

ANALISIS RISIKO PENGELOLAAN LIMBAH MEDIS DI RSUPN DR. CIPTO MANGUNKUSUMO DENGAN METODE LCA (*LIFE CYCLE ASSESSMENT*)

Roosdiana Irawati¹, Tri Joko², Mursid Raharjo³

Magister Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Diponegoro

*Corresponding Author : roosdianairawati76@gmail.com

ABSTRAK

Rumah sakit sebagai salah satu layanan kesehatan menghasilkan limbah medis yang berbahaya bagi kesehatan lingkungan. Limbah medis yang dihasilkan harus dikelola sesuai ketentuan agar tidak mencemari lingkungan dan membahayakan kesehatan. Berbagai risiko yang timbul dari pengelolaan limbah medis dapat terjadi jika pengelolaan limbah yang dilakukan tidak menerapkan prosedur yang tepat dan sesuai. Tujuan dari penelitian ini untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari pengelolaan limbah medis di Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo menggunakan metode LCA (*Life Cycle Assessment*). Metode LCA merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui dampak risiko terhadap lingkungan dari aktifitas kegiatan, salah satunya aktifitas pengelolaan limbah medis. Metode dalam penelitian yang digunakan melalui pendekatan LCA dengan analisis data menggunakan IMPACT 2002+ dengan mengukur empat kategori dampak yaitu *human health*, *ecosystem quality*, *climate change* dan *resources*. Hasil penelitian menunjukkan pengolahan limbah *onsite* menggunakan insinerator rumah sakit memiliki dampak yang signifikan pada seluruh kategori dampak lingkungan yang diteliti yaitu: *human health*, *ecosystem quality*, *climate change* dan *resources*. Pemilahan limbah yang tepat untuk mengurangi timbulan limbah medis dengan optimalisasi daur ulang limbah dapat menurunkan dampak dari pengolahan limbah secara *onsite* menggunakan insinerator.

Kata kunci: limbah medis rumah sakit, metode *life cycle assessment*, pengelolaan limbah.

ABSTRACT

Hospitals as one of the health services produce medical waste that is harmful to environmental health. Medical waste generated must be managed according to the provisions so as not to pollute the environment and endanger health. Various risks arising from medical waste management can occur if the waste management carried out does not apply proper and appropriate procedures. The purpose of this study was to evaluate the environmental impact of medical waste management at Cipto Mangunkusumo Hospital using the LCA (Life Cycle Assessment) method. The LCA method is one of the methods used to determine the impact of risks to the environment from activities, one of which is medical waste management activities. The method in the study used through the LCA approach with data analysis using IMPACT 2002+ by measuring four impact categories including human health, ecosystem quality, climate change and resources. The results showed that onsite waste treatment using hospital incinerators had a significant impact on all environmental impact categories studied, namely: human health, ecosystem quality, climate change and resources. Proper waste segregation to reduce medical waste generation by optimizing waste recycling can reduce the impact of onsite waste treatment using incinerators.

Kata kunci: hospital medical waste, life cycle assessment method, waste management.

PENDAHULUAN

Rumah sakit sebagai sarana pelayanan kesehatan bagi masyarakat yang menyediakan layanan gawat darurat, rawat jalan, rawat inap, hemodialisa, pemeriksaan kesehatan (*medical checkup*), pemeriksaan laboratorium, bedah (operasi), radiologi, radioterapi, rehabilitasi medik, layanan transfusi darah dan lain sebagainya. Dalam menjalankan pelayanan kesehatan bagi masyarakat, terdapat dampak bagi lingkungan yang harus dikendalikan, salah satunya limbah medis. Limbah medis berbeda dengan limbah umum lainnya karena mengandung

material berbahaya yang berdampak terhadap kesehatan manusia serta makhluk hidup lainnya dan mengakibatkan pencemaran lingkungan sehingga perlu dikelola secara khusus agar tidak membahayakan kesehatan lingkungan (Kumar, Gaurav, Khan, Choudhary, & Dangayach, 2023). Risiko bahaya pengelolaan limbah medis terhadap penurunan kualitas kesehatan lingkungan dapat terjadi sejak limbah medis dihasilkan yaitu mulai dari pemilahan, pengumpulan, pengemasan, pengangkutan, pembuangan sampai pemusnahan (Adhani, 2018). Pengelolaan limbah medis yang dihasilkan dari pelayanan kesehatan rumah sakit harus mempertimbangkan berbagai faktor seperti pengurangan, pemilahan dan identifikasi limbah yang tepat, karena dengan pengelolaan limbah medis yang tepat maka akan mengurangi biaya pengolahan limbah, mengurangi timbulan limbah yang dihasilkan serta memperbaiki kesehatan lingkungan (Egi agfira noor, S., H., 2021).

Organisasi dunia WHO (World Health Organization) dalam *news release* menyebutkan bahwa 87.000 ton alat pelindung diri (APD) yang dikirim ke negara-negara yang membutuhkannya pada masa pandemi covid-19 (*coronaviruses disease*) antara bulan Maret 2020 sampai dengan November 2021 berdampak terhadap peningkatan limbah medis yang dihasilkan. Terdapat 30% fasilitas kesehatan (diantaranya kurang dari 60% di negara berkembang) tidak dilengkapi dengan peralatan yang memadai untuk penanganan limbah yang dihasilkan terlebih ada beban limbah covid-19 yang berisiko mencederai petugas kesehatan serta juga berpotensi membahayakan masyarakat sekitar yang tinggal di sekitar lokasi pembuangan limbah dan pengolahan limbah melalui pencemaran udara yang berasal dari pembakaran limbah, kualitas air yang buruk serta hama dari vektor pembawa penyakit (WHO, 2022).

