

MODEL ANALISIS *DYNAMIC* LIMBAH MEDIS RUMAH SAKIT DI DENPASAR BALI

Maulidiyah Nurma Alfiyanti^{1)*}, Ni Made Utami Dwipayanti²⁾,
I Made Sara Wijana³⁾

¹⁾Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Udayana, Denpasar-Bali

²⁾Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kedokteran Universitas Udayana, Denpasar-Bali

³⁾Program Studi Biologi, FMIPA Universitas Udayana, Denpasar-Bali

*Email: lidiyaalfiyanti@gmail.com

ABSTRACT

SYSTEM DYNAMIC ANALYSIS OF MEDICAL WASTE IN HOSPITALS IN DENPASAR BALI

Denpasar has 18 hospitals, 11 health centers, and 25 sub-health centers located at South Denpasar, East Denpasar, West Denpasar, and North Denpasar (Dinkes, 2020). The average medical waste generated every day is 1800 kg/day or 1.8 tons day (DLHK, 2018). The methods to develop solid medical waste management include minimizing medical waste from its source, sorting, storing, reusing and recycling, collecting, transporting, storing, processing, and destroying it (Health Ministry of the Republic of Indonesia, 2018). Dynamic analysis is the right approach to examine a complex problem with limited data. This research uses quantitative and qualitative based on primary and secondary data. Research where located in 15 public hospitals in Denpasar City. The time of research starts in November – December 2021 with a prediction period of 10 years until 2030. According to the result he weight of solid medical waste increased from year to year. In 2022 the weight of medical waste was redicted to reach 727.75 kg or 730 tons. The weight of solid medical waste becomes 436.136 kg or 436 tons with a 40% reduction policy implemented in its entirety. The cost aspect of simulation without hospital policy will cost more than IDR 9 billion per year. The proposed solution to maximize the combination of solid medical waste reduction and management policies in Bali. These efforts can minimize costs and reduce the production of solid medical waste from source to utilization.

Keywords: Dynamic Analysis Model, Technical Aspect, Hospital, Medical Waste

1. PENDAHULUAN

Kasus COVID-19 di Indonesia terjadi pada 2 Maret 2020 dan puncak pandemi sepanjang bulan Mei 2020. Meskipun pandemi COVID-19 telah mereda, namun memberikan dampak berupa penumpukan jumlah limbah medis. Sementara itu, jumlah fasilitas pengolahan limbah medis di Indonesia masih tergolong terbatas (Prasetyawan, 2020). Limbah medis di

Indonesia termasuk golongan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) dimana aturannya tertuang di Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Bab VII Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun dan Pengelolaan Limbah Non-Bahan Berbahaya dan Beracun). Sumber limbah medis berasal dari aktivitas fasilitas pelayanan kesehatan (fasyankes) seperti laboratorium klinis,

puskesmas, aktivitas insinerator dan rumah sakit. Keberadaan fasyankes sangatlah penting bagi masyarakat. Rumah sakit turut menyumbang limbah ke masyarakat. Limbah medis fase padat memiliki kemungkinan mengontaminasi sampah rumah tangga lebih besar (Chaerul, 2008). Kekhawatiran khusus mengenai infeksi mikroba seperti *Immunodeficiency virus (HIV)*, virus hepatitis B dan C yang memiliki bukti kuat penularannya melalui limbah medis (WHO, 1999) dan mengacu sifat virus apabila limbah medis dibuang begitu saja tanpa ada perlakuan akan menimbulkan permasalahan baru yang lebih kompleks baik permasalahan lingkungan maupun kesehatan.

Kota Denpasar memiliki 5 rumah sakit pemerintah, 13 rumah sakit swasta, 11 puskesmas, dan 25 puskesmas pembantu (Dinkes Kota Denpasar, 2020) yang keberadaannya tersebar di Kecamatan Denpasar Selatan, Denpasar Timur, Denpasar Barat, dan Denpasar Utara. Rata-rata timbulan limbah medis yang dihasilkan setiap harinya sebanyak 1800 kg/hari (DLHK, 2018). Dengan kapasitas pengolahan yang sama apabila terjadi peningkatan volume limbah medis dari tahun ke tahun, maka akan terjadi defisit kapasitas pengolahan. Rencana Pemerintah Indonesia menjadikan Kota Denpasar sebagai salah satu tujuan wisata kesehatan dan kebugaran (Antara, 2022) membuat perlunya perbaikan manajemen dan infrastruktur pengelolaan limbah medis yang aman. Produksi limbah medis yang terus meningkat dan masih menggunakan pihak ketiga di luar pulau memiliki kecenderungan menyebarkan agen penyakit saat transportasi.

Metode yang dapat dikembangkan dalam pengelolaan limbah medis padat yaitu, meminimalisir limbah medis dari sumbernya, melakukan pemilahan, pewadahan yang tepat, pemanfaatan kembali dan daur ulang, pengumpulan,

pengangkutan, penyimpanan, pengolahan, dan pemusnahan (Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 2018). Sistem pengelolaan limbah medis padat memiliki banyak faktor yang terlibat dan berkaitan satu sama lain sehingga, memerlukan analisis komprehensif agar dapat menentukan peran masing-masing faktor dalam sistem (Chaerul, 2008). Sehingga berdasarkan uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengelolaan limbah medis RSUD di Kota Denpasar dengan mempertimbangkan arah kebijakan teknis dan biaya. Analisis *dynamic* merupakan pendekatan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan pengelolaan limbah yang kompleks serta, dapat menggambarkan keterkaitan kuantitas dan kapasitas pengolahan dan dapat diterapkan untuk studi kasus serupa.

2. METODOLOGI

2.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan 2 metode kombinasi yaitu, penelitian kualitatif dan kuantitatif. Penelitian kuantitatif yaitu, menghitung dan mengonversi berat limbah medis kedalam model *dynamic* dan kualitatif yaitu mengidentifikasi dan mendeskripsikan pengelolaan limbah medis RSUD di Kota Denpasar.

Data yang digunakan adalah data sekunder dan data primer. Data primer didapat dari hasil observasi langsung ke lokasi penelitian sedangkan, data sekunder berasal dari instansi terkait serta literatur dari penelitian terkait. Semakin banyak data sekunder yang digunakan akan semakin baik untuk membuat dinamika dalam suatu sistem. Instrumen penelitian menggunakan *Microsoft Excel* dan perangkat lunak *Powersim Studio 10*.

2.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Kota Denpasar, 15 rumah sakit umum di Kota Denpasar yaitu RSUP Sanglah atau sekarang berganti nama menjadi RSUP Prof. I.G.N.G Ngoerah, RSUD Bali Mandara, RSUD Wangaya, RS Polda Bali, RS Udayana, RSU Bali Royal, RSU Prima Medika, RSU Surya Husadha, RSU Puru Raharja, RS Dharma Yadnya, RSU Manuaba, RSU Kasih Ibu, RSU Bali Med, RSU Surya Husadha Ubung dan RSU Bakti Rahayu. Ada 3 rumah sakit khusus (RSK) yang tidak menjadi obyek penelitian yaitu, RSK Indera Bali Mandara, RSGM FKG Unmas, dan RSK Mata Ramata. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Nopember hingga Desember 2021. Proyeksi jumlah limbah medis rumah sakit umum di Kota Denpasar hingga 10 tahun kedepan.

