam air limbah influen dan limbah olahan dari 11 instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dan air limbah yang tidak	(Hasan et al., 2021)

Virus ini juga terdeteksi pada 85% sampel air limbah yang tidak diolah yang diambil dari lokasi berbeda di seluruh negeri, dengan viral load dalam sampel positif berkisar antara $2.86E+02$ dan lebih dari $2.90E+04$ salinan gen/L.

diolah dari 38 lokasi berbeda di Uni Emirat Arab (UEA) pada Mei dan Juni 2020. Sampel komposit dikumpulkan selama dua puluh empat jam secara termal dinonaktifkan untuk keamanan, diikuti oleh konsentrasi virus menggunakan ultrafiltrasi, ekstraksi RNA menggunakan kit yang tersedia secara komersial, dan kuantifikasi virus menggunakan RT-qPCR.

SIMPULAN

Potensi penularan SARS-CoV-2 melalui kotoran manusia dapat terjadi. Namun, jumlah penelitian yang menangani kasus ini terbatas, sementara beberapa salinan RNA virus telah diidentifikasi dalam specimen tinja dan air limbah. Jalur penularan fecal-oral perlu diperhatikan karena virus mungkin tidak langsung masuk kesistem pencernaan tetapi berasal dari aerosol toilet. Jumlah spesimen yang digunakan juga harus divalidasi agar pada saat pengujian feses didapatkan hasil yang akurat. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah riwayat kesehatan pasien karena pasien dengan imunitas rendah akan lebih mudah terkena virus ini. Penelitian ini menyarankan perlunya penelitian kuantitatif untuk mengetahui apakah praktik buang air besar sembarangan di Indonesia dapat memicu penularan virus SARS-CoV-2. Yang hasilnya kemudian bisa dibandingkan dengan penelitian di negara maju agar Indonesia bias membuat infrastruktur sanitasi yang lebih baik untuk menjaga kesehatan masyarakat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat-Nya sehingga artikel ilmiah ini dapat terselesaikan. Kami juga mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, atas Program Kreativitas Mahasiswa (PKM). Hasil ini merupakan publikasi karya ilmiah PKM berdasarkan Surat Keputusan No. 3116/E2/KM.05.01/2021 tentang Dokumen PKM AI/GT 2021.

REFERENCES

- Abudulai, I., Abdulai Robert Aziz, T., Ofori, B., & Atta Adjei, G. (2021). The Menace of Open Defecation in Ghanaian Communities: The Case of Gambaga and Nalerigu Communities in North East Region. *International Journal of Environmental Protection and Policy*, 9(2), 16. <https://doi.org/10.11648/j.ijep.20210902.11>
- Afifah, A. S., Suryawan, I. W. K., & Sarwono, A. (2020). Microalgae production using photo-bioreactor with intermittent aeration for municipal wastewater substrate and

- nutrient removal. *Communications in Science and Technology*, 5(2), 107–111.
<https://doi.org/10.21924/cst.5.2.2020.200>
- Bernal, D., Restrepo, I., & Grueso-Casquete, S. (2021). Key criteria for considering decentralization in municipal wastewater management. *Heliyon*, 7(3), e06375.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06375>
- Chen, Y., Chen, L., Deng, Q., Zhang, G., Wu, K., Ni, L., Yang, Y., Liu, B., Wang, W., Wei, C., Yang, J., Ye, G., & Cheng, Z. (2020). The presence of SARS-CoV-2 RNA in the feces of COVID-19 patients. *Journal of Medical Virology*, 92(7), 833–840.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jmv.25825>
- Cordova, M. R., Nurhati, I. S., Riani, E., Nurhasanah, & Iswari, M. Y. (2021). Unprecedented plastic-made personal protective equipment (PPE) debris in river outlets into Jakarta Bay during COVID-19 pandemic. *Chemosphere*, 268, 129360.
<https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2020.129360>
- Correia, G., Rodrigues, L., Gameiro da Silva, M., & Gonçalves, T. (2020). Airborne route and bad use of ventilation systems as non-negligible factors in SARS-CoV-2 transmission. *Medical Hypotheses*, 141, 109781.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.109781>
- Cuicchi, D., Lazzarotto, T., & Poggioli, G. (2021). Fecal-oral transmission of SARS-CoV-2: review of laboratory-confirmed virus in gastrointestinal system. *International Journal of Colorectal Disease*, 36(3), 437–444.
<https://doi.org/10.1007/s00384-020-03785-7>
- de Vries, R. D., Rockx, B., Haagmans, B. L., Herfst, S., Koopmans, M. P. G., & de Swart, R. L. (2021). Animal models of SARS-CoV-2 transmission. *Current Opinion in Virology*, 50, 8–16.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.coviro.2021.06.007>
- Elsamadony, M., Fujii, M., Miura, T., & Watanabe, T. (2021). Possible transmission of viruses from contaminated human feces and sewage: Implications for SARS-CoV-2. *Science of The Total Environment*, 755, 142575.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142575>
- Etemad-Moghadam, S., & Alaeddini, M. (2021). Is SARS-CoV-2 an Etiologic Agent or Predisposing Factor for Oral Lesions in COVID-19 Patients? A Concise Review of Reported Cases in the Literature. *International Journal of Dentistry*, 2021, 6648082.
<https://doi.org/10.1155/2021/6648082>
- Feng, B., Xu, K., Gu, S., Zheng, S., Zou, Q., Xu, Y., Yu, L., Lou, F., Yu, F., Jin, T., Li, Y., Sheng, J., Yen, H.-L., Zhong, Z., Wei, J., & Chen, Y. (2021). Multi-route transmission potential of SARS-CoV-2 in healthcare facilities. *Journal of Hazardous Materials*, 402, 123771.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123771>

