

ANALISIS RISIKO PENGELOLAAN LIMBAH INFEKSIUS RUMAH SAKIT BERDASARKAN PROFILNYA MENGGUNAKAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) UNTUK KUALITAS LINGKUNGAN YANG BERKELANJUTAN

NOVI FITRIA^{1,2*}, UMI HAMIDAH², HERLIAN ERISKA PUTRA², AGIE ADHITYA GUNAWAN¹, WISNU PRAYOGO³

1. Program Studi Kimia, Sekolah Tinggi Analis Bakti Asih, Jalan Padasuka Atas No.233 Bandung 40192, Indonesia
2. Pusat Riset Lingkungan dan Teknologi Bersih, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jalan Cisitu Lama Bandung 40135, Indonesia
3. Jurusan Pendidikan Teknik Bangunan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, 20221, Indonesia

Email: novi.fitria@brin.go.id

ABSTRAK

Pengelolaan limbah infeksius yang belum sesuai dengan peraturan serta sumber daya manusia yang belum tersertifikasi kompeten menjadi faktor terjadinya kegagalan dalam pengelolaan limbah medis. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis hubungan antara kesesuaian pengelolaan limbah infeksius rumah sakit dengan nilai risikonya. Hasil studi menunjukkan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Komponen severity (S), Occurrence (O) dan Detection (D) dalam FMEA menjadi variabel terukur dalam analisis risiko berupa nilai Risk Priority Number (RPN). Hasil studi menunjukkan kesesuaian pengelolaan limbah infeksius dari 5 rumah sakit bervariasi antara 22% - 76% dan mempengaruhi RPN dengan nilai ($r = 0,9402$), semakin rendah % pengelolaan limbah infeksius maka semakin tinggi RPNnya. Sedangkan jenis rumah sakit antara RSU dan RSK memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai RPN ($p\text{-value } 0,02 < 0,05$). Prioritas perbaikan perlu dilakukan di tempat penyimpanan sementara (TPS), sistem pengumpulan dan pemilahan limbah infeksius. Dengan perbaikan secara berkelanjutan menggunakan FMEA diharapkan dapat menekan dampak bahaya limbah infeksius bagi lingkungan.

Kata kunci: Analisis risiko, FMEA, Risk Priority Number, Limbah infeksius

ABSTRACT

Infectious waste management that has not been following regulations and human resources who have not been certified competent are factors in the failure of medical waste management. This study aimed to analyze the relationship between the appropriateness of hospital infectious waste management and the risk value. The results of the study show that the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) risk analysis method can be applied to hospital medical waste management. Severity (S), Occurrence (O) and Detection (D) components in FMEA become measurable variables in risk analysis in the form of Risk Priority Number (RPN). The results showed that the suitability of infectious waste management from 5 hospitals varied between 22% - 76% and affected the RPN with a value ($r = 0.9402$), the lower the % of infectious waste management, the higher the RPN. While the type of hospital between RSU and RSK has a significant influence on the RPN value ($p\text{-value } 0.02 < 0.05$). Priority improvements need to be made for temporary storage (TPS), infectious waste collection, and segregation systems. With continuous improvement using FMEA, it is hoped that it can reduce the impact of the dangers of infectious waste on the environment.

Keywords: Risk analysis, FMEA, Risk Priority Number, Medical waste

1. PENDAHULUAN

Salah satu isu pokok dalam pembangunan kesehatan di Indonesia adalah peningkatan pelayanan kesehatan, dimana upaya untuk mewujudkannya adalah dengan meningkatkan sarana dan prasarana fasilitas pelayanan kesehatan. Berakhirnya program Millennium Development Goals (MDGs) di tahun 2015 telah memberikan dampak positif terutama pada bidang kesehatan di Indonesia yaitu meningkatnya kesadaran isu kesehatan dan meningkatnya alokasi anggaran kesehatan. Berdasarkan Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN 2015-2019) target pencapaian MDGs Indonesia di bidang kesehatan masih menyisakan "unfinished business" yaitu : (1) Angka kematian ibu (AKI); (2) Angka kematian balita; (3) Angka kematian neonatal (AKN); (4) Human Immunodeficiency Virus (HIV); (5) Akses kesehatan reproduksi. Sedangkan pada program SDGs perhatian baru di bidang kesehatan meliputi: (1) penyalahgunaan narkotika dan alkohol; (2) kecelakaan lalu lintas; (3) penyakit tropis yang tidak tertangani seperti malaria, tuberculosis (TB), filariasis; (4) kontaminasi dan polusi air, udara dan tanah; (5) penanganan krisis dan kegawatdaruratan. Oleh karena itu penambahan sarana kesehatan menjadi salah satu upaya untuk memenuhi pencapaian target MDGs dan SDGs. Rumah sakit merupakan salah satu sarana kesehatan yang pertumbuhannya cukup tinggi setiap tahun. Estimasi jumlah rumah sakit di Indonesia untuk Rumah Sakit Umum (RSU) dan Rumah Sakit Khusus (RSK) pada tahun 2021 mengalami peningkatan sejak tahun 2017, dengan kenaikan 7% per tahun untuk RSU dan 8,7% per tahun (Kemenkes RI., 2021). Namun, peningkatan jumlah RS sebagai upaya pemenuhan kebutuhan sarana pelayanan kesehatan masyarakat berpotensi juga menghasilkan timbulan limbah medis yang semakin meningkat setiap tahunnya (Komilis et al., 2017; Korkut, 2018). Rumah sakit merupakan institusi pelayanan kesehatan yang menghasilkan timbulan limbah medis terbanyak apabila dibandingkan dengan sarana fasilitas kesehatan yang lainnya seperti puskesmas dan klinik kesehatan (Fitria dkk., 2018).