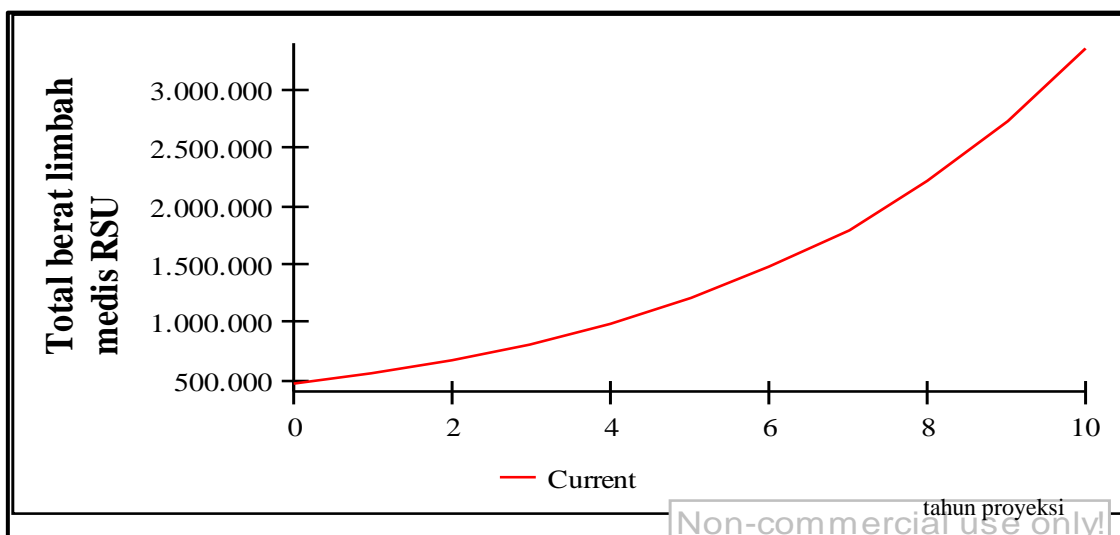
2.3 Kondisi Eksisting RSU di Kota Denpasar Bali

Berdasarkan data di lokasi penelitian yang meliputi 15 RSU di Kota Denpasar, pengelolaan tahap akhir limbah medis saat ini masih sebatas penyimpanan sementara

untuk selanjutnya dikelola oleh pihak ketiga jasa pengelola limbah B3 yang berlokasi diluar pulau. Pengelolaan ini meliputi pemilahan jenis limbah medis, pewadahan, pengumpulan sementara dan pengangkutan menuju fasilitas ke penyedia jasa pengolahan, pembakaran menggunakan insinerator, dan pembuangan akhir. Kegiatan pemilahan dan pewadahan dilakukan dari sumber limbah medis. Pengumpulan sementara dilakukan oleh petugas khusus yang bertugas terhadap limbah medis padat. Pengangkutan limbah medis padat dilakukan setiap sore hari menuju lokasi penyedia pengolahan. Transportasi menjadi risiko yang sangat berpengaruh dalam pengangkutan limbah medis. Jarak tempuh yang cukup jauh, memungkinkan limbah medis padat terjatuh pada saat perjalanan sehingga, membahayakan masyarakat yang tinggal di area tersebut. Kondisi Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) limbah medis padat di beberapa RSU di Kota Denpasar seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Hasil simulasi kondisi eksisting total limbah medis padat RSU di Kota Denpasar dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1.
TPS Limbah Medis Padat Beberapa RSU di Kota Denpasar



Gambar 2.

Hasil Simulasi Kondisi Eksisting Total Limbah Medis Padat RSU di Kota Denpasar

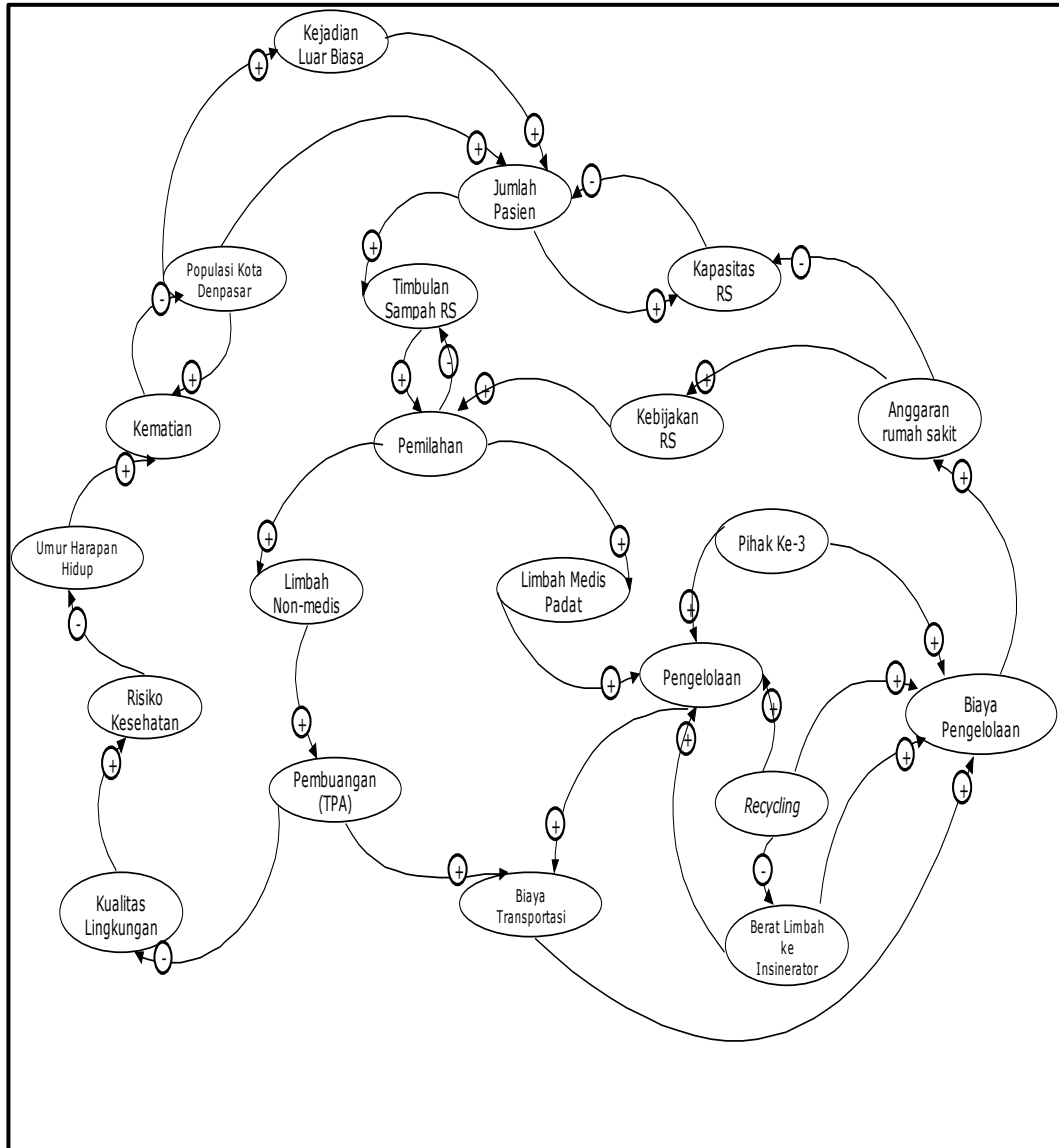
2.4 Model Dynamic

Model analisis *dynamic* merupakan suatu cara berpikir tentang sistem sebagai jaringan yang saling berhubungan mempengaruhi sejumlah komponen yang telah ditetapkan dari waktu ke waktu (Yulastri., 2018). *Causal Loop Diagram* pengelolaan limbah medis rumah sakit umum Kota Denpasar dibagi menjadi 2 sub-sistem yaitu, aspek teknis dan aspek biaya. Sub-model tersebut dibuat untuk menyederhanakan masalah yang kompleks serta penentuan variabel dan keterkaitan sangat membantu peneliti dalam mengurai keterkaitan tersebut. Secara sederhana dapat digambarkan pada Gambar 3.

