



## **DAMPAK DAN PERATURAN LIMBAH PADAT PERAWATAN KESEHATAN MANAJEMEN SELAMA PANDEMI COVID-19 DI BERBAGAI NEGARA: A STUDY LITERATURE**

**Adinda Syafhira\***, Misnaniarti, Haerawari Idris, Yuanita Windusari, Novrikasari, Nur Alam Fajar  
Program Magister Ilmu Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Sriwijaya,  
Jl. Masjid Al Gazali, Bukit Lama, Ilir Barat I, Palembang, Sumatera Selatan 30128, Indonesia  
[\\*syafhiraadinda@gmail.com](mailto:*syafhiraadinda@gmail.com)

### **ABSTRAK**

Selama pandemi, sangat penting untuk meningkatkan langkah-langkah keamanan untuk limbah pelayanan kesehatan, atau HCSW, dan untuk selalu mencari cara yang lebih aman untuk menangani dan menyimpan bahan-bahan ini. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan analisis menyeluruh terhadap literatur tentang penanganan limbah medis selama pandemi COVID-19. Penelitian ini didukung oleh kerangka kerja PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews) dan meta-analisis, yang dipilih untuk menjamin presentasi tinjauan sistematis yang menyeluruh dan jelas. Tiga kombinasi kata kunci yang berbeda digunakan untuk mencapai tujuan ini: "pengelolaan limbah padat," "limbah medis," dan "pandemi COVID-19.", secara keseluruhan dimasukkan dalam analisis. temuan analisis menunjukkan bahwa pandemi berdampak besar pada pengelolaan dan volume limbah padat rumah sakit, yang pada gilirannya berdampak pada faktor sosial, ekonomi, dan lingkungan. Penelitian terbaru telah berkonsentrasi pada pengurangan efek ini melalui pengejaran solusi "hijau", seperti menempatkan rencana berkelanjutan ke dalam tindakan, melindungi keanekaragaman hayati, memimpin gaya hidup sadar lingkungan, meningkatkan fasilitas kesehatan, meningkatkan kesadaran masyarakat, dan mengubah pedoman manajemen HCSW. Selain itu, teknologi alternatif telah diselidiki untuk pengolahan yang tepat dari limbah ini dan penggantian bahan yang lebih aman untuk yang berbahaya. Untuk membantu pembuatan rencana yang mengurangi dampak pandemi terhadap masyarakat dan lingkungan, studi ilmiah tambahan tentang hal ini masih diperlukan, terutama di lingkungan Brasil.

Kata kunci: covid-19; limbah pelayanan kesehatan; pengelolaan limbah padat

## ***IMPACT AND REGULATION OF SOLID WASTE HEALTH CARE MANAGEMENT DURING THE COVID-19 PANDEMIC IN VARIOUS COUNTRIES: A LITERATURE STUDY***

### **ABSTRACT**

*During the pandemic, it is critical to increase safety measures for healthcare waste, or HCSW, and to always look for safer ways to handle and store these materials. The goal of this study was to conduct a thorough analysis of the literature on handling medical waste during the COVID-19 pandemic. This research was supported by the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews) framework and meta-analysis, which were selected to guarantee a thorough and clear presentation of the systematic review. Three different combinations of keywords were used to achieve this goal: "solid waste management," "medical waste," and "COVID-19 pandemic.", 30 articles were published from 2014 to 2023. in total were included in the analysis. have a major impact on the management and volume of hospital solid waste, which in turn impacts social, economic, and environmental factors. Recent research has concentrated on reducing these effects through the pursuit of "green" solutions, such as putting sustainable plans into action, protecting biodiversity, leading an environmentally conscious lifestyle, improving health facilities, increasing public awareness, and changing HCSW management guidelines. In addition, alternative technologies have been investigated for the proper treatment of these wastes and the substitution of safer materials for hazardous ones. To help create appropriate plans to*

*reduce the impact of the pandemic on society and the environment, additional scientific studies on this subject are still needed, especially in the Brazilian environment.*

*Keywords: covid-19; health care waste; solid waste management*

## **PENDAHULUAN**

Pada Desember 2019, coronavirus, yang dikenal sebagai SARS-CoV-2, muncul di Cina dan menyebabkan penyakit pernapasan pada manusia (Gholipour et al., 2020, 2021), dengan cepat menyebar ke sebagian besar benua dan negara-negara, memimpin Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) untuk menyatakan penularan tinggi pandemi pada 11 Maret 2020. Situasi ini telah menjadi perhatian global, membutuhkan komprehensif perubahan dalam masyarakat, terutama di lingkungan rumah sakit (Silva et al., 2023). Selain itu, pandemi telah menimbulkan kekhawatiran tentang konsumsi berlebihan dan lingkungan isu-isu seperti perubahan iklim (Matiuk et al., 2023). Menurut (WHO, 2023), virus itu pernah ada di dunia untuk beberapa waktu, tetapi meningkatnya urbanisasi dan perambahan manusia memungkinkan itu untuk memutus siklus alamnya dan menyebar ke manusia (Nunes De Oliveira et al., 2020). Sekitar 60% dari yang muncul penyakit menular abad terakhir, termasuk virus mematikan seperti HIV, Ebola, influenza, dan strain coronavirus seperti SARS dan MERS, terkait dengan munculnya penyakit zoonosis, yaitu ketika virus yang secara alami menginfeksi hewan non-manusia mulai menginfeksi orang (Deka et al., 2022).

Dalam konteks pandemi COVID-19, ada perkiraan penting bahwa rumah sakit, klinik, dan pusat layanan kesehatan telah muncul sebagai sumber utama penghasil limbah padat (Martins et al., 2021). Konsekuensinya, pembentukan dan pelaksanaan pengelolaan limbah rumah sakit yang memadai sangat penting untuk mencegah limbah ini menjadi pembawa patogen atau penghasil potensial bahaya yang tidak disengaja selama proses perawatan (Rhodes et al., 2023). Pengolahan limbah medis yang tidak tepat dapat secara serius mengancam kesehatan manusia dan lingkungan (Daina et al., 2019). Masalah yang disebabkan oleh limbah yang buruk manajemen termasuk bahaya karena alat tajam, penyakit manusia yang disebabkan oleh agen infeksi, dan pencemaran lingkungan dari bahan kimia beracun dan berbahaya (Ghanimeh et al., 2019); Dengan demikian, pengelolaan limbah medis menjadi perhatian utama bagi semua regulator dan menuntut perhatian berkelanjutan (C. Bungau & Tit, 2015; S. Bungau et al., 2018).