(Caniato, dkk., 2015) berkesimpulan bahwa negara berkembang dengan pendapatan "Low and Middle-Income Countries (LMIC)" melakukan pengelolaan limbah infeksius cenderung tidak lebih baik dibandingkan dengan negara yang memiliki pendapatan Upper middle – income ataupun negara dengan High – income), negara dengan LMIC melakukan praktek pengelolaan limbah infeksius tidak sesuai dengan prosedur dan prosedurnya pun belum sesuai dengan standar peraturan nasional serta membutuhkan bantuan sarana dan prasarana dalam mengelola limbah infeksiusnya. Penanganan timbulan limbah infeksius yang tidak sesuai dengan prosedur, dapat mengakibatkan timbulan limbah infeksius akan semakin meningkat, karena limbah domestik (general waste) dan limbah medis non-infeksius yang terkontaminasi dengan limbah infeksius akan berubah otomatis statusnya menjadi limbah infeksius. Kasus serupa juga terjadi pada rumah sakit di Bandung dimana pemisahan antara limbah medis infeksius dengan limbah medis non – infeksius tidak dilakukan sesuai dengan prosedur standar, sehingga keakuratan data timbulan limbah infeksius menjadi berkurang (Fitria & Damanhuri, 2017; Fitria, Damanhuri & Salami, 2018). Berdasarkan Kemenkes (2021), limbah medis yang tidak terolah di Indonesia, hampir setengahnya (33,83 Ton/hari) berasal dari rumah sakit di Jawa Barat. Di Propinsi Jawa Barat total jumlah rumah sakit adalah sebanyak 234 rumah sakit dan Kota Bandung memiliki jumlah rumah sakit terbanyak dengan 35 rumah sakit. Berdasarkan studi (Fitria, dkk., 2020) memberikan fakta bahwa pengelolaan limbah medis yang terkait dengan limbah infeksius di rumah sakit daerah Bandung belum sesuai dengan peraturan, sehingga bahaya dan potensi risiko dari pengelolaan limbah infeksius dapat dinilai. Selama Pandemi COVID-19 di Indonesia ditemukan beberapa kasus limbah medis yang dibuang di area umum seperti persawahan, perkebunan, sungai di Indonesia, tentu saja hal ini dapat memberikan potensi terhadap pencemaran lingkungan di Indonesia.

Menurut kajian yang dilakukan oleh Akpieyi (2015) diketahui dari kejadian kecelakaan pekerja yang terjadi 65% diantaranya adalah adanya kontak perawat dengan limbah tajam seperti tertusuk jarum suntik. Sedangkan kajian yang dilakukan oleh (Makajic-Nikolic dkk., 2016) analisis risiko pengelolaan limbah medis dilakukan dengan metode *Fault Tree Analysis (FTA)* dan dari hasil kajiannya ditemukan permasalahan dasar dari pengelolaan limbah medis berasal dari limbah yang terkena cairan tubuh seperti feses, darah, cairan tubuh lainnya seperti urine dan dahak. Probabilitas penularan penyakit yang ditimbulkan akan lebih tinggi dibandingkan limbah medis non infeksius. Selain dari sektor sumber limbah medis, elemen lain yang telah dikaji analisis risikonya adalah perusahaan pengangkut limbah medis menggunakan metode FMEA, terbukti dengan FMEA bentuk-bentuk kegagalan dalam proses pemindahan limbah medis dari tempat pembuangan sementara ke dalam mobil pengangkut limbah medis (Liao & Ho, 2014). Berdasarkan paparan di atas maka penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh profil rumah sakit terhadap nilai risiko pengelolaan limbah infeksius rumah sakit menggunakan metode FMEA.

2. METODE

Kajian yang dilakukan pada penelitian ini adalah literatur studi yang digabungkan dengan data observasi lapangan di Rumah Sakit di Kota Bandung yang dilakukan selama 7 hari. Dikarenakan risiko dalam pengelolaan limbah medis bersumber dari timbulan limbah medis infeksius maka bahasan pertama akan menganalisis timbulan limbah infeksius rumah sakit, kemudian perhitungan persentase kesesuaian pengelolaan limbah infeksius dengan metode check list) dan dilanjutkan dengan perhitungan risiko pengelolaannya dengan metode FMEA. Hubungan antara kedua variabel kemudian dihitung menggunakan korelasi pearson.