Hasil penelitian yang dilakukan di Ho *Teaching Hospital* Ghana menunjukkan bahwa 77% responden selalu terkena limbah benda tajam pada saat melakukan penanganan terhadap limbah benda tajam tanpa APD yang memadai. Pemilahan limbah di sumber juga masih kurang tepat sehingga banyak limbah medis yang masih tercampur dengan limbah domestik dan terbawa sampai ke tempat pembuangan akhir limbah, sehingga mengakibatkan kontaminasi pada tanah dan air tanah. Abu hasil pembakaran limbah medis ditimbun dalam lubang tanpa pelapis sesuai persyaratan *sanitary landfill*, sehingga kemungkinan besar akan terjadi pencemaran lingkungan ke tanah. Limbah medis lainnya seperti obat kadaluarsa, jarum suntik bekas, kassa dan lainnya dibakar dalam lubang terbuka. Temuan pada penelitian tersebut menunjukkan bahaya yang ditimbulkan oleh pengelolaan limbah B3 dari fasilitas pelayanan kesehatan sangat berdampak pada kesehatan manusia dan lingkungan (Afesi-Dei, Appiah-Brempong, & Awuah, 2023). Keterlambatan pengangkutan limbah medis pada rumah sakit yang bekerjasama dengan pihak ketiga mengakibatkan terjadinya penyimpanan yang melebihi batas waktu yang ditentukan, dimana kondisi tersebut juga sangat berisiko terhadap penyebaran penyakit dan dampak terhadap kesehatan khususnya bagi petugas (Purwaningrum, Indrawati, & Yulinawati, 2021). Hasil penelitian lain terhadap rumah sakit di negara berkembang dan negara maju menunjukkan bahwa pengelolaan limbah medis covid 19 di negara berkembang masih belum sesuai standar dimana penggunaan APD serta minimnya pengetahuan menjadi faktor terjadinya pengelolaan limbah yang berpotensi terhadap pencemaran lingkungan karena penanganan yang tidak tepat. Sedangkan di negara maju, pengelolaan limbah medis sudah jauh lebih baik (Harninda, 2023).

Pengelolaan limbah medis dari fasilitas pelayanan kesehatan dapat berdampak positif jika dilakukan pengelolaan sesuai ketentuan yang dipersyaratkan, namun dapat memberikan dampak negatif dimana lingkungan dapat terkontaminasi serta berdampak terjadinya penularan penyakit baik secara langsung maupun tidak langsung, jika pengelolaan limbah tidak dilakukan sesuai ketentuan (Setiawati, 2019). Analisis terhadap risiko yang mungkin timbul dari pengelolaan limbah rumah sakit sangat diperlukan agar dampak risiko kesehatan lingkungan yang ditimbulkan dari pengelolaan limbah medis rumah sakit dapat dicegah dan dikendalikan.

Salah satu metode dalam menganalisis risiko kesehatan lingkungan dari pengelolaan limbah rumah sakit dilakukan menggunakan metode LCA, dimana metode ini diakui sebagai metode yang tepat dan efisien untuk menganalisis dampak lingkungan dari setiap kegiatan, proses atau produk di seluruh siklus hidup untuk merancang secara ekologis, memiliki pengembangan teknologi dan produk dan pembuatan kebijakan sehingga diharapkan mampu menganalisis dampak yang mungkin ditimbulkan bagi kesehatan manusia dan lingkungan (Deepak, Sharma, & Kumar, 2022). Dengan mempertimbangkan beberapa skenario pengelolaan limbah medis yang diteliti menggunakan LCA, akan didapatkan hasil perhitungan setiap kategori dampak pada kesehatan manusia, ekosistem serta penggunaan sumber daya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa LCA menjadi cara yang efisien untuk memperkirakan dampak emisi lingkungan yang dihasilkan pada setiap skenario pengelolaan limbah medis, sehingga menjadi pertimbangan dalam menentukan cara pengelolaan limbah medis yang tepat untuk mendukung SDG's (*Sustainable Development Goals*) (Nabavi-Pelesaraei, Mohammadkashi, Naderloo, Abbasi, & Chau, 2022).

RSUPN Dr. Cipto Mangunkusumo yang merupakan rumah sakit rujukan vertikal kelas A memiliki dampak risiko kesehatan lingkungan dari pengelolaan limbah medis yang dihasilkan. Tingginya timbulan limbah medis yang dihasilkan serta bervariasinya karakteristik limbah medis memerlukan penanganan yang tepat. Evaluasi dan analisis pengelolaan limbah medis berbasis LCA sangat diperlukan untuk meningkatkan kinerja pengelolaan lingkungan khususnya terhadap pengelolaan limbah medis. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk menilai risiko kesehatan lingkungan terhadap pengelolaan limbah medis yang dihasilkan sebagai masukan dan kebijakan bagi pimpinan rumah sakit untuk memperbaiki kinerja pengelolaan limbah medis.

Penelitian akan dilakukan di RSUPN Dr. Cipto Mangunkusumo, dengan batas ruang lingkup penelitian yaitu menganalisis dampak pada seluruh tahap pengelolaan limbah medis yang dihasilkan antara lain: pemilahan dan pewadahan, pengemasan dan pengumpulan, pengangkutan ke TPS, pengelolaan daur ulang limbah dan pengolahan *onsite* menggunakan insinerator. Tujuan dari penelitian ini untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari pengelolaan limbah medis di Rumah Sakit Cipto Mangunkusumo menggunakan metode LCA (*Life Cycle Assessment*).

METODE

Desain penelitian yang dilakukan adalah studi deskriptif kualitatif kuantitatif untuk memberikan gambaran risiko yang diakibatkan dari pengelolaan limbah medis. Penelitian akan dilakukan melalui analisis risiko pada setiap tahap pengelolaan limbah medis yang dilakukan di RSUPN Dr. Cipto Mangunkusumo. Populasi sampel dilakukan terhadap jumlah limbah medis yang dihasilkan dan dikelola di rumah sakit sesuai dengan prosedur yang diterapkan. Data penelitian didapatkan melalui melalui studi dokumen, wawancara dan observasi lapangan.

Variabel penelitian yang akan diteliti adalah rangkaian tahap pengelolaan limbah medis yang diterapkan di rumah sakit mulai limbah dihasilkan sampai dikelola di dalam rumah sakit. Jenis data yang dikumpulkan dari variabel penelitian yang telah ditetapkan, antara lain: Pemilahan dan pewadahan

Pemilahan dan pewadahan dilakukan dengan menyediakan sarana pemilahan limbah yaitu tempat sampah, *safety box* dan kantong plastik. Data yang dikumpulkan pada tahap ini adalah dengan melakukan identifikasi material input dan output rata-rata dalam 1 bulan seperti: jenis dan jumlah kemasan yang digunakan dalam melakukan pemilahan limbah serta jumlah timbulan limbah medis yang dihasilkan. Pengumpulan data dilakukan melalui studi dokumen dan observasi lapangan.