- Gertler, P., Shah, M., Alzua, M. L., Cameron, L., Martinez, S., & Patil, S. (2015). How Does Health Promotion Work? Evidence From The Dirty Business of Eliminating Open Defecation. National Bureau of Economic Research Working Paper Series, No. 20997. <https://doi.org/10.3386/w20997>
- Harahap, J., Gunawan, T., Suprayogi, S., & Widyastuti, M. (2021). A review: Domestic wastewater management system in Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 739(1), 12031. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/739/1/012031>
- Harahap, R. (2020). Clinical Characteristics of Coronavirus Disease 2019. Jurnal Penelitian Perawat Profesional, 2(3 SE-Articles). <https://doi.org/10.37287/jppp.v2i3.145>
- Haramoto, E., Malla, B., Thakali, O., & Kitajima, M. (2020). First environmental surveillance for the presence of SARS-CoV-2 RNA in wastewater and river water in Japan. Science of The Total Environment, 737, 140405. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140405>
- Hasan, S. W., Ibrahim, Y., Daou, M., Kannout, H., Jan, N., Lopes, A., Alsafar, H., & Yousef, A. F. (2021). Detection and quantification of SARS-CoV-2 RNA in wastewater and treated effluents: Surveillance of COVID-19 epidemic in the United Arab Emirates. Science of The Total Environment, 764, 142929. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142929>
- Jeong, H. W., Kim, S.-M., Kim, H.-S., Kim, Y.-I., Kim, J. H., Cho, J. Y., Kim, S., Kang, H., Kim, S.-G., Park, S.-J., Kim, E.-H., & Choi, Y. K. (2020). Viable SARS-CoV-2 in various specimens from COVID-19 patients. Clinical Microbiology and Infection, 26(11), 1520–1524. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cmi.2020.07.020>
- Langone, M., Petta, L., Cellamare, C. M., Ferraris, M., Guzzinati, R., Mattioli, D., & Sabia, G. (2021). SARS-CoV-2 in water services: Presence and impacts. Environmental Pollution, 268, 115806. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115806>
- Lui, R. N., Wong, S. H., Sánchez-Luna, S. A., Pellino, G., Bollipo, S., Wong, M.-Y., Chiu, P. W. Y., & Sung, J. J. Y. (2020). Overview of guidance for endoscopy during the coronavirus disease 2019 pandemic. Journal of Gastroenterology and Hepatology, 35(5), 749–759. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jgh.15053>
- Mahato, S., Bhattarai, S., & Singh, R. (2020). Inequities towards leprosy-affected people: A challenge during COVID-19 pandemic. PLOS Neglected Tropical Diseases, 14(7), e0008537. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008537>
- Manfredonia, I., Nithin, C., Ponce-Salvatierra, A., Ghosh, P., Wirecki, T. K., Marinus, T., Ogando, N. S., Snijder, E. J., van Hemert, M. J.,