2.1 Observasi lapangan

Observasi lapangan yang dilakukan di dua area, yaitu rumah sakit area Bandung dan rumah sakit di Radboud University Netherlands. Untuk di area Bandung terdapat 5 rumah sakit yang dijadikan objek penelitian. Pengamatan dilakukan dengan membandingkan proses penanganan limbah medis mulai dari sumber hingga ke tempat pembuangan sementara (TPS). Fasilitas pelayanan kesehatan yang diamati pada penelitian tersedia pada Tabel 1 yang memuat informasi tipe rumah sakit dan jenis rumah sakit seperti Rumah Sakit Umum (RSU) atau Rumah Sakit Khusus (RSK). Sedangkan tipe rumah sakit ditentukan dari jenis layanan yang diberikan. Komponen yang diamati adalah kesesuaian pengelolaan limbah infeksius dan analisis risikonya di Tahun 2020-2022.

Tabel 1. Lokasi observasi lapangan rumah sakit di Kota Bandung

Objek	Tipe	Jenis	Jumlah Tempat tidur	Kepemilikan
RS AA	C	RSU	257	Swasta
RS BB	D	RSU	13	Pemerintah
RS CC	C	RSK	44	Swasta
RS DD	C	RSU	178	Swasta
RS EE	A	RSK	104	Pemerintah

2.2 Perhitungan persentase kesesuaian pengelolaan limbah infeksius dan nilai risikonya

Perhitungan persentase kesesuaian pengelolaan limbah infeksius disesuaikan dengan regulasi Permen LHK No. p.56/2015 menggunakan rumus pada persamaan (1) sedangkan untuk penilaian risikonya dengan metode FMEA tersedia pada persamaan (2):

$$\frac{\sum \text{parameter penilaian pengelolaan sesuai dengan PermenLHK}}{\sum 65 \text{ parameter penilaian pengelolaan standar PermenLHK}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Severity (S)} \times \text{Occurrence (O)} \times \text{Detection (D)} = \text{Risk Priority Number (RPN)} \quad (2)$$

Kategori penilaian Severity (S), Occurrence (O) dan Detection (D) tersedia pada tabel 2, Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 2. Usulan penentuan kriteria nilai Severity pada FMEA

Parameter	Kriteria	Nilai
Sangat berbahaya	Menyebabkan kematian yang diakibatkan oleh kecelakaan kerja	5
Berbahaya	Dapat menyebabkan luka (yang mengakibatkan cacat permanen) dan/atau berpotensi terpapar mikroorganisme patogen melalui luka tersebut	4
Cukup berbahaya	Dapat menyebabkan luka (namun tidak berdampak cacat permanen) dan/atau berpotensi terpapar mikroorganisme patogen melalui luka pada tubuh, sistem pernafasan	3
Kurang berbahaya	Dapat menyebabkan gangguan ringan pada tubuh dengan pemulihan < 3 hari	2
Sangat tidak berbahaya	Tidak ada efek	1

Tabel 3. Usulan penentuan kriteria nilai Occurrence pada FMEA

Parameter	Kriteria	Nilai
Sangat Tinggi	"Kejadian hampir tidak bisa dihindari" atau >16 kejadian/tahun (1: 20)	5
Tinggi	"Berulang kali terjadi" atau 8-15 kali kejadian /tahun (1 : 40)	4
Cukup tinggi	"Sesekali terjadi" atau 4-7 kali kejadian /tahun (1:80)	3
Rendah	"Jarang terjadi" atau 2-3 kali kejadian/tahun (1:160)	2
Sangat rendah	"Sangat jarang terjadi" atau 0-1 kali kejadian/tahun (1:320)	1

Tabel 4. Usulan penentuan kriteria nilai Detection pada FMEA

Parameter	Kriteria	Nilai
Sangat rendah	SOP tidak ada dan belum ada rencana untuk membuatnya	5
Rendah	SOP masih dalam tahap perencanaan	4
Cukup tinggi	SOP ada tetapi tidak dilaksanakan	3
Tinggi	SOP tersedia tetapi tidak dilaksanakan dengan konsisten	2
Sangat tinggi	SOP tersedia dan dilaksanakan dengan konsisten	1

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Potensi timbulan limbah rumah sakit di lokasi studi

Rumah sakit merupakan pusat pelayanan yang menghasilkan limbah medis terbanyak bila dibandingkan dengan pusat sarana kesehatan yang lainnya seperti puskesmas, atau patologi klinik (Patwary dkk., 2009). Limbah B3 yang teridentifikasi pada ruang rawat inap adalah limbah benda tajam berupa jarum suntik dan limbah non benda tajam seperti kapas, plester, pampers, sarung tangan plastik sekali pakai, masker, keteter, plaboot infus dan selang infus (yang bersifat infeksius).