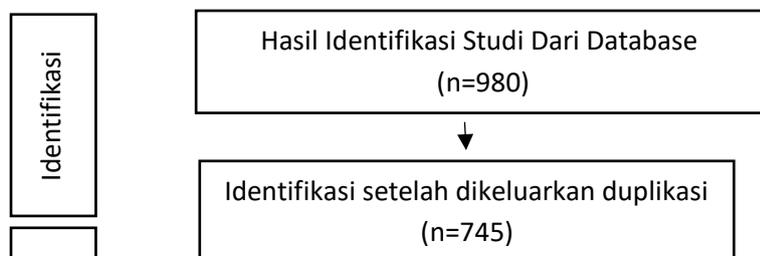
Di Korea, limbah medis diatur oleh Undang-Undang Perawatan Medis Kementerian Kesehatan dan Kesejahteraan sampai tahun 2000. Limbah medis sering dicampur dengan padatan kota limbah (MSW) dan dibuang di tempat pembuangan sampah kota atau fasilitas pengolahan yang tidak tepat; Selain itu, informasi penanganan dan pengolahan limbah medis di institusi medis sangat terbatas dan tidak diketahui secara luas. Di bawah tantangan pengelolaan limbah medis yang meningkat, Korea terus mengubah Undang-Undang Pengendalian Limbah untuk memperkuat pengelolaan limbah medis dari titik generasi ke tujuan akhirnya. Limbah medis diklasifikasikan sebagai limbah yang ditunjuk (atau limbah berbahaya) dan tunduk pada bahaya peraturan limbah di bawah Undang-Undang Pengendalian Limbah. Limbah termasuk bangkai hewan, bagian tubuh manusia dan hewan, kotoran manusia dan hewan, limbah bahan plastik yang terkontaminasi oleh darah, kultur, akumulasi agen infeksi, limbah peralatan medis, dan limbah lain yang mengandung agen infeksi. Secara khusus, limbah diklasifikasikan ke dalam enam kategori utama. Patut dicatat bahwa istilah "limbah medis" telah sering digunakan secara bergantian dengan istilah lain seperti "limbah rumah sakit" dan "limbah infeksius" di seluruh dunia (Tabel 1). Di bawah definisi yang lebih luas, limbah rumah sakit mengacu pada limbah yang dihasilkan oleh rumah sakit, termasuk infeksius dan limbah non-infeksius, limbah

berbahaya dan bahan kimia, dan limbah tidak berbahaya (Yoon et al., 2022).

Limbah medis sering dianggap sebagai subkategori limbah rumah sakit, meliputi "berpotensi" limbah infeksius yang dihasilkan oleh fasilitas medis (Patrício Silva et al., 2021). Secara global, istilahnya "Limbah medis" dan "limbah perawatan kesehatan" digunakan secara bergantian. Limbah medis" dalam penelitian ini mengacu pada semua limbah dengan potensi infeksius yang dihasilkan selama diagnosis, perawatan, pemeriksaan, dan penelitian di rumah sakit umum, klinik, rumah sakit hewan, dan lembaga penelitian (Kalantary et al., 2021). Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan kajian literatur sistematis tentang pengelolaan limbah kesehatan dalam konteks pandemi COVID-19, dari awal hingga saat ini, mengidentifikasi dampak terhadap lingkungan dan masyarakat, serta peraturan dan / atau protokol baru yang diterapkan oleh negara-negara untuk memastikan pengelolaan limbah ini dengan aman. Selanjutnya, studi ini bertujuan untuk mengeksplorasi peraturan dan protokol baru yang potensial yang diterapkan oleh berbagai negara untuk memastikan pengelolaan yang aman dan efektif. limbah rumah sakit, mengingat kekhususan konteks pandemi ini.

**METODE**

Penelitian ini, kami menggunakan metode PRISMA Preferred Reporting Items untuk tinjauan sistematis dan meta-analisis; Metode ini digunakan untuk pelaksanaan dan dokumentasi tinjauan sistematis dan meta-analisis, yang terdiri dari seperangkat pedoman yang membantu peneliti dalam mematuhi protokol standar yang mencakup semua aspek Ulasan, dari strategi pencarian data hingga analisis dan penyajian hasil (Galvão et al., 2022) (File Tambahan). Pedoman ini menetapkan bagaimana penelitian dilakukan, sehingga memastikan produksi penelitian berkualitas tinggi, transparan, berbasis bukti dengan struktur standar, meminimalkan bias dalam pemilihan dan penyertaan studi dalam tinjauan, serta metodologi yang dapat direproduksi, untuk memastikan artikel tinjauan sistematis yang lebih lengkap dan transparan. Jadi, pertama, pencarian kuantitatif dari makalah ilmiah yang ditemukan di database Periódicos Capes dan PubMed dilakukan, untuk memilih publikasi yang relevan untuk pengembangan penelitian ini. Pilihan kedua platform ini disebabkan oleh fakta bahwa CAPES Periodicals Portal mencakup berbagai macam database yang mencakup berbagai bidang pengetahuan. Beberapa contoh database yang tersedia di portal antara lain Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Scopus, dan SciELO. Selain itu, mengingat topik yang sedang diselidiki, dianggap penting untuk memasukkan database terkait kesehatan yang lebih spesifik, yang, dalam hal ini, adalah PubMed. Gambar 1 menggambarkan diagram alur langkah-langkah yang dijelaskan, mengikuti rekomendasi diusulkan dengan metode PRISMA Item Pelaporan Pilihan untuk Tinjauan Sistematis dan Meta-Analisis (Galvão et al., 2022). Oleh karena itu, kami menyertakan 30 Artikel dari tahun 2014 sampai 2023 kedua database (lihat Gambar 1), yang akan dibahas pada bagian berikut'



Tahap pertama melibatkan identifikasi, di mana semua artikel dengan kata kunci yang ditentukan dicari dalam dua database yang diusulkan. Tahap kedua adalah pemilihan ini artikel, yang melibatkan penghapusan duplikat, artikel dengan akses terbatas, dan artikel yang tidak sesuai dengan tema setelah judul dan penyaringan abstrak. Pada tahap ketiga, artikel yang tidak memenuhi kriteria kelayakan dihapus, yang mengarah ke tahap akhir dengan artikel yang disertakan untuk analisis dan bacaan lengkap, untuk disajikan dan dibahas dalam hasil dan bagian diskusi dari artikel ini

## **HASIL**

Bagian ini akan menyajikan hasil artikel ini dan disusun menjadi subbagian sesuai dengan kriteria kelayakan Informasi mengenai kuantitas dan komposisi limbah padat perawatan kesehatan selama pandemi COVID-19 dirinci. Dampak dan langkah-langkah mitigasi yang berkaitan dengan limbah perawatan kesehatan terkontaminasi oleh SARS-CoV-2 Akhirnya, wawasan tentang perubahan dalam kebijakan dan / atau strategi eksekutif dan operasional yang terkait dengan solid pengelolaan sampah selama pandemi COVID-19.