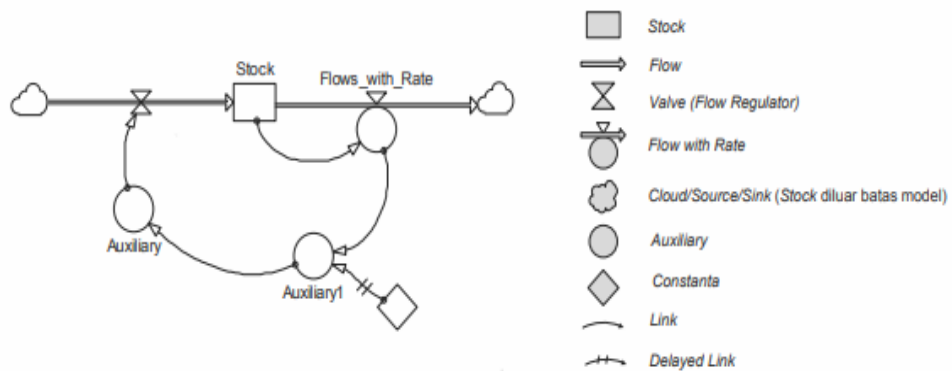
Prinsip dasar dalam mengembangkan permodelan analisis *dynamic* adalah hubungan sebab akibat, pengaruh balik dan dinamika waktu. Hubungan sebab akibat merupakan hal dasar dalam menyederhanakan cara berfikir. *Causal loop diagram* dapat dibangun dengan mengilustrasikan hubungan variabel dalam sistem.

2.5 Analisis Data

Data kuantitatif merupakan data berupa angka seperti jumlah penduduk di Kota Denpasar, jumlah RSU di Kota Denpasar, jumlah pasien rawat inap, tingkat pertumbuhan pasien rawat inap, jumlah pasien rawat jalan, pertumbuhan pasien rawat jalan, berat limbah medis pasien rawat inap, berat limbah medis pasien rawat jalan, jumlah bed RSU di Kota Denpasar, jumlah alat transportasi, tingkat penambahan alat transportasi, penambahan alat transportasi, total alat angkut, kapasitas alat angkut, jarak tempuh, kebutuhan bahan bakar per-pembakaran, kebutuhan bahan bakar pengolahan, harga bahan bakar pengolahan, frekuensi pengangkutan dan kebutuhan bahan bakar per-km. Sedangkan, data kualitatif berupa foto, flow cart dan gambar lainnya. Data yang telah ditentukan tersebut dianalisis ke dalam sistem dengan model seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3.
Diagram Causal Loop



Gambar 4.
Sistem Dynamic (Firmansyah, 2020)

Formulasi kebijakan atau skenario yang digunakan dalam analisa menggunakan sistem *dynamic* ini, sebagai berikut:

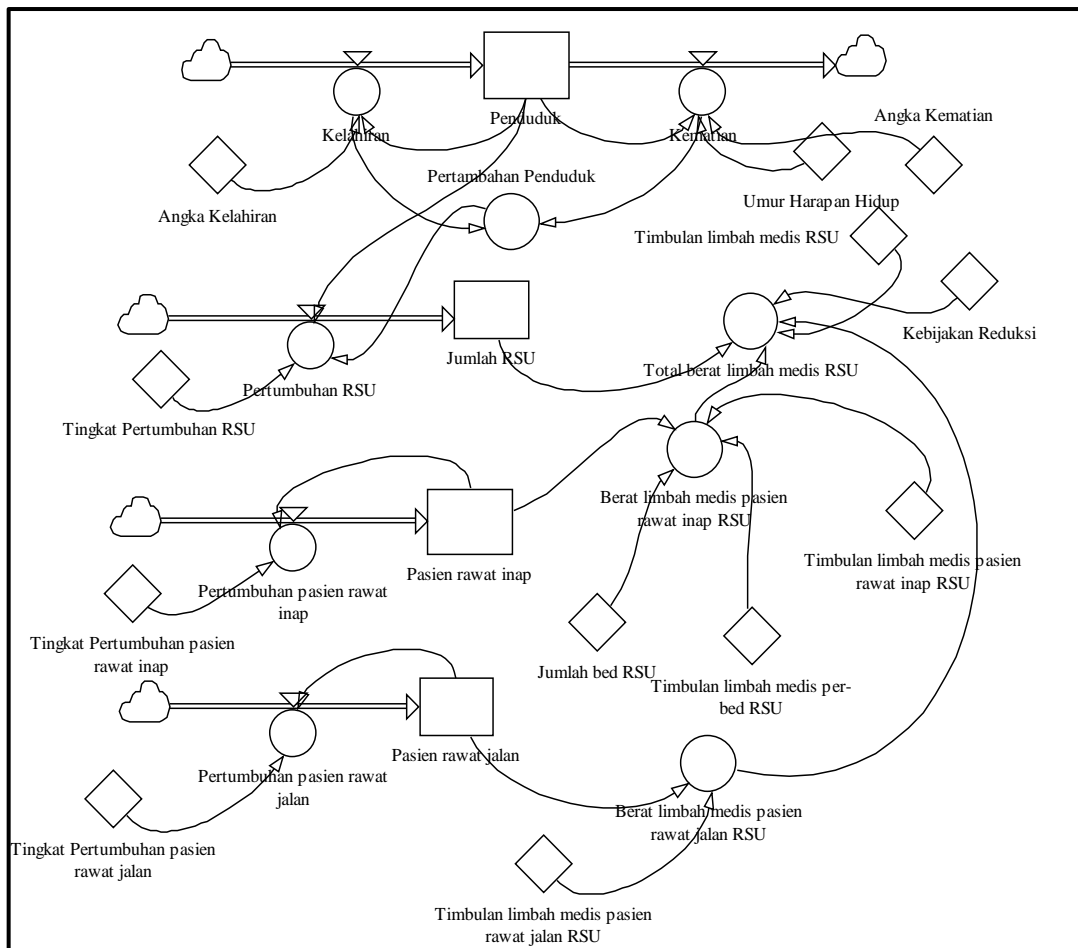
- a) Gambaran terkini pengelolaan limbah medis rumah sakit di Kota Denpasar.
- b) Skenario pengelolaan limbah medis yang mempertimbangkan aspek teknis (jarak, jumlah limbah medis padat yang dihasilkan dan kebijakan pengurangan).
- c) Skenario pengelolaan limbah medis mempertimbangkan aspek biaya.
- d) Kombinasi kebijakan dari skenario yang telah dibuat.