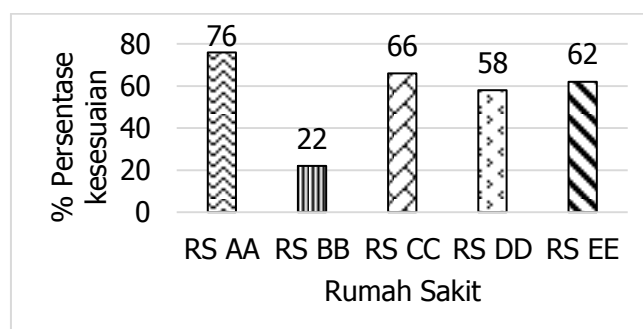
Limbah jarum suntik disimpan di *safety box*, namun terdapat dua rumah sakit yang tidak menggunakan *safety box*, mereka menggunakan kardus bekas dan kantong plastik biasa. Sedangkan limbah B3 non benda tajam ditempatkan di kantong plastik berwarna kuning dan kemudian ditempatkan pada wadah yang bertuliskan limbah medis. Limbah medis yang dihasilkan di rawat inap merupakan limbah infeksius dikarenakan mengandung darah dan cairan tubuh dari pasien yang berpotensi mengandung mikroorganisme patogen. Oleh karena itu, limbah medis yang bersumber dari rawat inap di wilayah studi dalam penimbangannya terbagi menjadi dua yaitu limbah infeksius dan limbah domestik. Hasil perhitungan timbulan limbah infeksius tersedia pada Tabel 5.

Tabel 5. Timbulan limbah infeksius di lokasi studi

RS	Total limbah* (kg/hari)	Limbah Domestik (kg/hari)	Limbah Infeksius (kg/hari)	Proporsi Limbah Infeksius (%)	Timbulan limbah infeksius (kg/TT/hari)	Timbulan limbah infeksius (kg/occ.TT/hari) atau (kg/pasien/hari)
RS AA	148±37	94±27	54±18	37±10	0,67±0,2	1,42±0,1
RS BB	29±3	27±2	3±2	9,0±5	0,11±0,07	0,23±0,1
RS CC	36±12,4	21±9	15±3	42±5	0,46±0,08	1,27±0,1
RS DD	115±4	72±9	43±6	32±5	0,25±0,05	0,75±0,2
RS EE	69±5	53±2	16±3	23±3	0,12±0,1	0,17±0,02
Rata-rata	79,4±12,3	53,4±9,8	26,2±6,4	28,6±5,6	0,322±0,1	0,768±0,21

3.2 Persentase Kesesuaian Pengelolaan Limbah Infeksius Rumah Sakit di Lokasi Studi

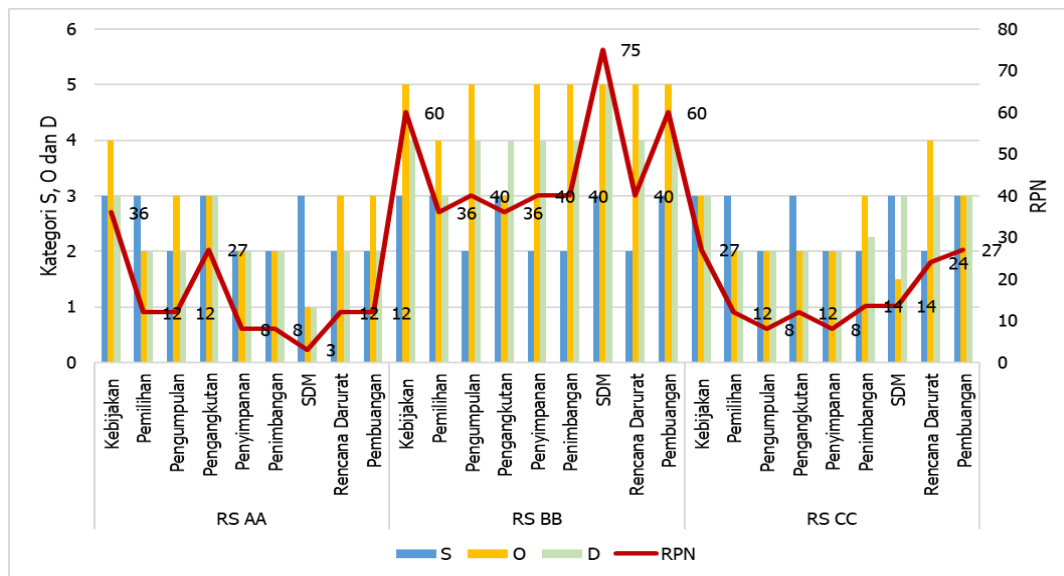
Pengelolaan limbah medis di setiap negara dipengaruhi oleh regulasi, kondisi ekonomi, sosial dan budaya sehingga implementasi pengelolaan limbah medis juga dapat bervariasi di setiap negara, namun secara umum tahap pengelolaan limbah medis yang sesuai peraturan (Gusca dkk., 2015) dan (Fitria dkk., 2018). Hal ini disebabkan tidak adanya proses sterilisasi dan minimnya lemari pendingin untuk mengurangi risiko tersebarnya penyakit menular dari limbah medis selama masa tunggu di TPS. Analisis risiko dapat memberikan masukan kepada pihak manajemen rumah sakit berdasarkan prioritas risiko serta rekomendasi yang disarankan menggunakan analisis akar permasalahan agar tidak mengeluarkan banyak anggaran. Pengelolaan limbah medis mulai dari proses pewadahan, pengangkutan hingga penyimpanan limbah medis, masih memerlukan banyak perbaikan dan improvisasi sehingga risiko yang ditimbulkan pasti ada. Pada lokasi studi, dari lima (5) rumah sakit di Bandung rata-rata persentase kesesuaiannya adalah 56,8% (Gambar. 1).