Pengemasan dan pengumpulan

Limbah medis yang telah memenuhi batas pengisian ($2/3$ volume kemasan) akan dikemas dan dikumpulkan oleh petugas *cleaning service*. Data yang dikumpulkan pada tahap ini adalah dengan melakukan identifikasi jumlah material input dan output material input dan output rata-rata dalam 1 bulan seperti : jenis dan jumlah kemasan yang digunakan dalam melakukan pengemasan limbah serta jumlah timbulan limbah medis yang ditangani. Pengumpulan data dilakukan melalui studi dokumen dan observasi lapangan.

Pengangkutan ke TPS

Limbah medis yang dihasilkan dikirim ke TPS menggunakan alat angkut oleh petugas *cleaning service*. Data yang dikumpulkan pada tahap ini adalah dengan melakukan identifikasi jumlah material input dan output rata-rata dalam 1 bulan yang digunakan seperti: jenis dan jumlah kemasan yang digunakan dalam melakukan pengangkutan limbah serta jumlah timbulan limbah medis yang ditangani. Pengumpulan data dilakukan melalui studi dokumen dan observasi lapangan.

Penyimpanan limbah di TPS

Limbah yang diterima di TPS akan disimpan di dalam TPS sesuai dengan jenis dan karakteristiknya. Pada tahap ini dikumpulkan data identifikasi jumlah material input dan output rata-rata dalam 1 bulan yang digunakan yaitu jumlah limbah yang disimpan. Kebutuhan data pada tahap ini didapatkan melalui studi dokumen dan observasi lapangan.

Pengelolaan daur ulang limbah

Limbah medis non infeksius yang diterima di TPS akan dikelola sebagai limbah daur ulang. Data yang dikumpulkan pada tahap ini yaitu: identifikasi jumlah material input dan output rata-rata dalam 1 bulan yang digunakan pada tahap pengelolaan daur ulang limbah, seperti: jumlah air bersih yang digunakan dalam proses daur ulang, jumlah bahan kimia yang digunakan dalam proses dekontaminasi, jumlah limbah cair yang dihasilkan dan jumlah limbah medis non infeksius (plabot infus, *sputum*, dan jerigen bekas HD) yang didaur ulang.

Pengolahan *onsite* dengan insinerator rumah sakit

Limbah medis yang tersimpan di TPS selanjutnya diolah menggunakan insinerator milik rumah sakit. Data yang dikumpulkan pada tahap ini yaitu identifikasi kebutuhan material input rata-rata dalam 1 bulan (jumlah limbah yang diolah, jumlah air bersih yang digunakan, jumlah listrik yang digunakan, jumlah pemakaian bahan kimia yang digunakan, jumlah pemakaian bahan bakar selama operasional insinerator), output rata-rata dalam 1 bulan (jumlah residu yang dihasilkan dan jumlah limbah cair yang dihasilkan) serta emisi yang dihasilkan ke lingkungan (hasil uji emisi insinerator dan hasil kualitas limbah cair dari IPAL).

Metode analisis data dilakukan dengan menggunakan metode LCA (*life cycle assessment*) terhadap variabel penelitian. Data hasil penelitian akan diinput ke dalam *software simapro 9.3*. Metode analisis data menggunakan *IMPACT 2002+* untuk mengukur dampak risiko lingkungan terhadap 4 aspek yaitu: kesehatan manusia (*human health*), kualitas ekosistem (*ecosystem quality*), perubahan iklim (*climate change*) dan sumber daya (*resources*).

Berdasarkan standar ISO 14040, Tahapan pengolahan dan analisis data menggunakan metode LCA seperti pada gambar 1 antara lain (KLHK, 2021):

Penentuan *goal and scope* (tujuan dan ruang lingkup).

Penentuan batasan dan ruang lingkup dalam analisis risiko dengan LCA perlu dilakukan agar sesuai dengan tujuan penelitian.

Life cycle inventory (inventori data)

Pada tahap ini akan dilakukan identifikasi terhadap seluruh input material termasuk sumber energi yang dibutuhkan serta output limbah dan emisi yang dihasilkan ke lingkungan. Tahap ini merupakan tahap penting, untuk mendapatkan hasil yang valid.

Life cycle impact assessment (LCIA)

Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap semua data inventarisasi pengelolaan limbah medis yang telah diinput pada tahap LCI. Analisis menggunakan metode *IMPACT 2002+* untuk menilai dampak risiko kesehatan lingkungan pada empat aspek yaitu kesehatan manusia (*human health*), kualitas ekosistem (*ecosystem quality*), perubahan iklim (*climate change*) dan sumber daya (*resources*). Analisis dampak risiko terhadap kesehatan lingkungan melalui analisis *damage assessment*, *nomalization* serta *single score*.

Interpretasi

Merupakan tahap akhir dari metode LCA, yaitu interpretasi dampak yang ditimbulkan dari pengelolaan limbah B3 rumah sakit. Melalui hasil interpretasi, maka dapat menjadi masukan manajemen dalam merumuskan kebijakan pengelolaan limbah B3 yang aman bagi kesehatan lingkungan. Penelitian yang dilakukan telah melalui proses kaji etik dan telah lolos kaji etik yang ditetapkan oleh Ketua Komite Etik dan Penelitian RSUPN Dr. Cipto Mangunkusumo No. KET- 390/UN2.F1/ETIK/PPM.00.02/2024.

HASIL

Tahap pengelolaan limbah dimulai dari tahap pemilahan dan pewadahan. Pada tahap ini, diperlukan material input sarana pemilahan limbah yaitu kantong plastik dan wadah limbah benda tajam (*safety box*). Berikut inventori data pada tahap pemilahan dan pewadahan.

Tabel 1. Inventori Data Tahap Pemilahan dan Pewadahan

Pemilahan dan pewadahan		
Input	Rata-rata kebutuhan Kantong plastik per bulan	1.530,99 kg
	Rata-rata kebutuhan safety box per bulan	324,02 kg
Output	Timbulan limbah rata-rata per bulan	37.013,85 kg

Berdasarkan tabel 1 yang menjelaskan data penggunaan kantong plastik dan *safety box* pada tahun 2023, didapatkan bahwa kebutuhan wadah limbah rata-rata dalam 1 bulan yaitu kantong plastik sebesar 1.530,99 kg sedangkan *safety box* sebesar 324,02 kg. Data output limbah yang dihasilkan pada tahap ini merupakan data rata-rata limbah yang dihasilkan setiap bulannya dengan timbulan limbah sebesar 37.013,85 kg.