### **Pandemi COVID-19 dan Limbah Padat Kesehatan**

Peningkatan yang signifikan dalam volume limbah padat perawatan kesehatan (HCSW) telah diamati di seluruh dunia karena pandemi COVID-19, dan limbah ini berasal dari pembuangan bahan yang digunakan di rumah sakit, klinik, dan fasilitas kesehatan lainnya, seperti sarung tangan, masker, celemek, topi, dan pelindung kaki, yang menciptakan tantangan tambahan dalam pengelolaan limbah perawatan kesehatan yang tepat ini (Bucătaru et al., 2021) Dengan demikian, untuk memastikan keselamatan petugas kesehatan dan pasien, perhatian yang lebih besar perlu diberikan pada protokol rutin, termasuk penggantian rutin alat pelindung diri (APD) dan cuci tangan (Silva et al., 2023). Terlepas dari perbedaan besar dalam peningkatan volume limbah padat dari layanan kesehatan di negara-negara yang terkena dampak COVID-19 (berkisar antara 18% hingga 425% peningkatan), ada peningkatan yang signifikan di semua

negara, menyoroti urgensi pemahaman dampak limbah ini terhadap lingkungan dan, akibatnya, pada masyarakat (Liu et al., 2021). Telah terjadi peningkatan yang cukup besar dalam jumlah alat pelindung diri yang digunakan dan distribusi limbah infeksius yang meluas dari rumah sakit, fasilitas kesehatan, dan rumah tangga yang dikarantina, serta peningkatan pembuangan bahan plastik yang digunakan untuk makanan (Hantoko et al., 2021). Faktor-faktor ini telah membanjiri fasilitas pengolahan limbah, mendorong kebutuhan untuk perawatan dan pembuangan cepat untuk meningkatkan kapasitas pemrosesan (Hantoko et al., 2021).

Di Brasil, diperkirakan bahwa pasien yang dirawat di rumah sakit menghasilkan, rata-rata, 1,4 kg limbah per hari (Alves & Hanna, 2021). Namun, selama pandemi, jumlah ini rata-rata meningkat sebanyak 10 hingga 20 kali, menurut asosiasi kebersihan umum dan khusus Brasil perusahaan limbah. Peningkatan ini juga diamati di banyak bagian lain dunia. Di Yordania, misalnya, ada peningkatan 10 kali lipat dalam produksi limbah yang terkait dengan 95 pasien yang didiagnosis dengan COVID-19 di rumah sakit universitas, sementara di Spanyol peningkatannya adalah 350% (Patrício Silva et al., 2021). Di Iran, ekspansi ini juga telah diukur, dengan tingkat peningkatan yang signifikan dalam produksi alat pelindung diri seperti masker wajah (55 kali), pelindung wajah (1000 kali), dan gaun (860 kali) (Kalantary et al., 2021). Studi yang dilakukan di lima rumah sakit di Iran juga mengungkapkan peningkatan timbulan limbah dari 0,95 menjadi 3,51 kg/tempat tidur/hari, dengan peningkatan rata-rata 102,2% di rumah sakit umum dan swasta (Kalantary et al., 2021), sementara di Bangladesh, terjadi peningkatan volume limbah COVID-19 lebih dari 24 kali lipat dari 658,08 ton pada Maret 2020 menjadi 16.164,74 ton pada April 2021 (Chowdhury et al., 2022).

Mempertimbangkan hal di atas, kebutuhan akan perubahan mendasar dalam pengelolaan limbah padat selama pandemi COVID-19 menjadi nyata untuk mengatasi variasi dalam komposisi dan kuantitas limbah ini (Torkashvand et al., 2021). Penggunaan masker dan sarung tangan setiap hari untuk mengurangi penyebaran virus juga menjadi perhatian, karena peningkatan besar dalam jumlah limbah yang dihasilkan di lingkungan (Alomari et al., 2021). Selain peningkatan volume limbah yang signifikan, telah diamati bahwa sebagian dari limbah ini dibuang secara tidak benar di lingkungan alih-alih ditujukan untuk tempat pembuangan sampah atau insinerator (Wang et al., 2021). Sampah plastik mendominasi komposisi HCSW, terhitung 76,7% dalam penelitian yang dilakukan di Vietnam, diikuti oleh kertas (Nguyen et al., 2021). Peningkatan sampah plastik dan permintaan di pasar plastik dapat dilihat sebagai indikator ekonomi untuk mendorong pemerintah dan swasta perusahaan untuk berinvestasi dalam teknologi yang mengubah limbah ini menjadi produk bernilai tambah seperti bahan bakar dan bahan bangunan (Khoo et al., 2021).

### **Limbah Padat Perawatan Kesehatan yang Terkontaminasi oleh SARS-CoV-2: Dampak dan Solusi**

Dalam konteks lingkungan fisik yang meliputi tanah, air, dan udara, pandemi COVID-19 memiliki beberapa dampak. Telah terjadi peningkatan penggunaan alat pelindung diri (APD) sebagai limbah kesehatan padat dan produk sekali pakai yang dibeli melalui pemesanan online. Situasi ini terjadi dengan latar belakang kebijakan yang stagnan terkait dengan pengurangan produk plastik dan daur ulang limbah. Selain itu, telah ada lonjakan pembakaran limbah padat kesehatan, yang mengakibatkan peningkatan polusi gas limbah. Dalam lingkungan biotik, yang mencakup semua makhluk hidup, dampak yang terkait dengan pandemi dan limbah padat yang terkontaminasi bervariasi. Ini termasuk pergerakan hewan yang lebih tinggi di daerah di mana sebelumnya ada kehadiran manusia yang besar, seperti pantai. Ada juga risiko lingkungan yang meningkat di sekitar lokasi pembuangan limbah, dengan potensi dampak buruk pada kesehatan

manusia dan hewan karena paparan emisi gas yang sangat beracun yang dihasilkan dari pembakaran suhu tinggi.

Dalam lingkungan antropik, yang mengacu pada aktivitas manusia dan konteks sosial ekonomi, beberapa efek diamati, dengan perlambatan aktivitas manusia, berdampak sektor produksi karena jarak sosial dan langkah-langkah isolasi. Ada juga guncangan dalam penawaran dan permintaan produk. Selain itu, telah terjadi peningkatan jumlah dan komposisi limbah rumah sakit dan produk sekali pakai, didorong oleh penggunaan e-commerce yang semakin parah. Dampak ini memiliki konsekuensi sosial, budaya, dan ekonomi yang beragam. Oleh karena itu, tidak dapat dipungkiri bahwa COVID-19 telah memberikan dampak yang signifikan terhadap domain lingkungan, sebuah kenyataan yang digarisbawahi melalui analisis mendalam dari studi kasus yang dilakukan di Filipina (Galon & Esguerra, 2022). Dalam penelitian ini, muncul pengamatan bahwa pandemic efek telah secara signifikan meluas ke variabel kritis seperti kualitas udara dan integritas sumber daya air. Selain itu, sangat penting untuk menggarisbawahi bahwa implikasi lingkungan melampaui langsung dan berpotensi mempengaruhi kerentanan masyarakat terhadap wabah penyakit di masa depan, sehingga menyoroti interkoneksi penting antara keadaan lingkungan dan kerentanan terhadap pandemi dan epidemi.