Gambar 1. Persentase kesesuaian pengelolaan limbah infeksius berdasarkan Permen LHK No 56 Tahun 2015 di lokasi studi

3.3 Total RPN berdasarkan Sistem Fungsional dan Profil Rumah Sakit

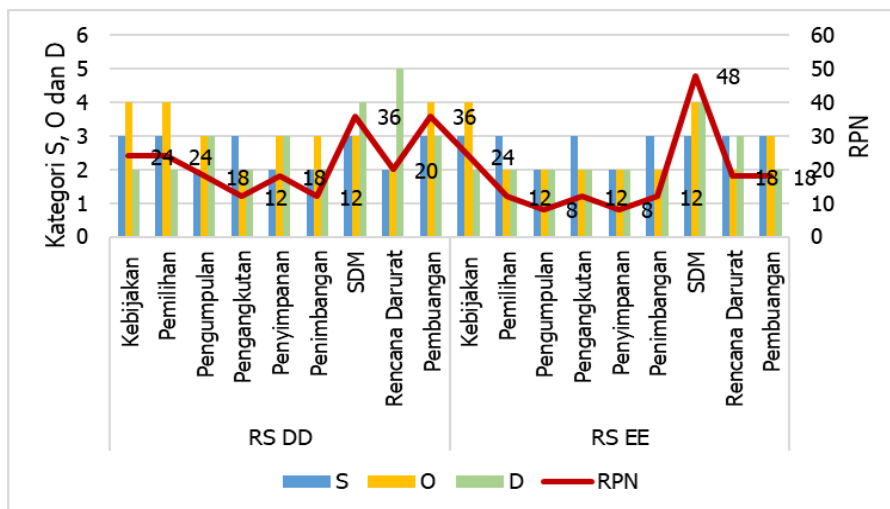
Perbandingan metode analisis risiko pengelolaan limbah infeksius secara kuantitatif mulai dikembangkan dan keunggulan dari FMEA adalah mampu memprioritaskan nilai risiko dan diperbaharui dengan cepat. Dalam proses analisis menggunakan FMEA terdapat beberapa studi melibatkan sistem fungsional pada proses pengelolaan limbah infeksius rumah sakit. Sistem fungsional tersebut dapat dipengaruhi oleh regulasi yang berlaku di suatu negara. Selain metode FMEA analisis risiko pada pengelolaan limbah infeksius dapat menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dan *A hazard and operability study* (HAZOP) (Liao dan Ho, 2014; Makajic-Nikolic dkk., 2016). Penilaian risiko dengan menggunakan metode FMEA dapat lebih komprehensif karena yang dinilai adalah dampak kegagalan, frekuensi kejadian dari kegagalan dan sistem kontrol yang digunakan dalam mendeteksi kegagalan tersebut. Penanganan, perbaikan dan tindakan rekomendasi pengelolaan limbah medis fokus pada sumber permasalahan yang terjadi di setiap proses. Di Indonesia analisis risiko secara kuantitatif dengan pendekatan metode FMEA pada pengelolaan limbah medis masih sangat terbatas kajiannya, dan dengan perbedaan regulasi serta perbedaan tingkat sosial, budaya dan ekonomi di negara lain, maka pengembangan framework pembuatan instrumen FMEA yang sesuai dengan kondisi rumah sakit di Indonesia dapat menjadi potensi penerapan analisis risiko. Hasil RPN pada studi ini tersedia pada Gambar 2 (RS AA, BB dan RS CC) dan Gambar 3 (RS DD dan RS EE).