Permodelan yang dilakukan peneliti dapat dikatakan valid atau mendekati kondisi sesungguhnya apabila, nilai uji *absolute mean error* (AME) kurang dari 0,1% untuk penelitian eksperimental kesehatan dan kurang dari 5% untuk penelitian sosial dan lingkungan serta, uji *absolute varian error* (AVE) kurang dari 10% (Bambang, 2022).

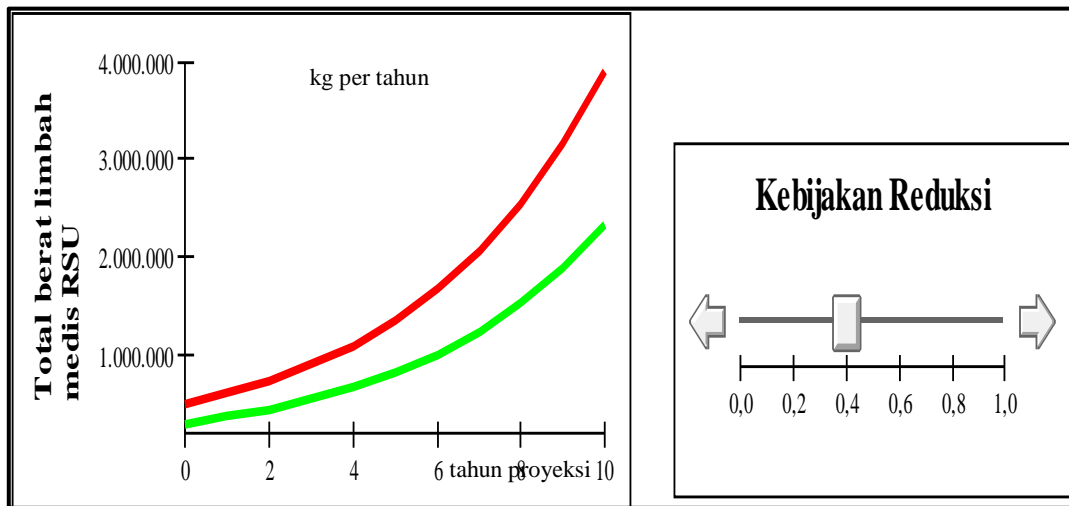
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan *stock and flow diagram* sangat penting dilakukan dalam membuat simulasi pengelolaan limbah medis padat rumah sakit di Kota Denpasar. Diagram dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.

2.5 Verifikasi dan Validasi Model



Gambar 5.
Diagram *Stock and Flow* Aspek Teknis



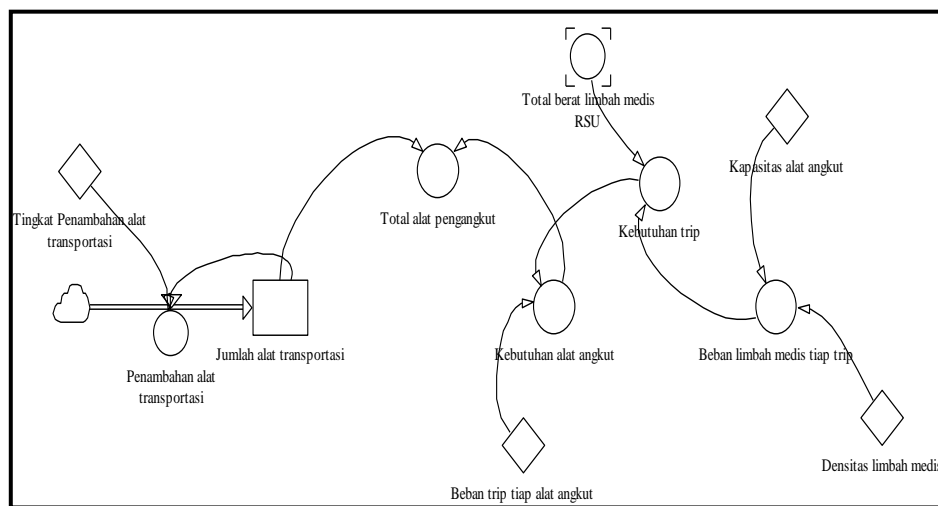
Gambar 6.

Hasil Simulasi Berat Limbah Medis

Keterangan:

Grafik warna merah: Kondisi terkini

Grafik warna hijau: Kebijakan reduksi



Gambar 7.

Diagram Stock and Flow Aspek Teknis Pengangkutan

Pada hasil penelitian aspek teknis, dilakukan skenario reduksi dan juga skenario pengangkutan dan kebutuhan alat pengangkutan. Total limbah medis sebelum dilakukan skenario kebijakan reduksi meningkat tajam dari tahun ke tahun ditambah lagi *global warming* menyumbang peranan besar dalam pergantian musim dan penyebaran penyakit baru atau re-infeksi (Firmansyah, 2020). Pada tahun kelima yaitu tahun 2025 hasil simulasi tanpa kebijakan

reduksi total limbah medis padat sudah mencapai 1.348.373 kg atau setara dengan 1.400 ton/tahun. Namun berbeda jauh, simulasi dengan kebijakan reduksi 40% total limbah medis padat sebanyak 808.771 kg atau setara dengan 800 ton/tahun. Angka ini dapat menjadi pertimbangan untuk menerapkan kebijakan baru atau memaksimalkan kebijakan yang sudah ada. Agar, tempat penampungan sementara di masing-masing rumah sakit tidak *overcapacity*.

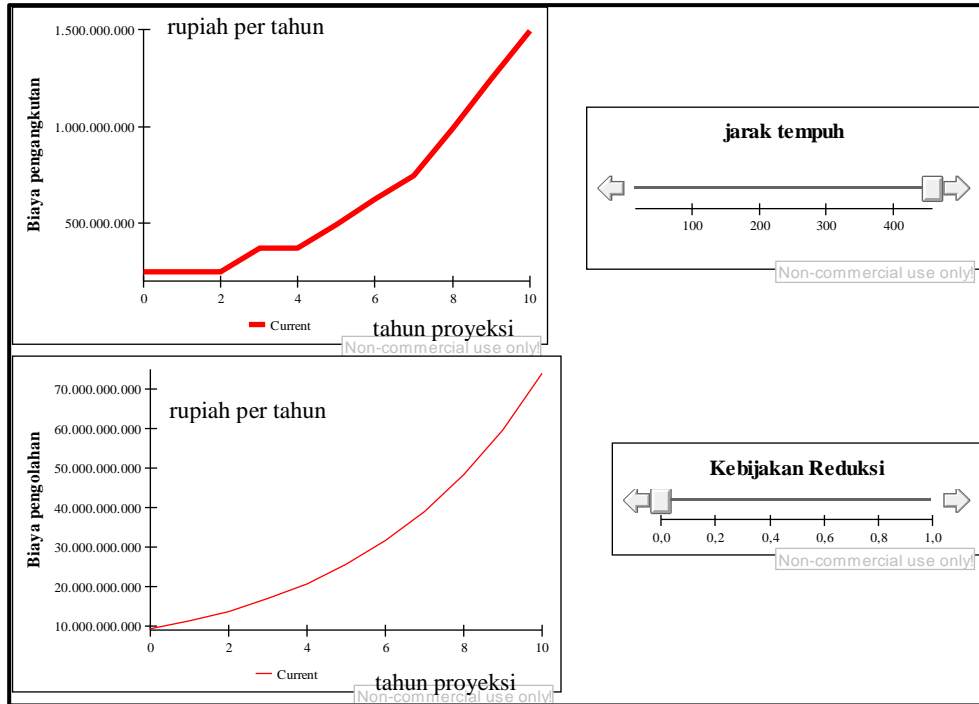
Beberapa instalasi yang menyumbang timbulan limbah medis adalah instalasi rawat inap, rawat jalan, UGD dan lain-lain.