Setelah melalui tahap pemilahan dan pewadahan, tahap pengelolaan limbah selanjutnya adalah pengemasan dan pengumpulan. Kegiatan pengemasan dan pengumpulan dilakukan oleh sehingga tidak dilakukan input data. Tahap pengangkutan limbah ke TPS menjadi tahap lanjutan dari pengelolaan limbah medis yang dilakukan di rumah sakit. Petugas *cleaning service* bertanggung jawab dalam mengangkut limbah ke TPS. Jadwal pengangkutan limbah ke TPS telah ditetapkan oleh rumah sakit dan dibagi menjadi 3 periode waktu pengangkutan. Pengangkutan limbah ke TPS menggunakan troli angkut limbah. Jenis troli angkut yang digunakan sesuai dengan jenis limbah yang akan dikirim ke TPS untuk mencegah terjadinya kontaminasi. Troli berwarna hijau untuk mengangkut limbah domestik dan limbah daur ulang, sedangkan troli berwarna kuning digunakan untuk mengangkut limbah medis. Seperti halnya pada tahap sebelumnya, *incinerator* berjumlah 3 orang (1 orang dalam setiap shift). Operasional *incinerator* tidak dilakukan kontinu karena kurangnya jumlah petugas, sehingga jika ada petugas yg beristirahat, operasional *incinerator* dihentikan. Kondisi tersebut mengakibatkan kebutuhan bahan bakar untuk mengoperasikan mesin menjadi tinggi untuk menaikkan suhu ruang bakar agar memenuhi ketentuan sesuai prosedur yang ditetapkan. Hasil identifikasi pada tahap ini terdapat material input, output serta emisi ke lingkungan. Inventori data pada tahap pengolahan limbah onsite dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Inventori Data Pengolahan Limbah Onsite

Pengolahan limbah onsite		
Input	Pemakaian Bahan kimia / bulan	216 kg
	Penggunaan Listrik / bulan	162,3 KWH
	Pemakaian Air bersih / bulan	270 m ³

	Pemakaian Bahan bakar (gas alam) / bulan	466 Nm ³	
	Timbulan limbah medis yang diolah/bulan	11.377,45 kg	
<i>Output</i>	Berat residu hasil pembakaran / bulan	2.756,7 kg	
	Debit limbah cair / bulan	216 m ³	
Emisi ke lingkungan	Emisi insinerator	Partikulat	= 1 mg/Nm ³
		SO ₂	= 5 mg/Nm ³
		NO ₂	= 290 mg/Nm ³
		HF	= 0,25 mg/Nm ³
		CO	= 97 mg/Nm ³
		HCl	= 0,12 mg/Nm ³
		Total	= 0,007 mg/Nm ³
		Hidrokarbon	
		As	= 0,007 mg/Nm ³
		Cd	= 0,008 mg/Nm ³
		Cr	= 0,002 mg/Nm ³
		Pb	= 0,05
		Pengolahan limbah onsite	
		Hg	= 0,005 mg/Nm ³
		Ti	= 0,1 mg/Nm ³
		Opasitas	= 20%
		CO ₂	= 61.654 mg/Nm ³
Emisi ke badan air sungai		TSS	= 28 mg/l
		pH	= 7 mg/l
		BOD ₅	= 10 mg/l
		COD	= 41 mg/l
		Minyak dan lemak	= 1,8 mg/l
		Ammonia	= 0,2 mg/l
		Total koliform	= 2700 mg/l
		Senyawa aktif biru metilen	= 0,05 mg/l

Jenis limbah medis yang dapat didaur ulang adalah limbah kemasan plastik yang tidak terkontaminasi cairan tubuh pasien atau darah pasien seperti botol infus bekas, kemasan obat plastik dan jerigen bekas cairan haemodialisa. Pengelolaan limbah daur ulang dilakukan oleh vendor yang bekerjasama dengan pihak rumah sakit. Limbah yang telah terkumpul di TPS daur ulang akan ditangani melalui proses pencacahan, pencucian, perendaman atau dekontaminasi dan proses pengeringan. Berdasarkan proses penanganan limbah daur ulang, maka dapat diidentifikasi bahwa selama proses penanganan limbah maka terdapat material input seperti bahan kimia, air bersih serta timbulan limbah yang didaur ulang serta material output seperti debit limbah cair yang dihasilkan. Inventori data pada tahap pengelolaan limbah daur ulang dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Inventori Data Pengelolaan Limbah Daur Ulang

Pengolahan limbah onsite			
<i>Input</i>	Penggunaan Bahan Kimia	60 liter	
	Pemakaian Air Bersih	16 m ³	
	Timbulan limbah daur ulang	469 kg	
<i>Output</i>	Debit limbah cair	12,8 m ³	
Emisi ke lingkungan	Emisi ke badan air sungai	TSS	= 28 mg/l
		pH	= 7 mg/l
		BOD ₅	= 10 mg/l
		COD	= 41 mg/l
		Ammonia	= 0,2 mg/l
		Total koliform	= 2700 mg/l

Senyawa aktif = 0,05 mg/l
biru metilen

Life Cycle Impact Assessment

Seluruh data yang telah diidentifikasi saat tahap inventori selanjutnya dianalisis dengan metode *IMPACT 2002+* pada aplikasi *simapro 9.3*. Berdasarkan hasil analisis *damage assessment* diketahui tahap pengelolaan limbah medis yang memberikan kontribusi terhadap risiko kesehatan lingkungan pada ke empat kategori dampak lingkungan yang dianalisis yaitu *human health*, *ecosystem quality*, *climate change* dan *resources* terjadi pada pengolahan limbah medis secara onsite dengan insinerator yang dimiliki rumah sakit. Tahap pengelolaan limbah lainnya yang memberikan kontribusi dampak risiko kesehatan lingkungan adalah pengelolaan daur ulang limbah yaitu terjadi pada kategori aspek dampak *human health* dan *ecosystem quality*. Hasil analisis *damage assessment* dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Hasil Analisis Damage Assessment Pengelolaan Limbah