Di Brasil, pandemi COVID-19 akan meninggalkan dampak jangka panjang pada hampir semua aspek masyarakat, selain meningkatkan kekhawatiran tentang risiko kontaminasi yang terkait dengan pengelolaan limbah. Jelas bahwa sebagian besar rekomendasi terkait dengan kebersihan Rutinitas; penggunaan APD; dan pemisahan, pengemasan, dan pembuangan akhir limbah yang benar, yang sangat bergantung pada kesadaran dan keterlibatan warga, serta perencanaan dan dukungan pihak berwenang (Penteado & Castro, 2021) Karena pandemi, penerapan strategi pengelolaan limbah padat berkelanjutan menjadi lebih relevan, yang mengarah pada penciptaan dunia yang lebih kuat dan berbeda untuk mengatasi masalah limbah padat menuju solusi berkelanjutannya (Singh et al., 2022). Beberapa rekomendasi termasuk transisi berkelanjutan berdasarkan bioplastik, bukan fosil berbasis plastic bahan bakar, meskipun ini menimbulkan biaya tambahan, dan dukungan untuk perencanaan pengelolaan limbah dengan alat pengambilan keputusan dan optimalisasi, yaitu, metode pengolahan, fasilitas, kapasitas (skalabilitas), logistik, mobilisasi / otomatis (misalnya, robot remote control), pengumpulan, dan desain pengolahan (Singh et al., 2022).

Di Italia, pandemi SARS-CoV-2 berdampak buruk pada kesehatan dan sosial ekonomi penduduk; Namun, ada sebuah penelitian yang menunjukkan dampak positifnya. Penelitian ini menunjukkan persepsi keselamatan di antara staf karena teknis, operasional, dan model organisasi yang diadopsi untuk melindungi staf, pasien rawat jalan, dan pasien rawat inap di rumah sakit Italia dengan unit perawatan intensif yang didedikasikan untuk COVID-19, sebagai hasil positif (Conoscenti et al., 2022). Di sisi lain, penggunaan pakaian keselamatan atau alat pelindung diri (APD), Masker, sarung tangan, dan perisai menyebabkan dampak besar terhadap lingkungan dalam jangka panjang, menciptakan polusi mikroplastik. Oleh karena itu disarankan untuk memodifikasi dan memodernisasi kebijakan, rencana, dan pedoman yang ada tentang pengelolaan limbah infeksius rumah sakit dan rumah tangga yang tepat; Juga disarankan untuk melakukan penilaian kesehatan dan keselamatan kerja untuk pekerja pengelolaan limbah di rumah sakit dan memasang insinerator dengan kapasitas dan infrastruktur yang memadai untuk pengelolaan limbah yang tepat (Shammi et al., 2021). Mengingat hal di atas, dampak utama pandemi COVID-19 pada tiga lingkungan (lingkungan fisik, lingkungan biotik, dan lingkungan antropik) dapat diringkas.

Dapat disimpulkan bahwa pandemi telah berdampak signifikan pada beberapa aspek, dengan konsekuensi saat ini dan masa depan di bidang sosial, ekonomi, dan lingkungan. Dalam

pengertian ini, banyak penelitian terbaru memiliki berusaha untuk mengurangi dampak ini melalui solusi "hijau", serta perubahan dalam kebijakan dan strategi pengelolaan limbah padat kesehatan (HCSW). Pemahaman tentang dampak sampah terhadap respons sosiokultural terhadap bencana, seperti pandemi, masih terbatas dan cenderung meningkat karena perubahan iklim (Kalina & Tilley, 2020). Penting untuk dicatat bahwa HCSW COVID-19 harus diperlakukan secara terpisah untuk menghindari kontaminasi limbah kota biasa dengan agen infeksi. Namun, kedua jenis sampah harus melalui empat langkah: pemilahan, penyimpanan sementara, pengumpulan dan transportasi, dan pembuangan dan perawatan akhir (Kalina & Tilley, 2020).

### **Pengelolaan Limbah Padat Kesehatan: Perawatan dan Solusi**

Mempertimbangkan solusi tradisional yang sudah digunakan untuk limbah padat perawatan kesehatan lainnya (HCSW), penelitian menunjukkan bahwa pembakaran suhu tinggi merupakan langkah penting dalam pengelolaan limbah terkait COVID-19 (Goswami et al., 2021; Pikoń et al., 2021). Namun, praktik ini menimbulkan risiko bagi kesehatan manusia karena paparan gas yang sangat beracun, serta berbenturan dengan prinsip-prinsip ekonomi sirkular (Pikoń et al., 2021). Dalam konteks ini, pirolisis muncul sebagai yang ramah lingkungan, efisien, dan hemat biaya teknik yang membutuhkan kapasitas TPA lebih sedikit dan memanfaatkan ketidakstabilan termal komponen organik HCSW untuk mengubahnya menjadi produk berharga (Silva et al., 2023). Penerapan teknologi pirolisis dianggap bersih dan aman, berkontribusi untuk mengurangi dampak lingkungan, dibandingkan dengan metode tradisional seperti pembakaran, penimbunan, dan autoklaf, yang melepaskan gas beracun dan menempati lahan yang luas (G. Su et al., 2021).

Studi telah menyelidiki dampak lingkungan dan faktor-faktor kunci dalam berbagai skenario pembuangan limbah padat perawatan kesehatan, seperti insinerasi, uap, dan sterilisasi microwave. Melalui penilaian siklus hidup, telah ditemukan bahwa pembakaran bersama dengan limbah padat kota memiliki dampak lingkungan terendah karena manfaat yang dihasilkan oleh pembangkit energi. Sebagai tambahan, pembakaran bersama dengan limbah berbahaya juga menunjukkan rendah dampak lingkungan akibat pembangkit energi (Zhao et al., 2021). Di India, kapasitas pembakaran limbah biomedis dikompromikan selama pandemi COVID-19, yang menyebabkan akumulasi limbah dan emisi yang berbahaya bagi kesehatan lingkungan (Thind et al., 2021). Penggunaan teknologi alternatif yang tersedia untuk mengolah limbah ini direkomendasikan, serta penggantian bahan baku berbahaya dengan zat tidak berbahaya untuk mengurangi emisi kimia dari unit insinerasi. Ditemukan juga bahwa beberapa negara bagian India masih menggunakan metode yang tidak tepat, seperti penimbunan sampah dalam, untuk pembuangan HCSW, meskipun ada larangan pemerintah (Silva et al., 2023).

Di Korea, minimalisasi dan daur ulang limbah, pengendalian emisi beracun dari perawatan kesehatan insinerator limbah padat, dan metode pengolahan alternatif merupakan tantangan penting karena kapasitas insinerasi tidak dapat diperluas cukup cepat untuk mengimbangi peningkatan limbah perawatan kesehatan, yang menyoroti kebutuhan untuk mempertimbangkan kembali sistem manajemen secara keseluruhan (Yoon et al., 2022) Di sisi lain, kombinasi insinerasi dan desinfeksi kimia dan gabungan klorinasi dan iradiasi ultraviolet telah diidentifikasi sebagai teknologi yang paling berkelanjutan untuk pengolahan limbah padat infeksius dan air limbah (Belhadi et al., 2020). Studi kasus di India dan Cina memilih insinerasi sebagai teknik pembuangan terbaik untuk HCSW di antara alternatif yang tersedia, dengan mempertimbangkan kriteria sosial ekonomi dan lingkungan (Peng et al., 2020).