Kebijakan reduksi ini dapat mendorong inovasi dalam perkembangan dunia penelitian dibidang teknologi medis. Conrardy (2010), menyebutkan bahwa produk yang dapat digunakan kembali memberikan *impact* yang sangat baik dalam upaya mengurangi produksi limbah sebesar 65% serta, mengurangi biaya pengelolaan limbah medis padat. Di negara berkembang untuk mencapai angka reduksi 65% diasumsikan sangat sulit. Bukan tidak mungkin, namun mengingat sumber daya manusia, manajemen, serta faktor eksternal lainnya skenario dibuat menjadi 40% reduksi. Damanhuri (2020) menyebutkan bahwa pengolahan limbah medis padat masih tergantung pada insinerator. Pada situasi pandemi Covid-19 memberikan fakta yang tidak bisa dihindari bahwa, insinerator melepaskan emisi merkuri dan dioksin ke udara. Selain itu penanganan limbah medis padat dinilai boros dan rawan penyalahgunaan oleh pemerhati lingkungan hidup. Penyalahgunaan tersebut dapat berupa, insinerator tidak dibangun dengan kriteria yang benar sehingga, tidak mencapai pembakaran pada suhu optimal (850 °C–1200 °C) atau incinerator tidak dilengkapi dengan pengendali pencemaran udara yang memadai. Belum lagi fasilitas pengelolaan ini tidak tersebar merata di seluruh Indonesia yang diperparah keterbatasan transporter berizin (Prasetiawan, 2020).

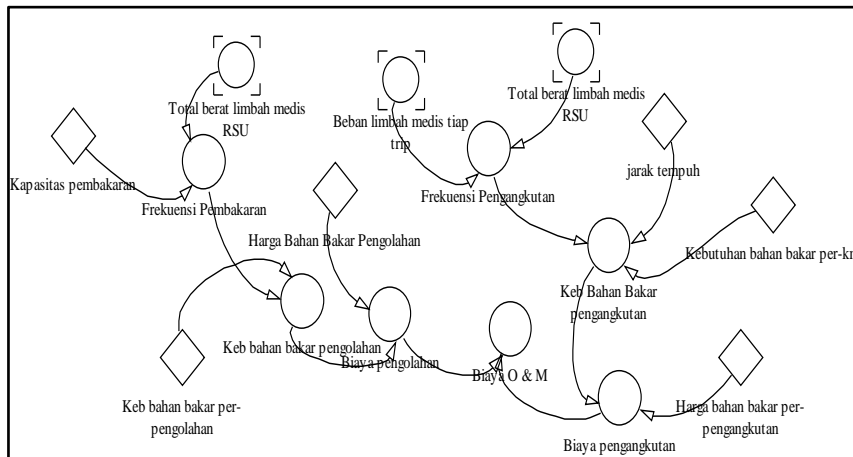
Pengelolaan limbah medis padat perlu dilakukan secara serius sejak dari sumbernya. Membangun sistem yang terstruktur, sistematis mulai dari hulu sampai dengan hilir tertata sedemikian rupa akan mendapatkan keuntungan dengan dampak lingkungan yang minimum. Ketaatan dan kedisiplinan

dalam pemilahan limbah medis padat mulai dari sumber, maka akan membawa dampak yang baik berkurangnya limbah medis padat yang harus dimusnahkan. Upaya menggunakan kembali (*reuse*), mengurangi pemakaian (*reduce*), dan daur ulang (*recycle*) merupakan pendekatan yang tepat dan ramah lingkungan serta, berdampak pada nilai ekonomi. Semakin berkurang limbah medis padat semakin berkurang juga total limbah yang harus dimusnahkan atau dibakar. Sehingga, *pollutant* yang dihasilkan dari hasil pembakaran juga akan berkurang dengan demikian dapat diasumsikan bahwa kualitas udara *ambient* akan semakin terjaga, risiko lingkungan berkurang dan manfaat secara ekonomi akan bertambah.

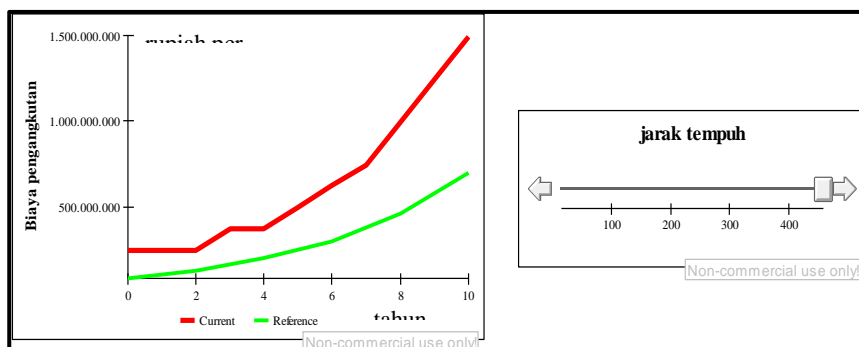
Prioritas penanganan dalam hal limbah medis padat perlunya mengurangi jumlah limbah mulai dari sumber limbahnya. Dilakukan pemilahan dengan pendekatan 3R *Reduce, Reuse, Recycle* (Lee, 1992). *Reuse* berarti mengurangi segala sesuatu yang mengakibatkan sampah. *Reuse* berarti menggunakan kembali barang yang masih dapat digunakan, dalam hal ini mesin sterilisasi berperan penting seperti *autoclave*. *Recycle* berarti mengolah kembali (daur ulang) sampah untuk menjadi barang atau produk baru yang bermanfaat. Tentunya keberhasilan suatu tujuan harus disiapkan secara matang termasuk input ketersediaan tempat sampah sesuai dengan jenis sampahnya, ketersediaan sumber daya manusia yang cukup, sistem yang terbangun dengan baik dan transparan, teknologi yang mendukung serta, keberadaan pihak ketiga yang mendukung produk hasil 3R limbah padat rumah sakit (Prasetiawan, 2020). Semua pihak harus berkontribusi untuk mencapai tujuan ini baik pemerintah, masyarakat, pelaku bisnis, lembaga swadaya masyarakat, akademisi.