Jenis Pengelolaan Limbah	Damage Catagory			
	Human health (DALY)	Ecosystem quality (PDF*m2*yr)	Climate change (kg CO ² eq)	Resources (MJ primary)
Pemilahan dan pewadahan	0	0	0	0
Pengemasan dan pengumpulan	0	0	0	0
Pengangkutan ke TPS	0	0	0	0
Penyimpanan	0	0	0	0
Pengelolaan daur ulang	6,7E ⁻¹⁷	5,33E ⁻⁹	0	0
Pengelolaan On Site	2,66 E ⁻⁸	0,0019	0,0618	1,784E ⁴

Berdasarkan hasil analisis pada tabel 4, tahap pengolahan limbah onsite menggunakan insinerator rumah sakit memberikan kontribusi dampak risiko *human health* sebesar 2,66E⁻⁸ DALY yang dapat diartikan jumlah tahun yang hilang akibat gangguan kesehatan, cacat dan kematian dini dari kegiatan pengolahan *onsite* menggunakan insinerator.

Pengelolaan onsite menggunakan insinerator juga merupakan tahap pengelolaan limbah medis yang memberikan kontribusi dampak risiko pada *ecosystem quality*, yaitu sebesar 0,0019 PDF*m2*yr, yang dapat diartikan luas dari kerusakan spesies atau ekosistem di permukaan selama 1 tahun. Risiko kesehatan lingkungan lainnya dari pengolahan limbah onsite menggunakan insinerator juga terjadi pada kategori dampak *climate change* dan *resources*. Kerusakan lingkungan pada kategori *climate change* sebesar 0,0618 kgCO₂eq sedangkan pada kategori *resources* sebesar 1,784E⁴ MJ Primary yang artinya jumlah energi dasar yang digunakan untuk mengekstraksi sumber daya dalam hal ini, penggunaan gas alam sebagai bahan bakar operasional mesin insinerator.

Tahap pengelolaan limbah medis yang memberikan kontribusi risiko kesehatan lingkungan juga terjadi pada pengelolaan daur ulang. Dampak risiko kesehatan lingkungan terjadi pada *human health* sebesar 6,7E⁻¹⁷ DALY dan *ecosystem quality* sebesar 5,33E⁻⁹ PDF*m2*yr. Analisis terhadap dampak lingkungan selanjutnya dilakukan melalui analisis normalisasi (*normalization*). Analisis ini dilakukan untuk menilai pembebanan dampak lingkungan yang signifikan melalui penyetaraan unit. Hasil analisis normalisasi dapat dilihat pada tabel 5.

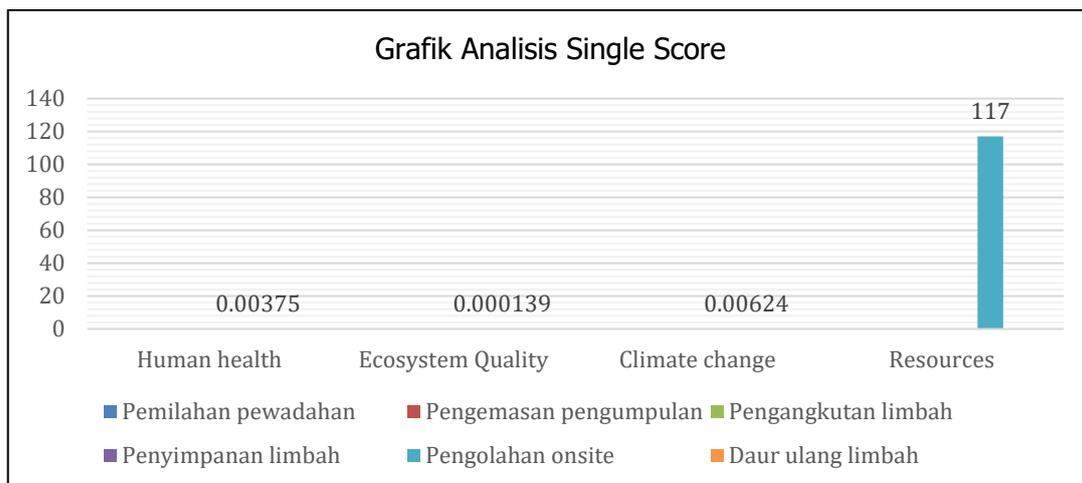
Tabel 5 Analisis Normalisasi Pengelolaan Limbah Medis

Pengelolaan limbah	Human health	Ecosystem quality	Climate change	Resources
--------------------	--------------	-------------------	----------------	-----------

Pemilahan dan pewadahan	0	0	0	0
Pengemasan dan pengumpulan	0	0	0	0
Pengangkutan ke TPS	0	0	0	0
Penyimpanan	0	0	0	0
Pengelolaan daur ulang	9,48 E ⁻¹⁵	3,89 E ⁻¹³	0	0
Pengelolaan <i>On Site</i>	3,75 E ⁻⁶	9,48 E ⁻¹⁵	6,24 E ⁻⁶	0,117
Total	3,75 E ⁻⁶	2,14 E ⁻⁸	6,24 E ⁻⁶	0,117

Hasil analisis normalisasi menunjukkan bahwa dampak kesehatan lingkungan yang paling tinggi dan signifikan terjadi pada aspek *resources* pada tahap pengolahan limbah secara onsite. Penggunaan sumber daya khususnya bahan bakar untuk mengoperasikan insinerator menimbulkan dampak kerusakan lingkungan yang tinggi. Kategori aspek berikutnya yang juga signifikan adalah *climate change*. Pengolahan limbah secara onsite juga memberikan kontribusi signifikan terhadap perubahan iklim yaitu *global warming*. Faktor emisi serta air limbah yang dihasilkan dari operasional mesin insinerator memberikan kontribusi dampak terjadinya perubahan iklim.

Tahap akhir dalam penelitian ini dilakukan analisis *single score*. Pada tahap ini dilakukan penentuan bobot atau peringkat pada kategori dampak yang berbeda yang berbeda yang disajikan dalam satuan mPt (*mili point*).