### **COVID-19 dan Kebijakan Pengelolaan Limbah Padat Layanan Kesehatan**

Otoritas di seluruh dunia telah menerima pedoman untuk mengatasi limbah medis COVID-19 sebagai hal yang paling penting dan mendesak untuk mencegah penyebaran virus dan meminimalkan dampak pada kesehatan masyarakat dan lingkungan. Penyebaran COVID-19 sebagian besar disebabkan oleh kontak yang tidak disengaja dengan bahan yang dibuang oleh petugas kesehatan dan pasien (Hantoko et al., 2021). Di negara maju, rumah sakit dan pusat perawatan kesehatan diwajibkan oleh hukum untuk melakukan pembuangan limbah tersebut dengan benar (Hantoko et al., 2021). Namun, karena peningkatan mendadak dalam jumlah limbah perawatan kesehatan, rumah sakit dan pusat perawatan kesehatan tidak dapat merespons dengan cepat dengan langkah-langkah yang memadai untuk pembuangan bahan-bahan ini selama pandemi. Oleh karena itu, sangat penting untuk mengembangkan kontinjensi berencana untuk menangani perubahan tak terduga dalam aliran limbah ini untuk memastikan keamanan yang lebih besar bagi kesehatan masyarakat dan lingkungan di masa depan (Lima et al., 2020).

Dalam tinjauan sistematis singkat di seluruh dunia tentang pandemi COVID-19 dan perawatan kesehatan strategi pengelolaan limbah padat, diperkuat bahwa negara-negara telah mengadopsi keselamatan langkah-langkah untuk memerangi kontaminasi COVID-19 dan mengelola limbah perawatan kesehatan. Tetapi mereka menyoroti bahwa langkah-langkah ini tidak memadai namun bervariasi sesuai dengan konteks masing-masing negara (Das et al., 2021). Tantangan terbesar pengumpulan sampah di AS terkait hingga periode awal pandemi. Dengan demikian, tantangan manajemen terbesar muncul selama kuartal pertama periode studi (Maret-Mei 2020) dan bertahan di sisanya tiga kuartal (Juni 2020–Agustus 2020, September 2020–November 2020, dan Desember 2020–Februari 2021). Kesulitan yang dikutip termasuk (Ghanimeh et al., 2019) peningkatan volume limbah perumahan, (S. Bungau et al., 2018) peningkatan layanan pengangkutan sendiri, dan (C. Bungau & Tit, 2015) kekurangan staf karena penyakit dan karantina (Pinto et al., 2022).

Negara Bagian New York juga mengambil langkah-langkah agresif untuk memerangi COVID-19 dan memberlakukan beberapa perubahan kebijakan, seperti persyaratan masker di seluruh negara bagian diperpanjang hingga awal 2022, terlepas dari status vaksinasi di tempat umum dalam ruangan (Roscani et al., 2022). Di awal pandemi, ketika tidak ada obat atau vaksin yang tersedia, negara-negara, baik negara maju maupun dalam perkembangannya, mengadopsi kombinasi langkah-langkah untuk menahan virus. Ini termasuk tes COVID-19, isolasi sosial, penguncian, dan penerapan praktik kebersihan seperti mencuci tangan dan penggunaan pembersih tangan. Di Afrika, beberapa pemerintah negara bagian di Nigeria, misalnya, telah menerapkan penguncian parsial, menutup pasar luar ruangan dan membatasi pergerakan antar negara bagian. Pemerintah Nigeria juga telah memberlakukan sepenuhnya penguncian di daerah yang dianggap berisiko lebih tinggi penularan (Nzeadibe & Ejike-Aleji, 2020).

Di Brasil, pada akhir Maret 2020, sebagian besar negara bagian dan kota besar telah menerapkan langkah-langkah jarak sosial untuk menahan penyebaran virus dan kemudian penggunaan masker. Selain itu, pemerintah federal secara signifikan meningkatkan sumber daya yang dialokasikan untuk Sistema Único de Saúde-SUS (Layanan Kesehatan Nasional) untuk memerangi pandemi COVID-19, mentransfer, pada awal April 2020, BRL 16.7 miliar sumber daya ke negara bagian, rumah sakit, dan lembaga pemerintah federal (Word Bank, 2020). Dengan demikian, pandemi telah menyebabkan organisasi internasional dan beberapa negara untuk mengembangkan kebijakan dan pedoman baru untuk menyesuaikan strategi pengelolaan limbah mereka. Negara seperti China dan Korea Selatan telah menjadi tolok ukur dalam perawatan kesehatan COVID-19 yang solid pengelolaan limbah (HCSW) untuk banyak negara berkembang, berkat penerapan langkah-langkah yang efektif dan berhasil yang telah berhasil menahan dan mengendalikan penyebaran virus (Liu et al., 2021).

Di Tiongkok, langkah-langkah tersebut ditetapkan oleh pemerintah pusat melalui penerbitan "Manajemen Pembuangan Darurat Limbah Medis Pneumonia yang Terinfeksi COVID-19 dan Panduan Teknis" (uji coba) (He et al., 2022), serta "Spesifikasi Teknis untuk pembuangan Terpusat MedicalWastes" (M. Su et al., 2021). Beberapa pedoman menyatakan bahwa institusi medis dan perawatan kesehatan harus menyimpan limbah rumah sakit menular secara terpisah, menjaga tempat penyimpanan didesinfeksi dan menghormati batas waktu maksimum 24 jam untuk penyimpanan sementara (M. Su et al., 2021). Di Korea Selatan, juga terjadi pengurangan waktu penyimpanan dan pembakaran COVID-19- limbah terkait (Liu et al., 2021)

## **PEMBAHASAN**

Pandemi COVID-19 sekali lagi menyoroti pentingnya hubungan antara pengelolaan limbah rumah sakit dan keamanan lingkungan, menggarisbawahi yang sedang berlangsung perlu penelitian untuk membahas topik ini. Ini sangat relevan karena relative subjek terbaru dan terus berkembang. Pentingnya topik ini semakin meningkat menonjol ketika studi awal menunjukkan dampak lingkungan tidak langsung yang positif, sebagian besar disebabkan oleh langkah-langkah jarak sosial yang diterapkan oleh pemerintah dalam menanggapi pandemi. Namun, penelitian yang lebih baru telah mengungkapkan bahwa pengurangan sementara dalam emisi gas rumah kaca bukanlah solusi berkelanjutan untuk tantangan lingkungan, menekankan kompleksitas hubungan antara kesehatan masyarakat dan kesehatan lingkungan. Dengan demikian, pengembangan strategi dan kebijakan yang berkelanjutan yang secara efektif menyeimbangkan kekhawatiran ini sangat penting

Hasil penelitian ini juga mengungkapkan bahwa pandemi akan berdampak jangka panjang tentang kelestarian lingkungan karena peningkatan jumlah limbah rumah sakit, terutama limbah infeksius, dan peningkatan konsumsi produk kemasan plastik karena pertumbuhan belanja online. Hasil ini memprihatinkan karena kapasitas insinerasi limbah ini tidak dapat diperluas secepat lonjakan timbulan limbah perawatan kesehatan, dan pembakaran suhu tinggi merupakan langkah penting dan banyak digunakan, terlepas dari risikonya dampak buruk pada kesehatan manusia. Oleh karena itu, tantangan utama krisis pandemi COVID-19 adalah menangani limbah biasa dalam jumlah besar yang menjadi berbahaya dan memerlukan perlakuan khusus, menghasilkan biaya tambahan dan pengurangan bahan yang dapat didaur ulang, yang mengarah ke krisis global dalam pengelolaan limbah, mengingat bahwa kapasitas pengolahan yang ada tidak dirancang untuk mengatasi lonjakan yang tiba-tiba dan substansial. Sistem pengolahan limbah rumah sakit, seperti insinerasi, memiliki kendala fisik dan logistik yang menghambat ekspansi yang cepat atau cukup untuk menyesuaikan produksi limbah yang dipercepat.