- Bujnicki, J. M., & Incarnato, D. (2020). Genome-wide mapping of SARS-CoV-2 RNA structures identifies therapeutically-relevant elements. *Nucleic Acids Research*, 48(22), 12436–12452. <https://doi.org/10.1093/nar/gkaa1053>
- Mukhra, R., Krishan, K., & Kanchan, T. (2020). Possible modes of transmission of Novel coronavirus SARS-CoV-2: a review. *Acta Bio-Medica :AteneiParmensis*, 91(3), e2020036–e2020036. <https://doi.org/10.23750/abm.v9i1i3.10039>
- Nelson, K. B., Karver, J., Kullman, C., & Graham, J. P. (2014). User Perceptions of Shared Sanitation among Rural Households in Indonesia and Bangladesh. *PLOS ONE*, 9(8), e103886. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103886>
- Okon, P. E., & Ikpi, M. O. (2019). Effectiveness of communication campaigns in the sustenance of open defecation-free society: A study of Ugep community in Cross River State. *The International Journal of Communication ...*, 24. https://www.researchgate.net/profile/Patrick-Ene-Okon/publication/357063819_EFFECTIVENESS_OF_COMMUNICATION_CAMPAIGNS_IN_THE_SUSTENANCE_OF_OPEN_DEFECATION-FREE_SOCIETY_A_STUDY_OF_UGEP_COMMUNITY_IN_CROSS_RIVER_STATE/links/61ba727263bbd93242975a79/EFFECTIVENESS-OF-COMMUNICATION-CAMPAIGNS-IN-THE-SUSTENANCE-OF-OPEN-DEFECATION-FREE-SOCIETY-A-STUDY-OF-UGEP-COMMUNITY-IN-CROSS-RIVER-STATE.pdf
- Panchal, D., Prakash, O., Bobde, P., & Pal, S. (2021). SARS-CoV-2: sewage surveillance as an early warning system and challenges in developing countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(18), 22221–22240. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13170-8>
- Randazzo, W., Truchado, P., Cuevas-Ferrando, E., Simón, P., Allende, A., & Sánchez, G. (2020). SARS-CoV-2 RNA in wastewater anticipated COVID-19 occurrence in a low prevalence area. *Water Research*, 181, 115942. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.115942>
- ROSE-MARTEL, M., TOMPKINS, E., RUTLEY, R., ROMERO-BARRIOS, P., & BUENAVENTURA, E. (2021). Exposure Profile of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 in Canadian Food Sources. *Journal of Food Protection*, 84(8), 1295–1303. <https://doi.org/10.4315/JFP-20-492>
- Sarwono, A., Widiyantara, M. D., Zahra, N. L., Floresyona, D., Suryawan, I. W. K., Michael, F., & Siagian, H. (2022). Utilization of Black Liquor as Urease Inhibitor for Ammonia Reduction. 23(2), 213–218.
- Septiariva, Sarwono, A., Suryawan, I. W. K., & Ramadan, B. S. (2022). Municipal Infectious Waste during COVID-19 Pandemic: Trends,