Gambar 1 Hasil Analisis *Single Score* Pengelolaan Limbah Medis

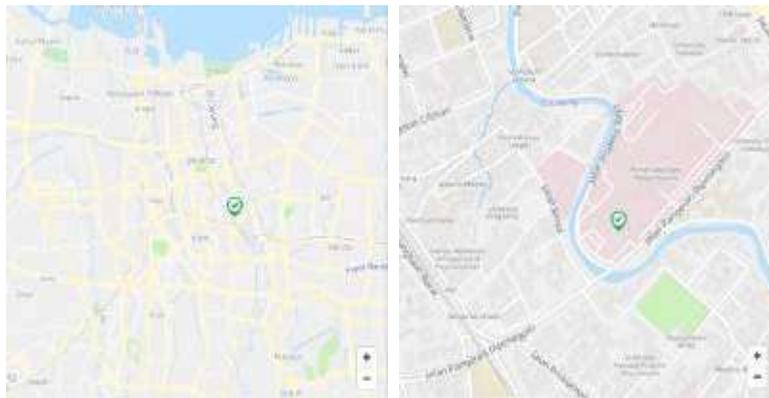
Grafik yang ditunjukkan pada gambar 2 memperlihatkan bahwa kategori dampak risiko kesehatan lingkungan yang paling tinggi terjadi pada aspek *resources* yang disebabkan pengolahan limbah *onsite* menggunakan insinerator. Penggunaan bahan bakar gas alam yang tidak termasuk sumber energi terbarukan memberikan kontribusi tinggi terhadap aspek dampak *resources*.

Kategori dampak berikutnya yang memberikan kontribusi tinggi adalah aspek *climate change*. Emisi insinerator seperti karbon dioksida dan karbon monoksida menjadi salah satu faktor tingginya dampak kesehatan lingkungan terhadap perubahan iklim. Dampak tertinggi lainnya setelah *climate change* adalah *human health*. Nitrogen dioksida, sulfur dioksida, partikulat serta parameter lain pada emisi insinerator memberikan kontribusi tingginya dampak pada aspek *human health*. Kandungan ammonia pada air limbah yang dihasilkan dari operasional insinerator dan pengelolaan daur ulang limbah juga memberikan kontribusi risiko kesehatan lingkungan pada aspek *human health*.

Dari hasil analisis, aspek dampak lingkungan yang memiliki risiko terendah adalah *ecosystem quality*, dimana sumber dampak berasal dari emisi insinerator serta karakteristik air limbah yang dihasilkan dari proses pengelolaan limbah medis.

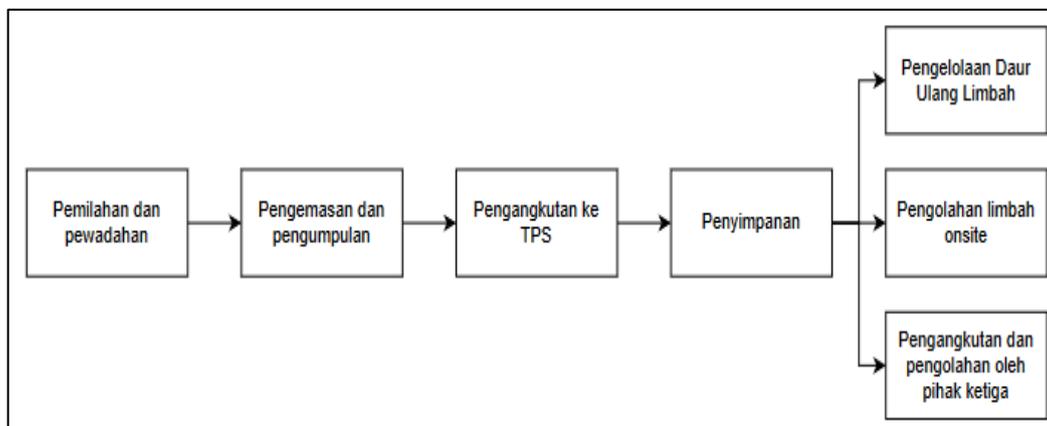
PEMBAHASAN

RSUP Nasional Dr. Cipto Mangunkusumo merupakan rumah sakit vertikal tipe A di bawah Kementerian Kesehatan. Rumah sakit ini terletak di Propinsi DKI Jakarta tempatnya di wilayah Jakarta Pusat dengan luas lahan 121.926 m² dan luas bangunan 266.796 m² serta kapasitas tempat tidur 924 (Mangunkusumo, 2023). Lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 3. Lokasi rumah sakit berada di pusat kota yang berdekatan dengan pemukiman penduduk serta area fasilitas umum.



Gambar 2 Lokasi Penelitian RSUPN DR. Cipto Mangunkusumo

Pengelolaan limbah medis di rumah sakit dilakukan mulai dari sumber penghasil limbah melalui pemilahan limbah sesuai jenis dan karakteristiknya sehingga memudahkan untuk identifikasi limbah serta penanganan lanjutan sesuai jenis dan karakteristik limbah yang dihasilkan. Upaya pengurangan timbulan limbah medis juga telah dilakukan dengan pemilahan limbah yang dilakukan oleh staf rumah sakit yang menghasilkan limbah saat memberikan layanan kesehatan bagi masyarakat. Melalui pemilahan yang tepat akan membantu dalam penanganan limbah yang sesuai. Alur pengelolaan limbah rumah sakit dapat dilihat pada gambar 4. Berdasarkan hasil observasi lapangan yang dilakukan masih ditemukan adanya kesalahan dalam pemilahan limbah. Kondisi ini membuat timbulan limbah medis yang dihasilkan menjadi tinggi. Biaya pengolahan limbah medis yang dibutuhkan juga meningkat. Rumah sakit menghasilkan limbah medis rata-rata 1200 kg/hari.



