

Persepsi Mahasiswa Keperawatan Tentang Eskalasi Tenaga Perawat <i>Rendi Ariyanto Sinanto¹, Vivi Retno Intening²</i>	001-013
Risiko kesehatan Pb dan Hg pada sayuran di desa Kopeng Kabupaten Semarang <i>Indira Casheila Anindityo¹, Nur Endah Wahyuningsih², Yusniar Hanani Darundiati³</i>	014-026
Analisis Pelaksanaan Program Indonesia Sehat Dengan Pendekatan Keluarga (Pispk) Dalam Capaian Indeks Keluarga Sehat Di Kabupaten Brebes Tahun 2020 Studi Pada Puskesmas Kluwut Kabupaten Brebes <i>Rizky Aprianti Lestari¹ dr. Antono Suryoputro¹ Dr. dr. Apoina Kartini. M. Kes¹</i>	027-040
Disiplin Keselamatan dan Kesehatan Kerja melalui pemakaian alat pelindung diri di laboratorium kimia PT Sucofindo Jakarta <i>Susan Endah Kartikasari¹, Tatan Sukwika²</i>	041-050
Perbedaan Pengetahuan Anemia dan Tablet Tambah Darah (TTD) Sebelum dan Sesudah Pendidikan Kesehatan Melalui Media Video dan Aplikasi Quizlet <i>Devita Sari¹, Gisely Vionalita²</i>	051-057
Tingkat Pengetahuan Dan Perilaku Mahasiswi Mengenai Legalitas Dan Keamanan Kosmetik <i>Hani Sri Fitriani, Rizki Siti Nurfitri</i>	058-068
Evaluasi Manajemen Dokumen Rekam Medis Di Filing Aktif Rumah Sakit Swasta Kabupaten Semarang <i>Bobby Anggara Laksana Putra¹, Retno Astuti Setjaningsih²</i>	069-079
Tingkat Pengetahuan Gizi Seimbang dan Profil Kesehatan Sopir Bus Antar Kota <i>Vilda Ana Veria Setyawati¹, Bayu Yoni Setyo Nugroho¹</i>	080-087
Pengaruh Pengetahuan Dan Motivasi Kerja Terhadap Penerapan Early Warning Score System Di Rsup H Adam Malik <i>Ita Riahna Pinem¹, Zulfendri², Siti Saidah Nasution³</i>	088-097
Analisis Penelusuran Masker Sebagai Protokol Kesehatan Saat Pandemi Covid-19 Di Indonesia: Studi Google Trends <i>Ulyy Febra Kusuma¹, Nurunnisa Arsyad², Melissa Shalimar Lavinia³, Selvia Rahayu⁴, M. Khairul Kahf⁵, Rizma Adllia Syakurah⁶</i>	098-108
Perilaku Hidup Bersih Dan Sehat (Phbs) Dengan Kejadian Sakit Pada Siswa Sekolah Dasar Di Kabupaten Banyumas <i>Windri Lesmana Rubai¹, Pramesthi Widya Hapsar², Katri Andirini Surijati³</i>	109-118
Identifikasi Risiko Gangguan Muskuloskeletal Pada Pekerja Percetakan Dengan Metode Nordic Body Map <i>Octavianus Hutapea¹, Moch.Sahr², Rustam Basuki³</i>	119-126
Literatur review: Implementasi Bauran Pemasaran 7P Terhadap Tingkat Kepuasan Pasien Di Rumah Sakit <i>Desi Natalia Marpaung¹ Ernawaty² Diansanto Prayoga³ Syifa'ul Lailiyah⁴</i>	127-137
Kelengkapan Informasi Medis Untuk Mendukung Kodifikasi Penyakit Jantung Guna Mewujudkan Kualitas Data Informasi Medis Di Rumah Sakit Islam Sultan Agung Semarang <i>Dyah Ernawati¹, Ratna Rifatul Ulya², Arif Kurniadi³</i>	138-150
Kajian Faktor Kendala Dokter Tidak Menggunakan Aplikasi Wifi Tb Di Kota Semarang <i>Arif Kurniadi¹, Evina Widianawati², Dyah Ernawati³</i>	151-157
Analisis Pelaksanaan Program Penanggulangan Tuberkulosis Paru Di Puskesmas Purwoyoso Kota Semarang <i>Nahari Ratu Cempaka Willis¹ Hardi Warsono² M. Sakundarno Adi³</i>	158-173
Hubungan Penggunaan Alat Pelindung Diri (Apd) Dengan Kadar Sgot Dan Sgpt Dalam Darah Pada Petani Padi <i>Iga Maliga, Rafi'ah</i>	174-181
Faktor Risiko Kejadian Stunting Pada Balita di Wilayah Kerja Puskesmas Pandan Kabupaten Sintang <i>¹Agustini Elisabet, ²Elvi Juliansyah</i>	182-192
Peran Suami Dan Petugas Kesehatan Dengan Deteksi Dini Kanker Serviks <i>Christina Leasa,¹ Mariene Wiwin Dolang¹</i>	193-199
Analisis Penerapan Protokol Kesehatan terhadap Tingkat Kepatuhan Pada Pekerja informal Selama Pandemi Covid-19 <i>MG Catur Yuantari¹, Enny Rachman², Eti Rimawati¹, Sri Handayani¹, Edi Jaya Kusuma²</i>	200-208
Peran Pengawas Minum Obat Dan Pendampingan Berobat Ulang Dengan Keberhasilan Pengobatan Tb Paru <i>Taswin¹), Izan¹), Wahyuddin¹), Dahmar¹</i>	209-217
Faktor Determinan Sosial Dan Gambaran Kejadian Post Traumatic Syndrome Disorder (Ptsd) Pasca Banjir Di Dki Jakarta Dan Bekasi Tahun 2020 <i>Thresya Febrianti¹, Nurfadhillah², Mitha Nurhjanah³, Tiara Kautsa Aliefya⁴</i>	218-225
Perbedaan Pola Makan Pada Balita Stunting Dan Tidak Stunting Di Kecamatan Teon Nila Serua (Tns) Kabupaten Maluku Tengah <i>Trixie Leunupun¹, Ani Margawati², Annastasia Ediat³</i>	226-231
Gambaran Pengelolaan Rekam Medis Rawat Inap Di Rsud Syekh Yusuf Kab. Gowa Tahun 2019 <i>Zilfadhilah Arranury[*], Surahmawati, Muhammad Rusmin, Tri Addya Karini, Dian Rezki Wijaya, Ranti Ekasari, Jihan Sulfitri</i>	232-246
Analisis Risiko Kesehatan dalam Pemanfaatan Kembang Limbah Sludge Industri Makanan PT. X <i>Sri Slamet Mulyati¹, Fajar Sihite²</i>	247-255