- Impacts, and Management. *International Journal of Public Health Science (IJPHS)*, 11(2). <http://doi.org/10.11591/ijphs.v11i2.21292>
- Shao, L., Ge, S., Jones, T., Santosh, M., Silva, L. F. O., Cao, Y., Oliveira, M. L. S., Zhang, M., & Bérubé, K. (2021). The role of airborne particles and environmental considerations in the transmission of SARS-CoV-2. *Geoscience Frontiers*, 12(5), 101189. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gsf.2021.101189>
- Sidhi, A. N., Raharjo, M., Astorina, N., Dewanti, Y., Lingkungan, B. K., Masyarakat, F. K., & Diponegoro, U. (2016). Bakteriologis Air Bersih Terhadap Kejadian Diare Pada Balita di Wilayah Kerja Puskesmas Adiwerna kabupaten Tegal. *Kementerian Kesehatan Republik Indonesia*, 4(3), 665–676. <https://media.neliti.com/media/publications/137879-ID-hubungan-kualitas-sanitasi-lingkungan-da.pdf>
- Singh, D. R., Sunuwar, D. R., Karki, K., Ghimire, S., & Shrestha, N. (2020). Knowledge and Perception Towards Universal Safety Precautions During Early Phase of the COVID-19 Outbreak in Nepal. *Journal of Community Health*, 45(6), 1116–1122. <https://doi.org/10.1007/s10900-020-00839-3>
- Surya, B., Syafri, S., Sahban, H., & Sakti, H. H. (2020). Natural Resource Conservation Based on Community Economic Empowerment: Perspectives on Watershed Management and Slum Settlements in Makassar City, South Sulawesi, Indonesia. In *Land* (Vol. 9, Issue 4). <https://doi.org/10.3390/land9040104>
- Suryawan, I., Septiariva, I. Y., Helmy, Q., Notodarmojo, S., Wulandari, M., Sari, N. K., Sarwono, A., & Jun-Wei, L. (2021). Comparison of Ozone Pre-Treatment and Post-Treatment Hybrid with Moving Bed Biofilm Reactor in Removal of Remazol Black 5. *International Journal of Technology*, 12(2).
- Suryawan, I. W. K., Rahman, A., Lim, J., & Helmy, Q. (2021). Environmental impact of municipal wastewater management based on analysis of life cycle assessment in Denpasar City. *Desalination and Water Treatment*, 244, 55–62. <https://doi.org/10.5004/dwt.2021.27957>
- Weidhaas, J., Aanderud, Z. T., Roper, D. K., VanDerslice, J., Gaddis, E. B., Ostermiller, J., Hoffman, K., Jamal, R., Heck, P., Zhang, Y., Torgersen, K., Laan, J. Vander, & LaCross, N. (2021). Correlation of SARS-CoV-2 RNA in wastewater with COVID-19 disease burden in sewersheds. *Science of The Total Environment*, 775, 145790. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145790>
- Wu, Y., Guo, C., Tang, L., Hong, Z., Zhou, J., Dong, X., Yin, H., Xiao, Q., Tang, Y., Qu, X., Kuang, L., Fang, X., Mishra, N., Lu, J., Shan, H., Jiang, G., & Huang, X. (2020). Prolonged presence of SARS-CoV-2 viral RNA in faecal samples. *The Lancet Gastroenterology & Hepatology*, 5(5), 434–435.

- [https://doi.org/10.1016/S2468-1253\(20\)30083-2](https://doi.org/10.1016/S2468-1253(20)30083-2)
- Xiao, F., Sun, J., Xu, Y., Li, F., Huang, X., Li, H., Zhao, J., Huang, J., & Zhao, J. (2020). Infectious SARS-CoV-2 in Feces of Patient with Severe COVID-19. *Emerging Infectious Diseases*, 26(8), 1920–1922. <https://doi.org/10.3201/eid2608.200681>
- Yadav, R., Chaudhary, J. K., Jain, N., Chaudhary, P. K., Khanra, S., Dhamija, P., Sharma, A., Kumar, A., & Handu, S. (2021). Role of Structural and Non-Structural Proteins and Therapeutic Targets of SARS-CoV-2 for COVID-19. In *Cells* (Vol. 10, Issue 4). <https://doi.org/10.3390/cells10040821>
- Yeoh, Y. K., Zuo, T., Lui, G. C.-Y., Zhang, F., Liu, Q., Li, A. Y. L., Chung, A. C. K., Cheung, C. P., Tso, E. Y. K., Fung, K. S. C., Chan, V., Ling, L., Joynt, G., Hui, D. S.-C., Chow, K. M., Ng, S. S. S., Li, T. C.-M., Ng, R. W. Y., Yip, T. C. F., ... Ng, S. C. (2021). Gut microbiota composition reflects disease severity and dysfunctional immune responses in patients with COVID-19. *Gut*, 70(4), 698 LP – 706. <https://doi.org/10.1136/gutjnl-2020-323020>
- Zhang, N., Gong, Y., Meng, F., Bi, Y., Yang, P., & Wang, F. (2020). Virus shedding patterns in nasopharyngeal and fecal specimens of COVID-19 patients. *MedRxiv*, 2020.03.28.20043059. <https://doi.org/10.1101/2020.03.28.20043059>
- Zhang, Y., Chen, C., Zhu, S., Shu, C., Wang, D., Song, J., Song, Y., Zhen,

W., Feng, Z., Wu, G., Xu, J., & Xu, W. (n.d.). Isolation of 2019-nCoV from a Stool Specimen of a Laboratory-Confirmed Case of the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *China CDC Weekly*, 2(8), 123–124. <https://doi.org/10.46234/ccdcw2020.033>