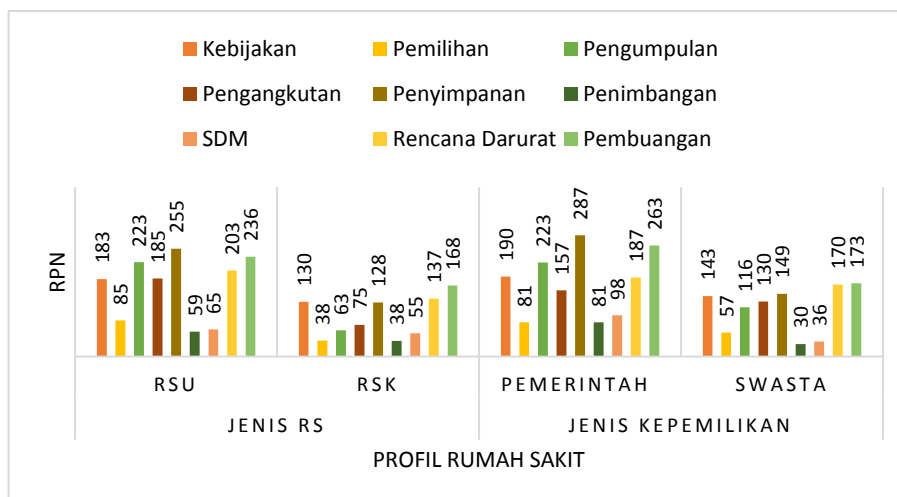
Gambar 2. Nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O) dan *Detection* serta RPN dari RS AA, RS BB dan RS CC

Nilai RPN menunjukkan perkalian dari nilai S, O dan D, diketahui dari Gambar 2 dan Gambar 3 RS BB memberikan nilai RPN yang tertinggi di sektor kebijakan, pengangkutan, SDM dan pembuangan. Rekap total RPN pengelolaan limbah infeksius tersedia pada Gambar 4. Terlihat bahwa sistem fungsional penyimpanan limbah infeksius di Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) RSU memberikan nilai RPN tertinggi dibandingkan dengan RSK dan begitupun pada jenis kepemilikan pemerintah memberikan nilai RPN lebih tinggi dibandingkan dengan rumah sakit swasta.

Analisis Risiko Pengelolaan Limbah Infeksius Rumah Sakit berdasarkan Profilnya menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (Fmea) untuk Kualitas Lingkungan yang Berkelanjutan



Gambar 3. Nilai Severity (S), Occurrence (O) dan Detection serta RPN dari RS DD dan RS EE



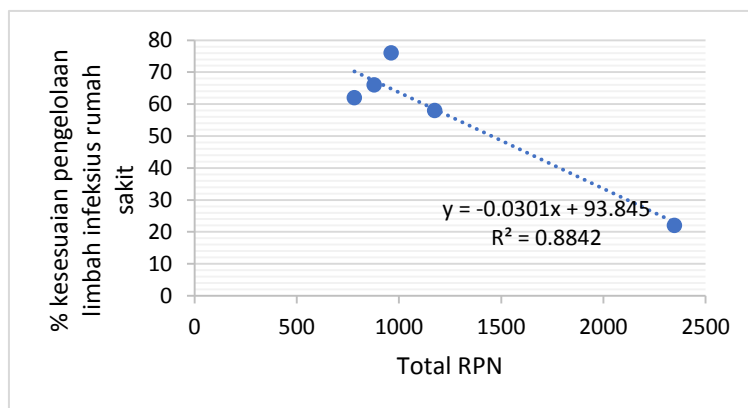
Gambar 4. Perbandingan nilai Total RPN berdasarkan profil rumah sakit

Terlihat bahwa sistem fungsional penyimpanan limbah infeksius di Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) RSU memberikan nilai RPN tertinggi dibandingkan dengan RSK dan begitupun pada jenis kepemilikan pemerintah memberikan nilai RPN lebih tinggi dibandingkan dengan rumah sakit swasta. Hasil uji T profil rumah sakit berdasarkan jenis rumah sakit memberikan nilai $p\text{-value}$ $0,02 < 0,05$ maknanya jenis rumah sakit mempengaruhi nilai RPN. Sedangkan berdasarkan jenis kepemilikannya diketahui nilai $p\text{-value}$ $0,06 > 0,05$, maknanya jenis kepemilikan rumah sakit perbedaan nilai RPN yang diberikan tidak berbeda signifikan. Hal ini membuktikan bahwa jenis rumah sakit lebih mempengaruhi nilai RPN dibandingkan jenis kepemilikannya. Hal ini bisa disebabkan karena RSU memiliki jenis pelayanan lebih banyak dibandingkan dengan RSK sehingga timbul limbah infeksius yang dihasilkan lebih tinggi.