Selain itu, perluasan sumber daya pengolahan limbah memerlukan keuangan yang besar investasi untuk memperoleh dan mengimplementasikan infrastruktur tambahan, serta didukung sumber daya manusia untuk mengoperasikan dan memantau sistem ini. Selama pandemi, sistem perawatan kesehatan sudah di bawah tekanan, dan mengalokasikan sumber daya untuk perluasan kapasitas perawatan dapat terbukti menantang. Aspek lain yang perlu dipertimbangkan adalah bahwa pengolahan limbah perawatan kesehatan yang tepat adalah proses kompleks yang menuntut tindakan pencegahan khusus untuk memastikan penghapusan patogen dan risiko berbahaya lainnya dengan aman. Dengan demikian, perluasan kapasitas perawatan yang sederhana tidak dapat dengan cepat direalisasikan karena pertimbangan keselamatan dan lingkungan dan kesehatan peraturan, selain persyaratan infrastruktur dan peralatan khusus.

Selain itu, meningkatnya kesadaran akan dampak lingkungan pandemi, seperti meningkatnya penggunaan produk plastik sekali pakai, menggarisbawahi interkoneksi antara kesehatan masyarakat dan kesehatan planet. Pengelolaan limbah rumah sakit yang terkonsentrasi dapat menyebabkan kerusakan lingkungan, termasuk kontaminasi air dan tanah, secara langsung atau tidak langsung mempengaruhi kesehatan penduduk. Dihadapkan dengan tantangan ini, pandemi menekankan kebutuhan akan kebijakan dan praktik yang ditujukan untuk efektif, aman, dan bertanggung jawab terhadap lingkungan pengelolaan limbah rumah sakit. Pendekatan semacam itu tidak hanya melindungi kesehatan masyarakat tetapi juga berkontribusi pada pelestarian lingkungan, menyoroti signifikansi intrinsik hubungan antara pengolahan limbah rumah sakit dan keamanan lingkungan.

Sepanjang pandemi, baik Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) dan Sepanjang pandemi, baik Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) dan Organisasi Kesehatan Pan Amerika (PAHO) telah memainkan peran aktif dalam mengoordinasikan global upaya, memperkuat sistem perawatan kesehatan, dan menyebarkan informasi yang dapat dipercaya. Mereka peran penting meluas ke pandemi di masa depan, di mana bimbingan, penelitian, dan koordinasi mereka akan tetap penting dalam menjaga kesehatan masyarakat global. Oleh karena itu, diamati bahwa selain dampak lingkungan, pandemi juga memiliki konsekuensi sosial ekonomi saat ini dan masa depan. Namun, studi terbaru, seperti Membersihkan dari Tanggap COVID-19 (Kalina & Tilley, 2020), Penelitian tentang Optimalisasi Kesehatan Sistem Pengelolaan Sampah Berdasarkan Prinsip Tata Kelola Hijau di Masa Pandemi COVID-19 (Liu et al., 2021), dan Berhenti melakukan hal-hal yang tidak perlu! Menghemat sumber daya perawatan kesehatan selama COVID-19 dan seterusnya (Warner, 2020), telah didedikasikan untuk mengurangi dampak ini dengan mencari solusi hijau dan mempromosikan perubahan dalam kebijakan dan strategi pengelolaan limbah perawatan kesehatan, yang bertujuan untuk menahan virus dan pengurangan efek sekunder pada masyarakat kesehatan dan lingkungan.

Proposal untuk meminimalkan dampak COVID-19 terhadap masyarakat dan lingkungan termasuk penggunaan strategi berkelanjutan, pemulihan keanekaragaman hayati, gaya hidup ramah lingkungan, peningkatan infrastruktur kesehatan, kesadaran masyarakat, dan pengelolaan limbah, serta sebagai perencanaan dan dukungan pemerintah daerah untuk menangani pengelolaan sampah yang tepat, mencegah wabah di masa depan. Selain itu, penting untuk memanfaatkan alternatif yang tersedia teknologi untuk pengolahan limbah dan mengganti bahan baku berbahaya dengan zat tidak berbahaya, mengurangi emisi bahan kimia berbahaya di pabrik insinerasi. Rekomendasi seperti transisi ke bioplastik, mendukung perencanaan pengelolaan limbah dengan alat pengambilan keputusan, dan menerapkan teknologi seperti kecerdasan buatan disebutkan sebagai solusi yang mungkin. Namun, diperlukan kehati-hatian yang ketat dalam pengembangan dan implementasi solusi ini, dengan mempertimbangkan kegagalan yang telah terjadi pada solusi kecerdasan buatan yang dikembangkan oleh perusahaan teknologi besar, yang ditunjukkan dalam penelitian "Diskusi tentang 'Tantangan, peluang, dan inovasi untuk pengelolaan limbah padat yang efektif selama dan pasca pandemi COVID-19, oleh Sharma et al. (2020)' " (Mohammad et al., 2021).

Dengan demikian, selama pandemi COVID-19, pentingnya pengelolaan HCSW yang tepat menjadi jelas, dari pengemasan rahasia dan pra-perawatan hingga pengumpulan, transportasi, dan pemusnahan. Tindakan seperti pengemasan limbah yang benar, penggunaan kendaraan tertentu, desinfeksi endapan dan kendaraan, dan pilihan metode perawatan yang tepat, seperti pembakaran suhu tinggi atau pemrosesan TPA setelah memasak dengan uap dan perebusan suhu tinggi, sangat penting untuk memastikan pengelolaan yang aman dan berkelanjutan HCSW terkait COVID-19. Dengan cara ini, penting untuk menyoroti bahwa pandemi telah mengungkap tantangan kompleks terkait pengelolaan limbah padat perawatan kesehatan,

memimpin rumah sakit dan institusi perawatan kesehatan untuk menghadapi kesulitan yang muncul, termasuk peningkatan jumlah limbah perawatan kesehatan yang dihasilkan, kebutuhan akan langkah-langkah keamanan hayati yang ketat, dan dampak kendala sumber daya manusia dan keuangan. Dengan demikian, penelitian ini menyoroti hambatan kritis ini, memberikan dasar yang kuat untuk memahami kompleksitas yang terlibat dan kebutuhan untuk mengatasinya secara efektif.

Selanjutnya, studi ini dapat membantu dalam pengembangan pedoman dan rekomendasi untuk mengatasi tantangan masa depan, yang melibatkan evolusi manajemen strategi dan praktik yang tidak hanya memastikan keselamatan kesehatan tetapi juga mengatasi aspek lingkungan yang terkait dengan pengelolaan limbah perawatan kesehatan secara berkelanjutan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menyoroti masa lalu tetapi juga membuka jalan bagi yang lebih aman, lebih berkelanjutan, dan pengelolaan limbah yang efektif dalam skenario krisis perawatan kesehatan di masa depan, sehingga berkontribusi untuk ketahanan sistem perawatan kesehatan.