Volume 20, Nomor 1, April 2021

Ketua Redaksi

Dr. Drs. Slamet Isworo, M.Kes

Penyunting

Enny Rachmani, SKM, M.Kom, Ph.D

Fitria Wulandari, SKM, M.Kes

Sekretariat

Lice Sabata, SKM

Desain dan Layout

Puput Nur Fajri, SKM

Alamat Redaksi

Fakultas Kesehatan Universitas Dian Nuswantoro Jl. Nakula I No. 5-11 Semarang

Telp/fax. (024) 3549948

email : visikes@fkes.dinus.ac.id

website : <http://publikasi.dinus.ac.id/index.php/visikes/index>

VisiKes diterbitkan mulai Maret 2002

Oleh Fakultas Kesehatan Universitas Dian Nuswantoro

Analisis Risiko Kesehatan dalam Pemanfaatan Kembali Limbah *Sludge* Industri Makanan PT. X

Sri Slamet Mulyati,¹ Fajar Sihite,²

¹ Poltekkes Kemenkes Bandung., Jl. Pajajaran No. 56 Bandung 40171, Jawa Barat, Indonesia.

Tel.: 022-4231639, email: srislamet@staff.poltekkesbandung.ac.id

² Poltekkes Kemenkes Bandung., Jl. Pajajaran No. 56 Bandung 40171, Jawa Barat, Indonesia.