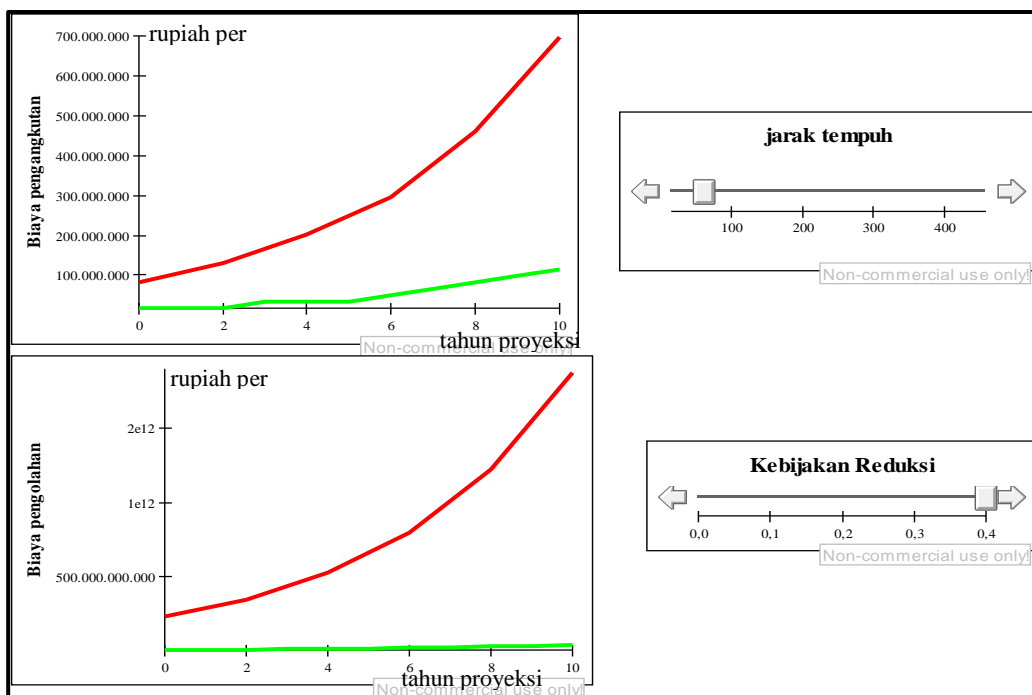
Gambar 8.
Hasil Simulasi Aspek Biaya Tanpa Kebijakan



Gambar 9.
Diagram *Stock and Flow* Aspek Biaya



Gambar 10.
Hasil Simulasi Biaya Pengangkutan Skenario Luar Wilayah dan di Bali



Gambar 11.

Hasil simulasi Kombinasi Kebijakan Pengelolaan di Bali dan Kebijakan Reduksi

Tabel 1. Hasil Simulasi Aspek Biaya Pengelolaan Limbah Medis RSUD di Denpasar

Tahun Proyeksi	Tahun	Biaya (Rupiah)					
		Luar Propinsi			Bali		
		Pengangkutan	Pengelolaan	Total	Pengangkutan	Pengelolaan	Total
0	2020	248.400.000	9.255.565.000	9.504.056.000	82.593.000	9.255.565.000	9.338.158.000
1	2021	248.400.000	11.284.271.000	11.532.671.000	106.181.000	11.284.271.000	11.390.452.000
2	2022	248.400.000	13.797.724.000	14.046.124.000	129.789.000	13.797.724.000	13.927.513.000
3	2023	372.600.000	16.915.320.000	17.287.920.000	165.186.000	16.915.320.000	17.080.506.000
4	2024	372.600.000	20.786.171.000	21.158.771.000	200.583.000	20.786.171.000	20.986.754.000
5	2025	496.800.000	25.596.458.000	26.093.258.000	247.779.000	25.596.458.000	25.844.237.000
6	2026	621.000.000	31.578.817.000	32.199.817.000	294.975.000	31.578.817.000	31.873.792.000
7	2027	745.200.000	39.023.796.000	39.768.996.000	377.568.000	39.023.796.000	39.401.364.000
8	2028	993.600.000	48.294.428.000	49.288.028.000	460.161.000	48.294.428.000	48.754.589.000
9	2029	1.242.000.000	59.844.281.000	61.086.281.000	578.151.000	59.844.281.000	60.422.432.000
Final	2030	1.490.400.000	74.240.087.000	75.730.487.000	696.141.000	74.240.087.000	74.936.228.000

Aspek biaya sangat berpengaruh dalam menjalankan pola operasi dan kebijakan yang diterapkan dalam suatu manajemen menjadi indikator dalam kualitas pelayanan. Kebutuhan biaya pengelolaan meningkat sejalan dengan peningkatan limbah medis yang harus dikelola, oleh sebab itu alokasi biaya yang harus disiapkan institusi sesuai dengan kebutuhan operasional. Perhitungan biaya didasarkan pada total berat limbah medis

yang dihasilkan dari sumber hingga ke pengolahannya.

Merujuk pada Tabel 1, hasil simulasi tanpa kebijakan biaya pengelolaan mencapai 9 milyar/tahun. Angka ini cukup fantastis mengingat pihak ketiga mengenakan biaya sebesar 20.000/kilogram (RSPM, 2020). Pada simulasi biaya pengangkutan luar propinsi dan dalam Provinsi Bali memiliki perbandingan yang sangat tajam. Jarak

tempuh Bali ke Surabaya sejauh 460 km dengan lama rata-rata 10 jam menghasilkan *cost* yang sangat tinggi jika, dibandingkan dengan pengelolaan yang ada di Bali. Berikut juga ditampilkan hasil simulasi menggunakan kebijakan pengurangan jarak tempuh yaitu, 20 km. Jarak tempuh tersebut diasumsikan berada di dalam propinsi Bali. Pada biaya pengangkutan ini variabel yang sangat berpengaruh adalah jarak tempuh dan biaya *gasoline*. Pada tahun kelima yaitu tahun 2025 hasil simulasi biaya tanpa kebijakan mencapai Rp. 26.093.258.000

(Tabel 2). Angka yang sangat fantastis, mengingat pengelolaan ini masih dalam lingkup Kota Denpasar belum wilayah lainya yang ada di Propinsi Bali. Jika dibandingkan dengan tahun yang sama, menggunakan skenario kebijakan pengelolaan yang ada di Bali sebesar Rp. 25.844.237.000. Sebenarnya tidak banyak berbeda total biaya yang harus dikeluarkan karena, biaya pengelolaan masih sama mengikuti total produksi limbah medis yang harus dikelola dan dimusnahkan oleh pihak ketiga.