3.4 Hubungan pengelolaan limbah infeksius rumah sakit dengan nilai RPN

Validitas dalam penelitian menyatakan derajat ketepatan alat ukur penelitian. Uji validitas digunakan untuk mengukur sah, atau valid tidaknya suatu kuesioner dengan menggunakan

teknik pengujian korelasi Pearson. Variabel yang akan diuji adalah untuk mengambil kesimpulan apakah % kesesuaian pengelolaan limbah infeksius rumah sakit berhubungan secara signifikan terhadap nilai RPN. Hasil uji validitas tersedia pada Gambar 5. Nilai R² = 0,8842 setara memiliki nilai koefisien korelasi (r) hitung sebesar 0,9403 jika dibandingkan dengan nilai r tabel nya yaitu 0,878 maka r hitung > r tabel menunjukkan adanya korelasi yang signifikan. Dengan kata lain semakin tinggi presentase kesesuaian pengelolaan limbah infeksius suatu rumah sakit, maka semakin rendah risiko yang ditimbulkan untuk berdampak pada kesehatan manusia dan lingkungan. Metode FMEA mempermudah dalam memprioritaskan pengelolaan limbah infeksius rumah sakit sehingga tidak berdampak bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Tabel rekomendasi hasil studi tersedia pada Tabel 6.



Gambar 5. Hubungan antara persentase kesesuaian pengelolaan limbah infeksius dengan nilai RPN

Tabel 6. Tindakan Rekomendasi Pengelolaan Limbah Infeksius Rumah Sakit

Sistem Fungsional	Total RPN	Prioritas	Tindakan Rekomendasi
Penyimpanan	287	1	Merancang anggaran untuk kelengkapan TPS dan SOP yang terkait
Pemilahan	81	3	Perencanaan SOP membagi limbah medis menjadi 4 kode warna
Pengumpulan	223	2	Mengutamakan keselamatan petugas dengan menyediakan <i>safety box</i> sesuai standar

4. KESIMPULAN

Risk Priority Number (RPN) dipengaruhi secara signifikan oleh jenis rumah sakit dengan p value < 0,05. Pengembangan *framework* dan instrumen penilaian risiko pada penelitian ini terdiri dari : (1) penggunaan peraturan Permen LHK No. p.56/2015 sebagai standar evaluasi pengelolaan limbah infeksius rumah sakit dan penentuan 9 (sembilan) sistem fungsional proses pengelolaan limbah infeksius; (2) penambahan variabel profil rumah sakit dalam sampel sebagai dasar inventarisasi failure modes; (3) penentuan kategori nilai *severity*, *occurrence* dan *detection* dengan skala 1-5; (4) dilakukan uji coba instrumen FMEA; (5) uji validasi instrumen FMEA. Hasil uji validasi instrumen FMEA menunjukkan hubungan yang signifikan antara % kesesuaian pengelolaan limbah infeksius dengan nilai RPN dimana koefisien korelasi (r) 0,9403. Dapat disimpulkan instrumen FMEA dapat diaplikasikan untuk menilai risiko pengelolaan limbah infeksius rumah sakit di Indonesia serta mempermudah penyusunan rekomendasi perbaikannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Akpieyi, A., Tudor, T. L., & Dutra, C. (2015). The utilisation of risk-based frameworks for managing healthcare waste: A case study of the National Health Service in London. In *Safety Science* (Vol. 72, pp. 127–132). <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.08.014>
- Al-Omran, K., Khan, E., Ali, N., & Bilal, M. (2021). Estimation of COVID-19 generated medical waste in the Kingdom of Bahrain. *Science of the Total Environment*, 801, 149642. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149642>
- Asante, B. O., Yanful, E., & Yaokumah, B. E. (2014). Healthcare Waste Management; its Impact: A Case Study of the Greater Accra Region, Ghana. *SSRN Electronic Journal*, 3(3), 106–112. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2410909>
- Caniato, M., Tudor, T., & Vaccari, M. (2015). International governance structures for health-care waste management: A systematic review of scientific literature. *Journal of Environmental Management*, 153, 93–107. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.01.039>
- Cheng, Y. W., Li, K. C., & Sung, F. C. (2010). Medical waste generation in selected clinical facilities in Taiwan. *Waste Management*, 30(8–9), 1690–1695. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.04.006>
- Cheng, Y. W., Sung, F. C., Yang, Y., Lo, Y. H., Chung, Y. T., & Li, K. C. (2009). Medical waste production at hospitals and associated factors. *Waste Management*, 29(1), 440–444. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2008.01.014>
- E.E., C., M., A., S., H., J., C., B., A., & N.K., D. (2022). Healthcare waste management and occupational health of health workers in developing countries during the era of the COVID-19 pandemic. *Safety and Health at Work*, 13(Supplement), S4–S5. <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2021.12.717>
- Fitria, N., Damanhuri, E., & Salami, I. R. S. (2018). Evaluation of hospital infectious waste management in Bandung region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 160(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/160/1/012012>
- Fitria, N., Damanhuri, E., & Salami, I. R. S. (2020). Evaluation of hospital infectious waste management (HIWM) implementation based on applicable regulations in Bandung. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 483(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/483/1/012026>
- Fitria, Novi, & Damanhuri, E. (2017). A review study of infectious waste generation and the influencing factors in medical waste management. *Advanced Science Letters*, 23(3), 2236–2238. <https://doi.org/10.1166/asl.2017.8706>
- Fitria, Novi, Damanhuri, E., & Salami, I. R. S. (2018). Assessment of Infectious Waste Management Practices at Hospital with Excellent Accreditation Level in Bandung, Cimahi and East Jakarta, Indonesia. *MATEC Web of Conferences*, 147, 1–7. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201814708004>
- Frank, J. J., Poulakos, A. G., Tornero-Velez, R., & Xue, J. (2019). Systematic review and meta-analyses of lead (Pb) concentrations in environmental media (soil, dust, water, food, and air) reported in the United States from 1996 to 2016. *Science of the Total Environment*, 694, 133489. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.295>
- Franka, E., El-Zoka, A. H., Hussein, A. H., Elbakosh, M. M., Arafa, A. K., & Ghenghesh, K. S. (2009). Hepatitis B virus and hepatitis C virus in medical waste handlers in Tripoli, Libya. *Journal of Hospital Infection*, 72(3), 258–261. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2009.03.019>
- Goswami, M., Goswami, P. J., Nautiyal, S., & Prakash, S. (2021). Challenges and actions to the environmental management of Bio-Medical Waste during COVID-19 pandemic in India. *Heliyon*, 7(3), e06313. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06313>