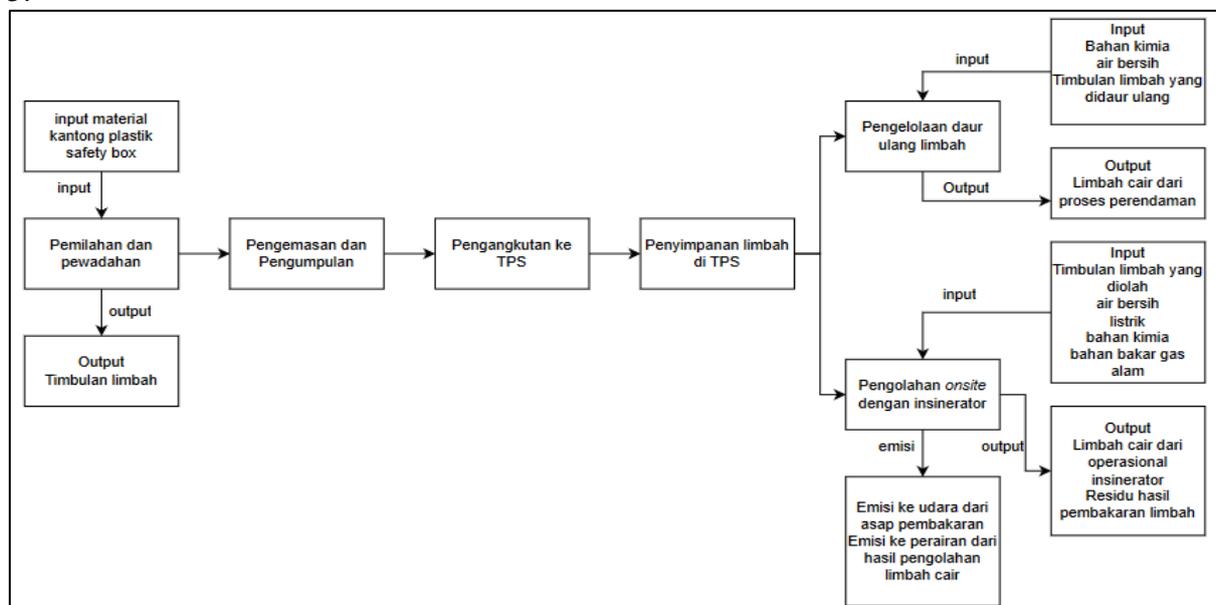
Gambar 3 Alur Pengelolaan Limbah Medis

Limbah medis rumah sakit yang dihasilkan diolah di insinerator milik rumah sakit, sebagian lagi dikelola oleh pihak ketiga yang berizin. Penanganan limbah yang dihasilkan dari unit kerja dilakukan oleh petugas *cleaning service*, sedangkan penanganan limbah di TPS dilakukan oleh petugas operator rumah sakit.

Pelatihan dan edukasi bagi setiap staf rumah sakit yang menghasilkan limbah dan melakukan penanganan limbah menjadi hal yang penting untuk mencegah terjadinya kesalahan dalam penanganan limbah yang berdampak terhadap kesehatan lingkungan (Laksono, 2021). Rumah sakit juga telah memiliki pedoman dan prosedur pengelolaan limbah yang menjadi acuan dalam pengelolaan limbah. Prosedur pengelolaan limbah yang tepat dan sesuai serta pengawasan dalam penerapan prosedur dapat meningkatkan kinerja dalam pengelolaan limbah (Yushananta, Ahyanti, & Hilda, 2022).

Life Cycle Inventory

Inventori data pengelolaan limbah medis dilakukan dengan mengidentifikasi alur pengelolaan limbah serta data input dan output dari setiap tahapan pengelolaan limbah. Identifikasi material input, output dan dampak emisi ke lingkungan dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 4 Skema Inventori Pengelolaan Limbah

Dokter, perawat, tenaga Kesehatan yang bekerja di ruang laboratorium serta tenaga didik kedokteran memegang peranan penting dalam tahapan pemilahan limbah yang dihasilkan khususnya limbah medis yang dihasilkan dari kegiatan pelayanan kesehatan yang dilakukan baik di layanan rawat jalan, rawat inap, layanan laboratorium, layanan gawat darurat dan lainnya. Kesalahan dalam pemilahan limbah masih ditemukan saat dilakukan observasi penelitian.

Hasil analisis LCA terhadap pengelolaan limbah medis di RSUPN Dr. Cipto Mangunkusumo sejalan dengan penelitian Ozge Kilic yang dilakukan di kota Istanbul Turki dimana pengolahan limbah dengan insinerator memberikan kontribusi dampak tertinggi dibandingkan daur ulang limbah karena adanya penggunaan energi yang tinggi serta dampak dari emisi yang dihasilkan (Kılıc & Kuzu, 2021).

Tingginya dampak risiko kesehatan lingkungan dari operasional insinerator dalam mengolah limbah berdasarkan analisis LCA juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan pada beberapa rumah sakit di propinsi Sumatera Utara Indonesia oleh Setiawati Hutajulu, dimana pengolahan limbah menggunakan insinerator memberikan kontribusi tertinggi terhadap kesehatan lingkungan khususnya pada kategori human health dan climate change (Hutajulu, Marsaulina, Siregar, Indirawati, & Utami, 2021) Penelitian lainnya yang dilakukan oleh

Rahmat Safrin H. Malik juga menunjukkan bahwa pembakaran limbah medis menggunakan insinerator memberikan kontribusi terhadap risiko kesehatan lingkungan pada pemanasan global sebagai salah satu indikator penyebab terjadinya perubahan iklim (Malik & , Muhammad Mufti Azis, 2023).

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, tahapan pengolahan onsite limbah dengan insinerator rumah sakit memiliki kontribusi dampak lingkungan paling besar dan signifikan pada empat aspek kategori dampak yang dinilai, yaitu *human health*, *ecosystem quality*, *climate change* dan *resources*. Penggunaan insinerator untuk mengolah limbah medis menghasilkan emisi yang dibuang ke lingkungan baik ke udara maupun ke permukaan air. Penggunaan bahan bakar insinerator rumah sakit yang lebih ramah lingkungan (gas alam) masih memberikan kontribusi dampak lingkungan karena bahan bakar yang digunakan memerlukan energi yang besar selama proses ekstraksi. Residu yang dihasilkan saat proses pembakaran limbah medis di insinerator juga memberikan dampak risiko terhadap lingkungan karena memerlukan penanganan lanjutan yang tidak dapat dilakukan oleh rumah sakit sebagai penghasil limbah.