Tabel 2. Hasil Simulasi Aspek Biaya dengan Kombinasi Kebijakan

Tahun Proyeksi	Tahun	Biaya (Rupiah)					
		Luar Propinsi			Kombinasi Bali (Jarak tempuh <50 km, Reduksi 40%)		
		Pengangkutan	Pengelolaan	Total	Pengangkutan	Pengelolaan	Total
0	2020	248.400.000	9.255.565.000	9.504.056.000	16.200.000	5.560.749.000	5.576.949.000
1	2021	248.400.000	11.284.271.000	11.532.671.000	16.200.000	6.778.245.291	6.794.445.291
2	2022	248.400.000	13.797.724.000	14.046.124.000	16.200.000	8.286.593.107	8.302.793.107
3	2023	372.600.000	16.915.320.000	17.287.920.000	32.400.000	10.157.427.079	10.189.827.079
4	2024	372.600.000	20.786.171.000	21.158.771.000	32.400.000	12.480.212.597	12.512.612.597
5	2025	496.800.000	25.596.458.000	26.093.258.000	32.400.000	15.366.657.896	15.399.057.896
6	2026	621.000.000	31.578.817.000	32.199.817.000	48.600.000	18.956.349.823	19.004.949.823
7	2027	745.200.000	39.023.796.000	39.768.996.000	64.800.000	23.423.610.433	23.488.410.433
8	2028	993.600.000	48.294.428.000	49.288.028.000	81.000.000	28.986.266.298	29.067.266.298
9	2029	1.242.000.000	59.844.281.000	61.086.281.000	97.200.000	35.916.447.681	36.013.647.681
Final	2030	1.490.400.000	74.240.087.000	75.730.487.000	113.400.000	44.554.211.013	44.667.611.013

Maka dari itu dibuatlah skenario kebijakan yang mengkombinasikan reduksi limbah medis dan pengelolaan terpusat di Bali. Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa, adanya perbedaan yang besar. Di tahun kelima yaitu tahun 2025 dengan menggunakan skenario kebijakan kombinasi biaya yang harus dikeluarkan sebesar Rp.15.399.057.896. Angka ini sangat besar, memiliki perbedaan sebesar Rp.10.694.200.104. Dapat dikatakan bahwa, rumah sakit dapat menghemat biaya sebesar Rp.10.694.200.104/tahun. Pada gambar 10 perbandingan Hasil Simulasi Biaya Kombinasi Kebijakan peneliti menggunakan jarak tempuh 20 km diasumsikan 20 km adalah Kawasan Tabanan yang jauh dari perkotaan atau

permukiman padat penduduk. Kebijakan reduksi diasumsikan memaksimalkan *reuse*, *recycle*, dan *reduce* hingga limbah yang dikirim kepada pihak ketiga berkurang sebanyak 40% dari produksi total. Hasil simulasi kebijakan tersebut adalah aspek biaya jauh berkurang dibandingkan tidak ada kebijakan sama sekali. Sehingga, sudah saatnya Pemerintah Provinsi Bali menggunakan kebijakan tersebut untuk pengelolaan limbah medis agar lebih optimal lagi. Ini menjadi tanggung jawab semua pihak tidak hanya pengambil kebijakan, namun juga semua yang turut hadir dan berkontribusi dalam produksi limbah di Kota Denpasar.

Apabila, pemerintah dapat mempertimbangkan skenario yang ada di

Bali maka dapat dilakukan penghematan dalam 10 milyar rupiah per tahun untuk biaya pengelolaan limbah padat medis rumah sakit umum di Kota Denpasar. Menurut Perhimpunan Rumah Sakit Seluruh Indonesia, bengkaknya biaya pengelolaan sangat mengganggu neraca keuangan rumah sakit sehingga, dikhawatirkan akan berimplikasi pada penurunan pelayanan rumah sakit (Partakusuma, 2020). Salah satu kendala instansi kesehatan enggan untuk memiliki insenarator sendiri disisi lain aspek tempat yang sangat dekat dengan pemukiman penduduk juga, tidak efesienya manajemen perijinan insenarator. Namun, saat ini pemerintah sudah menyederhanakan alur perijinan insinerasi yang bisa diakses online melalui pelayanan terpadu pada akun resmi Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.

4. SIMPULAN DAN SARAN

4.1 Simpulan

- 1) Model analisis *dynamic* pengelolaan limbah medis menunjukkan limbah padat medis dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Pada tahun 2022 hasil simulasi berat limbah medis sebesar 619.786 kg/tahun dengan kebutuhan trip sebanyak 6 kali/minggu serta membutuhkan biaya pengelolaan pihak ketiga sebesar Rp.12.397.520.000.
- 2) Aspek teknis dengan memaksimalkan upaya pengurangan atau reduksi seperti *reuse, reduce, recycle* bahan dan limbah medis padat mampu mengurangi timbulan hingga setengah produksi total limbah medis padat.
- 3) Pada aspek biaya alternatif solusi terbaik adalah mengkombinasikan skenario kebijakan reduksi secara menyeluruh memaksimalkan *reuse, reduce, dan recycle* serta skenario pembuatan pengolahan limbah

medis terpusat di Bali. Biaya yang dikeluarkan akan berkurang 45% dari pada menggunakan kebijakan yang saat ini dijalankan.

4.2 Saran

Saran dari penelitian ini untuk penelitian selanjutnya:

- 1) Sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan mengenai pengelolaan limbah medis di Kota Denpasar secara keseluruhan tidak hanya, limbah medis padat tetapi limbah cair dan sampah domestik yang masuk ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA).
- 2) Perlu juga dilakukan analisis lanjutan dari hasil skenario pengelolaan limbah medis padat seperti *cost benefit analysis*(CBA), sehingga akan disesuaikan dengan kesanggupan pemerintah Kota Denpasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-katib, I., Eleyan, D., Garfield, J. 2016. Pendekatan Sistem Dinamik Pengelolaan Limbah Rumah Sakit di Negara Berkembang. *Waste Management & Research*, 31: 986-995.
- Arcana, I.K., Paturusi, S.A., & Suarna, I.W. 2021. Analisis Daya Dukung Dan Daya Tampung Lahan Permukiman Kota Denpasar. *Ecotrophic: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal Of Environmental Science)* 15 (2): 247-257.
- Arifin, M. 2008. Pengaruh limbah rumah sakit terhadap kesehatan. *FKUI*. Jakarta.
- Azizah, R. 2018. Management of Solid Medical Waste in Hospital a Logic Model Approach: A Literature Review. *Magister dissertation*,

- Universitas Airlangga.*
- Chaerul, M., Tanaka, M., & Shekdar, A. V. 2008. Pendekatan Sistem Dinamik untuk Pengelolaan Limbah Rumah Sakit. *Pengelolaan Limbah*, 28(2): 442- 449.
- Chin, A. 2020. "Stability of SARS-CoV-2 in Different Environmental Conditions". *Lancet Microbe*.
[https://doi.org/10.1016/S2666-5247\(20\)30003-3](https://doi.org/10.1016/S2666-5247(20)30003-3), diakses 21 Juli 2022.
- Conrardie, 2010. Reducing Medical Waste. *AORN J.* 91 (6):711-21.
- Currie, D. J., Smith, C., & Jagals, P. 2018. The application of analysis dynamics modelling to environmental health decision-making and policy-a scoping review. *BMC public health*, 18(1): 1-11.
- Daeng, R. 2021. Analisis yuridis pengelolaan limbah medis covid-19 menurut hukum lingkungan internasional= Legal Analysis of Medical Waste of Covid-19 Management According to International Environmental Law. *Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin.*
- Damanhuri, Enri. 2020. Pengelolaan Limbah B3 Medis Covid-19 di Indonesia. Disampaikan pada *Webinar Pengelolaan Limbah Medis B3 Covid-19, 28 April 2020.*
- Dinas Kesehatan Kota Denpasar Tahun 2016, Rencana Strategis Dinas Kesehatan Kota Denpasar Tahun 2016 -2021, Denpasar, *Dinkes Kota Denpasar.*
- Diskusi-Webinar-Aspek-Penting-Pengelolaan-Limbah-Medis-DiEra-Covid-19<https://www.persi.or.id/118-adv/1342->,diakses pada 1 Februari 2020.
- Dyson, Brian.,Chang Ni-Bin. 2005. Forecasting municipal solid waste generation in a fast-growing urban region with system dynamics modeling. *Waste Management* 25: 669–679.
- Escapa, Marta., 2018. Modelling solid waste management solutions: The case of Campania, Italy. *Waste Management* 78 (2018) 717–729. Italy.
- Firmansyah, I., Pramudya, B., & Sadikin, P. N. 2020. Analysis dynamics of peak projection Covid-19 in Indonesia. *Journal of Analysis Dynamics*, 1(1): 1-8.
- Forrester, J. W., Legasto, A., & Lyneis, J. M. (Eds.). 1980. Analysis dynamics (pp. 209-228). *North-Holland Publishing Company.*
- Imran Agus Nurali, 2020, Pengelolaan Limbah Medis Di Era Covid 19, Presentation, *Webinar*, diakses melalui <https://www.persi.or.id/118-adv/1342-diskusi-webinar-aspekpenting-pengelolaan-limbah-medis-di-era-Covid-19> pada 17 September 2020.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Tahun 2020. *Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional.*
- Kementrian Kesehatan Republik Indonesia tahun 2016, Profil Kesehatan Indonesia tahun 2015, Jakarta, *Kemenkes RI.*
- Kementrian kesehatan RI, Profil Kesehatan 2017, Jakarta, *Kemenkes RI.*
- Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 7 tahun 2019 tentang *Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit.*
- Keputusan Menteri Kesehatan RI nomor HK.01.07/MENKES/169/2020 tentang *Penetapan Rumah Sakit Rujukan Penanggulangan Penyakit*