## **SIMPULAN**

Memeriksa seluk-beluk hubungan antara pengelolaan limbah padat, keamanan lingkungan, dan perawatan kesehatan menjadi lebih penting sebagai akibat dari epidemi COVID-19. Kesimpulan penelitian ini dengan jelas menunjukkan bahwa pandemi akan memiliki efek jangka panjang pada kelestarian lingkungan. Kekhawatiran dikemukakan oleh peningkatan eksponensial limbah medis, terutama limbah infeksius, dan lonjakan penggunaan plastik yang disebabkan oleh pertumbuhan belanja internet.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- Alomari, A. H., Aga, O., El Sahmarany, L., at all (2021). Public perception towards medical waste generated in the environment during the COVID-19 pandemic in Eastern Province, Saudi Arabia. *Heliyon*, 7(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08363>
- Alves, A. R., & Hanna, M. D. (2021). Impacto da pandemia do coronavírus sobre a produção de lixo hospitalar: uma investigação / Impact of the coronavirus pandemic on the production of hospital waste: an inquiry. *Brazilian Journal of Health Review*, 4(2), 7052–7057. <https://doi.org/10.34119/bjhrv4n2-250>
- Belhadi, A., Kamble, S. S., Khan, at all (2020). Infectious Waste Management Strategy during COVID-19 Pandemic in Africa: an Integrated Decision-Making Framework for Selecting Sustainable Technologies. *Environmental Management*, 66(6), 1085–1104. <https://doi.org/10.1007/s00267-020-01375-5>
- Bucătaru, C., Săvescu, D., Repanovici, A., at all (2021). The implications and effects of medical waste on development of sustainable society—a brief review of the literature. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 6). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/su13063300>
- Bungau, C., & Tit, D. M. (2015). Studies on the last stage of product lifecycle management for a pharmaceutical product. In Article in *Journal of Environmental Protection and Ecology*. <https://www.researchgate.net/publication/277005786>
- Bungau, S., Tit, D. M., Fodor, K., at all (2018). Aspects regarding the pharmaceutical waste management in Romania. *Sustainability (Switzerland)*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/su10082788>

- Chowdhury, T., Chowdhury, H., Rahman, M. at all (2022). Estimation of the healthcare waste generation during COVID-19 pandemic in Bangladesh. *Science of the Total Environment*, 811. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152295>
- Conoscenti, E., Campanella, M., Sala, A., at all (2022). Impact of the Organizational Model Adopted during the COVID-19 Pandemic on the Perceived Safety of Intensive Care Unit Staff. *Journal of Clinical Medicine*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/jcm11061487>
- Daina, L. G., Sabău, M., Daina, C. M., Neamțu, C., Tit, D. M., Buhaș, C. L., Bungau, C., Aleya, L., & Bungau, S. (2019). Improving performance of a pharmacy in a Romanian hospital through implementation of an internal management control system. *Science of the Total Environment*, 675, 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.231>
- Das, A. K., Islam, M. N., Billah, M. M., at all (2021). COVID-19 pandemic and healthcare solid waste management strategy – A mini-review. In *Science of the Total Environment* (Vol. 778). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146220>
- Deka, S., Rani, D., Mahanta, at all (2022). The intricate association of COVID-19 pandemic with ecological issues. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 11(5), 1604. [https://doi.org/10.4103/jfmprc.jfmprc\\_38\\_21](https://doi.org/10.4103/jfmprc.jfmprc_38_21)
- Galon, C. M. V., & Esguerra, J. G. (2022). Impact of COVID-19 on the environment sector: a case study of Central Visayas, Philippines. *AIMS Environmental Science*, 9(2), 106–121. <https://doi.org/10.3934/environsci.2022008>
- Galvão, T. F., Tiguman, G. M. B., & Sarkis-Onofre, R. (2022). The PRISMA 2020 statement in Portuguese: updated recommendations for reporting systematic reviews. In *Epidemiologia e Servicos de Saude* (Vol. 31, Issue 2). Ministry of Health. <https://doi.org/10.1590/SS2237-9622202200011>
- Ghanimeh, S., Gómez-Sanabria, A., Tsydenova, N., at all (2019). Two-Level Comparison of Waste Management Systems in Low-, Middle-, and High-Income Cities. <https://Home.Liebertpub.Com/Ees>, 36(10), 1281–1295. <https://doi.org/10.1089/EES.2019.0047>
- Gholipour, S., Mohammadi, F., Nikaeen, M., at all (2021). COVID-19 infection risk from exposure to aerosols of wastewater treatment plants. *Chemosphere*, 273. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129701>
- Gholipour, S., Nikaeen, M., Manesh, R. M at all (2020). Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) Contamination of High-touch Surfaces in Field Settings\*. *Biomedical and Environmental Sciences*, 33(12), 925–929. <https://doi.org/10.3967/bes2020.126>
- Goswami, M., Goswami, P. J., Nautiyal, S., at all (2021). Challenges and actions to the environmental management of Bio-Medical Waste during COVID-19 pandemic in India. *Heliyon*, 7(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06313>
- Hantoko, D., Li, X., Pariatamby, A., at all (2021). Challenges and practices on waste management and disposal during COVID-19 pandemic. *Journal of Environmental Management*, 286. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112140>

- He, J. J., Zhao, S. S., Zhang, H., et al. (2022). Emergency management of medical wastewater in hospitals specializing in infectious diseases: A case study of huoshenshan hospital, Wuhan, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(1). <https://doi.org/10.3390/ijerph19010381>
- Kalantary, R. R., Jamshidi, A., Golbini Mofrad, et al. (2021). Effect of COVID-19 pandemic on medical waste management: a case study. <https://doi.org/10.1007/s40201-021-00650-9>/Published
- Kalina, M., & Tilley, E. (2020). "This is our next problem": Cleaning up from the COVID-19 response. In *Waste Management* (Vol. 108, pp. 202–205). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.05.006>
- Khoo, K. S., Ho, L. Y., Lim, H. R., et al. (2021). Plastic waste associated with the COVID-19 pandemic: Crisis or opportunity? *Journal of Hazardous Materials*, 417. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126108>
- Lima, L., Labiak, S., Fassi, E., et al. (2020). A gestão dos resíduos de serviços de saúde durante a COVID-19 RESUMO. <https://periodicos.utfpr.edu.br/rts>
- Liu, Z., Liu, T., Liu, X., et al. (2021). Research on optimization of healthcare waste management system based on green governance principle in the covid-19 pandemic. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(10). <https://doi.org/10.3390/ijerph18105316>
- Martins, M. A., Pataca, L. C. M., Santos, E. de S et al. (2021). Generation of infectious waste during the COVID-19 pandemic: The case of a Brazilian hospital. *Waste Management and Research*, 39(10), 1245–1255. <https://doi.org/10.1177/0734242X211049301>
- Matiuk, Y., Krikštolaitis, R., & Liobikienė, G. (2023). The Covid-19 pandemic in context of climate change perception and resource-saving behavior in the European Union countries. *Journal of Cleaner Production*, 395. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136433>
- Mohammad, A., Goli, V. S. N. S., & Singh, D. N. (2021). Discussion on 'Challenges, opportunities, and innovations for effective solid waste management during and post COVID-19 pandemic, by Sharma et al. (2020).' In *Resources, Conservation and Recycling* (Vol. 164). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105175>
- Nguyen, T. D. T., Kawai, K., & Nakakubo, T. (2021). Estimation of COVID-19 waste generation and composition in Vietnam for pandemic management. *Waste Management and Research*, 39(11), 1356–1364. <https://doi.org/10.1177/0734242X211052849>
- Nunes De Oliveira, M., Amávia, M., Campos, S., Décio, T., & Siqueira, A. (2020). Coronavírus: globalização e seus reflexos no meio ambiente. *Coronavirus: globalization and its reflections in the environment*.
- Nzeadibe, T. C., & Ejike-Alieji, A. U. P. (2020). Solid waste management during Covid-19 pandemic: policy gaps and prospects for inclusive waste governance in Nigeria. *Local Environment*, 25(7), 527–535. <https://doi.org/10.1080/13549839.2020.1782357>
- Patrício Silva, A. L., Prata, J. C., Walker, T. R., et al. (2021). Increased plastic pollution due to COVID-19 pandemic: Challenges and recommendations. In *Chemical Engineering*