Dari ke empat aspek kategori dampak yang dinilai, *resources* memberikan kontribusi dampak kesehatan lingkungan paling tinggi diantara aspek lainnya. Gas alam sebagai bahan bakar untuk mengoperasikan insinerator memberikan kontribusi terhadap tingginya dampak dari aspek *resources* khususnya *non-renewable energy*, dimana gas alam tidak termasuk sumber energi terbarukan yang akan habis jika terus menerus digunakan. Kebutuhan energi yang dibutuhkan untuk mengekstraksi gas alam cukup tinggi yaitu sebesar 1,784 MJ primary.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah pengolahan limbah medis secara onsite menggunakan insinerator memberikan kontribusi dampak yang paling signifikan terhadap lingkungan, Dimana dampak lingkungan signifikan terjadi pada semua aspek kategori yang dianalisis yaitu: *human health*, *ecosystem quality*, *climate change* dan *resources*. Pengelolaan daur ulang limbah memberikan kontribusi dampak pada kategori *human health* dan *ecosystem quality*, namun tidak terlalu tinggi dibandingkan dengan pengolahan limbah secara onsite.

Penggunaan sumber daya bahan bakar yang bukan merupakan sumber energi terbarukan menjadi salah satu penyebab dampak tertinggi. Prosedur dalam mengoperasikan insinerator serta pengaturan terhadap jam operasional insinerator perlu dievaluasi kembali untuk meningkatkan kinerja mesin, karena dengan peningkatan kinerja terhadap mesin insinerator dapat menghemat penggunaan bahan bakar.

Optimalisasi program daur ulang limbah merupakan salah satu cara untuk menurunkan dampak lingkungan sehingga timbulan limbah medis yang diolah di insinerator berkurang. Kondisi tersebut akan mengurangi jam operasional dari insinerator sehingga penggunaan bahan bakar juga lebih efisien dan jumlah emisi yang dihasilkan juga akan berkurang. Pemilahan limbah yang tepat menjadi salah satu upaya yang perlu diperhatikan oleh tenaga medis yang melakukan pelayanan kesehatan langsung ke masyarakat, karena peran tenaga medis dalam pemilahan limbah menjadi penting sehingga penanganan limbah yang dilakukan akan tepat sesuai dengan jenis dan karakteristiknya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada civitas akademika Universitas Diponegoro yang telah mendukung penuh terselesaikannya artikel ini dan kepada seluruh pihak yang turut membantu dalam proses penyelesaian artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, R. (2018). *Pengelolaan Limbah Medis. Global Shadows: Africa in the Neoliberal World Order* (Vol. 44).
- Afesi-Dei, C., Appiah-Brempong, M., & Awuah, E. (2023). Health-care waste management practices: The case of Ho Teaching Hospital in Ghana. *Heliyon*, 9(4), e15514. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15514>
- Deepak, A., Sharma, V., & Kumar, D. (2022). Life cycle assessment of biomedical waste management for reduced environmental impacts. *Journal of Cleaner Production*, 349(March), 131376. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131376>
- Egi agfira noor , S., H., M. . (2021). *Pertanggung Jawaban Rumah Sakit Terhadap Limbah B3*.
- Harninda, R. (2023). Literatur Review: Pengelolaan Limbah Medis pada Negara Maju dan Negara Berkembang Serta Dampak Lingkungannya. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(3). Retrieved from <https://doi.org/10.32672/jse.v8i3.6273>
- Hutajulu, S. M., Marsaulina, I., Siregar, F. A., Indirawati, M., & Utami, T. N. (2021). Environmental Impact And Cost Analysis Of Solid Medical Waste Treatment In Hospitals. *Volatiles & Essent. Oils*, 8(4), 13018–13027.
- Kılıc, O., & Kuzu, S. L. (2021). Comparison of incineration and autoclave methods in the treatment of medical wastes through life cycle assessment: A case study for Istanbul. *Environmental Research and Technology*, 4(2), 157–164. Retrieved from <https://doi.org/10.35208/ert.913039>
- KLHK. (2021). Pedoman Penyusunan Laporan Penilaian Daur Hidup (LCA). *Direktorat Jendral Pengendalian Pencemaran Dan Kerusakan Lingkungan*, (September), 1–82.
- Kumar, V., Gaurav, G., Khan, V., Choudhary, S., & Dangayach, G. S. (2023). Life cycle assessment and its application in medical waste disposal. *Materials Today: Proceedings*, (xxxx). Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.12.255>
- Laksono, G. T. P. (2021). Public health education. *Economic and Political Weekly*, 01, 8. Retrieved from <https://doi.org/10.7748/phc.10.6.38.s21>
- Malik, R. S. H., & , Muhammad Mufti Azis, and B. M. S. (2023). Life Cycle Assessment of Medical Solid Waste Management. *Journal of Industrial and Engineering and Education*, 1(1), 83–96. Retrieved from <http://scienceflora.org/journals/index.php/rrst/article/viewFile/1178/1163>
- Mangunkusumo, R. Dr. C. (2023). Tentang Kami. Retrieved from https://www.rscm.co.id/index.php?XP_webview_menu=0&pageid=2
- Nabavi-Pelesaraei, A., Mohammadkashi, N., Naderloo, L., Abbasi, M., & Chau, K. wing. (2022). Principal of environmental life cycle assessment for medical waste during COVID-19 outbreak to support sustainable development goals. *Science of the Total Environment*, 827, 154416. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154416>
- Purwaningrum, P., Indrawati, D., & Yulinawati, H. (2021). Evaluasi Pengelolaan Sampah Medis Di Rsud Kota Tangerang. *Jurnal Bhuwana*, 1(2), 226–232. Retrieved from <https://doi.org/10.25105/bhuwana.v1i2.12549>
- Setiawati, L. A. I. nyoman W. (2019). Pengelolaan Limbah Medis Bahan Berbahaya dan Beracun terhadap Potensi Pencemaran Lingkungan. *Fakultas Hukum Universitas Udayana*, 1–10. Retrieved from <https://ojs.unud.ac.id/index.php/Kerthanegara/article/download/50240/298949>
- WHO, M. inquiries. (2022). Tonnes of COVID-19 health care waste expose urgent need to improve waste management systems. Retrieved from

<https://www.who.int/news/item/01-02-2022-tonnes-of-covid-19-health-care-waste-expose-urgent-need-to-improve-waste-management-systems>

Yushananta, P., Ahyanti, M., & Hilda, N. (2022). Edukasi Pengelolaan Limbah B3 Medis Padat COVID-19 Di RSD Dr. A Dadi Tjorodipo Kota Bandar Lampung. *SINAR SANG SURYA: Jurnal Pusat Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(1), 133. Retrieved from <https://doi.org/10.24127/sss.v6i1.1883>