- Infeksi Emerging Tertentu.*
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 58 Tahun 1995 tentang *Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Rumah Sakit.*
- Li, M., Zhu, Y., Xue, C., Liu, Y., dan Zhang, L. 2014. "The Problem of Unreasonably High Pharmaceutical Fees for Patients in Chinese Hospital: A System Dynamics Simulation Model". *Computers in Biology and Medicine*
- Makris, S. L. 2011. Current assessment of the effects of environmental chemicals on the mammary gland in guideline rodent studies by the US Environmental Protection Agency (US EPA), Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), and National Toxicology Program (NTP). *Environmental health perspectives*, 119(8): 1047-1052.
- Nugraha C, 2020,. Peran Perusahaan Pengelola Limbah Medis dalam Penanganan Wabah COVID 19, Diskusi Pengelolaan Limbah B3 Medis COVID 19 di Indonesia, *Webinar*, diakses melalui Pengumuman-Lengkap-Jokowi-Soal-2-Wnipositif<https://nasional.kompas.com/read/2020/03/02/12002701/i-ni-corona?page=all>, diakses pada 16 Agustus 2020.
- Oviatt, V. R. 1968. *Status Report-- Disposal of Solid Wastes. Hospitals*, 42(24): 73-76.
- Partakusuma, Lia G. 2020. "Upaya Pengendalian Limbah Medis Rumah Sakit di Era Covid-19". Disampaikan pada *Webinar Pengelolaan Limbah Medis B3 Covid-19*, 28 April 2020.
- Peng J., 2020, "Medical Waste Management Practice During the 2019-2020 Novel Coronavirus Pandemic: Experience in a General Hospital". *American Journal of Infection Control*. diakses melalui <https://doi.org/10.1016/j.ajic>. pada 27 November 2020.
- Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 340 Tahun 2010 tentang *Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.*
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 Tentang *Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.*
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.74/MENLHK/SETJEN/KUM.1/10/2019 Tentang *Program Kedaruratan Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun dan/atau Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.*
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.56/Menlhk-Setjen/2015 Tentang *Tata Cara dan Persyaratan Teknis Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Beracun dari Fasilitas Pelayanan Kesehatan.*
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Lampiran IX Halaman 50 Tentang *Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.*
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang *Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.*
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 27 Tahun 2020 Tentang *Sampah Spesifik.*
- Perdani, I.P. 2011. "Identifikasi Pola Penyebaran Limbah Padat B3 dari Fasilitas Kesehatan di Surabaya Timur". *Tugas Akhir*. Jurusan

- Teknik Lingkungan – ITS. Surabaya.
- Permenkes Nomor 72 Tahun 2016 Tentang *Standar Pelayanan Kefarmasian di Rumah Sakit*.
- Prasetyawan, Teddy. 2020. Permasalahan Limbah Medis Covid-19 di Indonesia. Vol. XII, No. 9.I. *Puslit* Mei 2020. Jakarta.
- Presentasi *Rapat Kerja Dinas Kesehatan Kota Denpasar*, 2017.
- Presiden Republik Indonesia. 2014. “Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014 tentang *Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*”. Jakarta, Indonesia.
- Rifaldi, M., Zid, M., & Sumargo, B. 2021. Causal Loop Diagram as Approaching Model Analysis in Increasing the Waste Volume at the Covid19 Pandemic Period. *Jurnal kesehatan lingkungan*, 13(3): 180-185.
- Simanullang, L. F., Amirah, A., & Aini, N. 2021. Analysis of Factors Affecting Nursing Services with Inpatient Satisfaction at Harapan/Pematangsiantar Hospital. *Journal of Asian Multicultural Research for Medical and Health Science Study*, 2(2), 54-64.
- Sugiyono. 2009. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan RAD*. Bandung.
- Sulistya, 2016. Aplikasi Sistem Dinamik pada Pengelolaan Limbah Padat Medis Fasilitas Kesehatan di Surabaya Timur. *Disertasi Magister, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Surat Edaran Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. SE.2/MENLHK/PSLDB.3/3/2020 Tentang *Pengelolaan Limbah Infeksius (Limbah B3) dan Sampah Rumah Tangga dari Penanganan Coronavirus Disease (Covid-19)*.
- Surat Edaran Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.S.167/menlhk/pslb3/plb.3/3/303 0 Tentang *Pengelolaan Limbah B3 Medis pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan Darurat Covid-19*.
- Surat Edaran Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No.S.167/menlhk/pslb3/plb.3/3/303 0 Tentang *Pengelolaan Limbah B3 Medis pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan Darurat Covid-19*.
- Sutha Irin, A. 2018. An analytical study on medical waste management in selected hospitals located in Chennai city. *Environmental and Waste Management and Recycling*, 1(1).
- Tsai, 2021. Analysis of medical waste management and impact analysis of COVID-19 on its generation in Taiwan. *Waste Management & Research 2021*, Vol. 39(1): 27–33.
- Undang-Undang Nomor 44 Tahun 2009 tentang *Rumah Sakit*.
- Webinar One Health. 2020. *INDOHUN-Indonesia One Health University Network*. Jakarta.
- Yulastari, N. M. E., Satriawan, I. K., & Sadyasmara, C. A. B. 2018. Sistem Dinamis Ketersediaan Dasing Sapi di Provinsi Bali. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri* ISSN, 2503, 488X.
- Yulian, R. P. 2016. Evaluasi Sistem Pengelolaan Limbah Padat (Medis dan Non Medis) RS DR. Soedirman Kebumen. *Doctoral dissertation, Universitas Negeri Semarang*.
- Resmawan., Nuha Rezka., Yahya. 2021. Analisis Dinamik Model Transmisi COVID-19 dengan Melibatkan Intervensi Karantina. *Jambura J. Math.* 3 (1): 66-79.