- Journal (Vol. 405). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.126683>
- Peng, J., Wu, X., Wang, R., et al. (2020). Medical waste management practice during the 2019-2020 novel coronavirus pandemic: Experience in a general hospital. *American Journal of Infection Control*, 48(8), 918–921. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.05.035>
- Penteado, C. S. G., & Castro, M. A. S. de. (2021). Covid-19 effects on municipal solid waste management: What can effectively be done in the Brazilian scenario? In *Resources, Conservation and Recycling* (Vol. 164). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105152>
- Pikoń, K., Poranek, N., Czajkowski, A., et al. (2021). Poland's proposal for a safe solution of waste treatment during the covid-19 pandemic and circular economy connection. *Applied Sciences* (Switzerland), 11(9). <https://doi.org/10.3390/app11093939>
- Pinto, A. D., Jalloul, H., Nickdoost, N., et al. (2022). Challenges and Adaptive Measures for U.S. Municipal Solid Waste Management Systems during the COVID-19 Pandemic. *Sustainability* (Switzerland), 14(8). <https://doi.org/10.3390/su14084834>
- Rhodes, Parrish, & Willis. (2023). NOAA Technical Memorandum NMFS-NWFSC-180 Review of Best Practices for Biosecurity and Disease Management for Marine Aquaculture in U.S. Waters. <https://doi.org/10.25923/b4qp-9e65>
- Roscani, A., Ferreira, F., Santos, D., et al. (2022). Central de captações: uma ação que auxiliou o hc na superação da pandemia covid-19.
- Shammi, M., Behal, A., & Tareq, S. M. (2021). The Escalating Biomedical Waste Management to Control the Environmental Transmission of COVID-19 Pandemic: A Perspective from Two South Asian Countries. *Environmental Science and Technology*, 55(7), 4087–4093. [https://doi.org/10.1021/ACS.EST.0C05117/ASSET/IMAGES/MEDIUM/ES0C05117\\_002.GIF](https://doi.org/10.1021/ACS.EST.0C05117/ASSET/IMAGES/MEDIUM/ES0C05117_002.GIF)
- Silva, A. R. M. V. e., Iwata, B. de F., et al. (2023). Impacts and Regulations of Healthcare Solid Waste Management during the COVID-19 Pandemic: A Systematic Review. In *Sustainability* (Switzerland) (Vol. 15, Issue 19). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/su151914462>
- Singh, E., Kumar, A., Mishra, R., et al. (2022). Solid waste management during COVID-19 pandemic: Recovery techniques and responses. *Chemosphere*, 288. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132451>
- Su, G., Ong, H. C., Ibrahim, S., et al. (2021). Valorisation of medical waste through pyrolysis for a cleaner environment: Progress and challenges. *Environmental Pollution*, 279. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116934>
- Su, M., Wang, Q., & Li, R. (2021). How to dispose of medical waste caused by COVID-19? A case study of China. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 18, Issue 22). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijerph182212127>
- Thind, P. S., Sareen, A., Singh, D. D., et al. (2021). Compromising situation of India's bio-medical waste incineration units during pandemic outbreak of COVID-19: Associated environmental-health impacts and mitigation measures. *Environmental Pollution*, 276.

<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116621>

- Torkashvand, J., Jafari, A. J., Godini, K., at all (2021). Municipal solid waste management during COVID-19 pandemic: a comparison between the current activities and guidelines. <https://doi.org/10.1007/s40201-020-00591-9/Published>
- Wang, Z., Guy, C., Ng, K. T. W., & An, C. (2021). A new challenge for the management and disposal of personal protective equipment waste during the covid-19 pandemic. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 13). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su13137034>
- Warner, M. A. (2020). Stop Doing Needless Things! Saving Healthcare Resources During COVID-19 and Beyond. In *Journal of General Internal Medicine* (Vol. 35, Issue 7, pp. 2186–2188). Springer. <https://doi.org/10.1007/s11606-020-05863-6>
- WHO. (2023). Statement on the fifteenth meeting of the IHR (2005) Emergency Committee on the COVID-19 pandemic. [https://www.who.int/news/item/05-05-2023-statement-on-the-fifteenth-meeting-of-the-international-health-regulations-\(2005\)-emergency-committee-regarding-the-coronavirus-disease-\(covid-19\)-pandemic?adgroupsurvey={adgroupsurvey}&gclid=Cj0KCQiAr8eqBhD3ARIsAie-buMjz5Ih\\_N4X1r5IHssGCOa83nYWJDJ35B5HNgx6srm06KryT9qtrysaAkCJEALw\\_wcB](https://www.who.int/news/item/05-05-2023-statement-on-the-fifteenth-meeting-of-the-international-health-regulations-(2005)-emergency-committee-regarding-the-coronavirus-disease-(covid-19)-pandemic?adgroupsurvey={adgroupsurvey}&gclid=Cj0KCQiAr8eqBhD3ARIsAie-buMjz5Ih_N4X1r5IHssGCOa83nYWJDJ35B5HNgx6srm06KryT9qtrysaAkCJEALw_wcB)
- Word Bank. (2020). Covid-19 no Brasil: Impactos e Respostas de Políticas Públicas. <https://www.worldbank.org/pt/country/brazil/publication/covid-19-in-brazil-impacts-policy-responses>
- Yoon, C. W., Kim, M. J., Park, Y. S., at all (2022). A Review of Medical Waste Management Systems in the Republic of Korea for Hospital and Medical Waste Generated from the COVID-19 Pandemic. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 14, Issue 6). MDPI. <https://doi.org/10.3390/su14063678>
- Zhao, H., Liu, H. Q., Wei, G., at all (2021). Comparative life cycle assessment of emergency disposal scenarios for medical waste during the COVID-19 pandemic in China. *Waste Management*, 126, 388–399. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.03.034>