- Gusca, J., Kalnins, S. N., Blumberga, D., Bozhko, L., Khabdullina, Z., & Khabdullin, A. (2015). Assessment Method of Health Care Waste Generation in Latvia and Kazakhstan. *Energy Procedia*, 72, 175–179. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.06.025>
- Kemenkes RI. (2016). *Profil Kesehatan Indo-nesia*.
- Komilis, D., Fouki, A., & Papadopoulos, D. (2012). Hazardous medical waste generation rates of different categories of health-care facilities. *Waste Management*, 32(7), 1434–1441. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.02.015>
- Komilis, D., Makroleivaditis, N., & Nikolakopoulou, E. (2017). Generation and composition of medical wastes from private medical microbiology laboratories. *Waste Management*, 61, 539–546. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.01.033>
- Korkut, E. N. (2018). Estimations and analysis of medical waste amounts in the city of Istanbul and proposing a new approach for the estimation of future medical waste amounts. *Waste Management*, 81, 168–176. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.10.004>
- Lemma, H., Asefa, L., Gameda, T., & Dhengesu, D. (2022). Infectious medical waste management during the COVID-19 pandemic in public hospitals of West Guji zone, southern Ethiopia. *Clinical Epidemiology and Global Health*, 15(March), 101037. <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2022.101037>
- Liao, C. J., & Ho, C. C. (2014). Risk management for outsourcing biomedical waste disposal - Using the failure mode and effects analysis. *Waste Management*, 34(7), 1324–1329. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.03.007>
- Maamari, O., Brandam, C., Lteif, R., & Salameh, D. (2015). Health Care Waste generation rates and patterns: The case of Lebanon. In *Waste Management* (Vol. 43, pp. 550–554). <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.05.005>
- Makajic-Nikolic, D., Petrovic, N., Belic, A., Rokvic, M., Radakovic, J. A., & Tubic, V. (2016). The fault tree analysis of infectious medical waste management. *Journal of Cleaner Production*, 113, 365–373. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.11.022>
- Novi, F., Enri, D., Indah, R. S. S., Venny, U. B., & Yati, S. (2018). Generation and Proportion Assessment of Hospitals Infectious Waste in Bandung Region Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 73. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20187307018>
- Patrício Silva, A. L., Prata, J. C., Walker, T. R., Duarte, A. C., Ouyang, W., Barcelò, D., & Rocha-Santos, T. (2021). Increased plastic pollution due to COVID-19 pandemic: Challenges and recommendations. *Chemical Engineering Journal*, 405(July 2020), 126683. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.126683>
- Sastry, S., Masroor, N., Bearman, G., Hajjeh, R., Holmes, A., Memish, Z., Lassmann, B., Pittet, D., Macnab, F., Kamau, R., Wesangula, E., Pokharel, P., Brown, P., Daily, F., Amer, F., Torres, J., O’Ryan, M., Gunturu, R., Bulabula, A., & Mehtar, S. (2017). The 17th International Congress on Infectious Diseases workshop on developing infection prevention and control resources for low- and middle-income countries. *International Journal of Infectious Diseases*, 57, 138–143. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2017.01.040>
- Taghipour, H., & Mosaferi, M. (2009). Characterization of medical waste from hospitals in Tabriz, Iran. In *Science of the Total Environment* (Vol. 407, Issue 5, pp. 1527–1535). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.11.032>
- Viliani, F., Edelstein, M., Buckley, E., Llamas, A., & Dar, O. (2017). Mining and emerging infectious diseases: Results of the Infectious Disease Risk Assessment and Management (IDRAM) initiative pilot. *Extractive Industries and Society*, 4(2), 251–259. <https://doi.org/10.1016/j.exis.2016.08.009>
- Xin, Y. (2015). Comparison of hospital medical waste generation rate based on diagnosis-related groups. *Journal of Cleaner Production*, 100, 202–207. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.056>