Tel.: 022-4231639, email: fajarsihite1@gmail.com

ABSTRACT

Background: PT X's Wastewater Treatment Plant produced sludge as a by-product. This study aim to see the sludge Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) test will be reused, how the risk was to human health through an Environmental Health Risk Analysis study, and how the product quality was. **Method:** The population in this study was sludge. The sample in this study was part of the sludge tested according to the leaching or TCLP test. The research subjects were employees with a certain body and work period who were predicted to receive health risks in the utilization of sludge. **Results:** The results showed that the TCLP Sludge values were 0.009 mg / L, Ba 0.33 mg / L, Copper 0.18 mg / L, Fluoride 2.10 mg / L, and ZnO 1.78 mg / L. The calculation of risk or Risk Quotient (RQ) for the 4 parameters tested by the Toxicity Characteristic Leaching Procedure is <1, meaning that it does not pose a non carcinogenic risk. Cancer excess or ECR obtained from risk agents such as an ECR value of 1.1×10^{-4} . **Conclusion:** The results of the TCLP waste test as a whole did not exceed the quality standards set by the government. The results of the risk analysis showed that the TCLP value of the four parameters did not pose a non-carcinogenic risk but had a carcinogenic risk for the As parameter. The product quality of PT.X's sludge waste takes care of the requirements for water absorption and compressive strength for certain categories

Keywords: karsinogenik, non karsinogenik, bata-beton

PENDAHULUAN

Setiap kegiatan akan menghasilkan produk samping atau limbah. *Sludge* merupakan limbah semi padat yang dihasilkan dari proses pengolahan limbah. Proses pengolahan limbah secara biologis akan mengadsorpsi dan mengkonversi material organik menjadi biomassa atau *sludge*. Kontaminan utama *sludge* adalah logam berat, organisme patogen, material organik, dan sumber kontaminan sistem pengelolaan limbah umum.¹

PT. X merupakan salah satu industri makanan. Perusahaan ini bergerak di bidang pengolahan bahan baku makanan seperti beras merah, gandum, susu dan sebagainya yang selanjutnya diproduksi menjadi makanan

bernutrisi untuk ragam usia. Proses yang terjadi dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT.X selain menghasilkan hasil air buangan yang memenuhi standar juga mengeluarkan hasil samping berupa *sludge*. *Sludge* ini dihasilkan dari bak DAF (Dissolved Air Flotation) pada saat pemisahan padatan dan cairan. *Sludge* yang sudah terpisah ditampung di dalam *Sludge Holding Tank* untuk selanjutnya dilakukan pengolahan awal (*pre-treatment*) pada *Belt Press*.

Sludge termasuk katagori limbah B3. Limbah B3 merupakan zat, energi, dan/atau komponen lain yang karena sifat, konsentrasi, dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusak lingkungan hidup, dan/atau

membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, serta kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lain.²

Berdasarkan regulasi tersebut, *sludge* yang akan dimanfaatkan harus dipastikan aman bagi kesehatan manusia dan juga lingkungan. Beberapa penelitian sebelumnya baru fokus membahas pemanfaatan *sludge* dari berbagai industri yang berbeda menjadi produk tertentu.

Salah satu industri makanan telah memanfaatkan limbah *sludge* yang dihasilkannya untuk menjadi bahan baku kompos.³ Sementara penelitian lainnya membahas tentang pemanfaatan *sludge* industri karet sebagai bahan substitusi pembuatan bata beton.⁴

Untuk memastikan limbah *sludge* bersifat toksik atau tidak, beberapa penelitian melakukan uji TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*). TCLP adalah prosedur laboratorium untuk memprediksi potensi pelindian B3 dari suatu limbah.

Produk panel dinding hasil pemanfaatan limbah B3 industri minyak dan gas diuji TCLP terlebih dahulu. Hasil uji menunjukkan bahwa produk dinding panel mempunyai nilai TCLP di bawah baku mutu yang ditetapkan pemerintah dalam PP No. 85 tahun 1999.⁵ Uji TCLP juga dilakukan dalam penelitian lainnya. Hasil uji TCLP limbah B3 abu batubara (*fly ash dan bottom ash*) pada penelitian tersebut menunjukkan nilai di bawah baku mutu yang ditetapkan pemerintah.⁶

Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan hadir sejalan dengan konsep *Environmental Protection Agency* (EPA). Analisis risiko

melakukan evaluasi terhadap kesehatan masyarakat dan peduli terhadap lingkungan.⁷ Dampak potensi bahaya dari bahan-bahan fisik, kimia, mikrobiologi, maupun psikososial yang ada di lingkungan dapat diestimasi melalui kajian analisis risiko ini. Potensi bahaya yang diestimasi tidak saja yang merugikan kesehatan manusia tetapi juga yang merugikan sistem ekologi.⁸ Adanya potensi bahaya yang dihasilkan dari setiap kegiatan termasuk industri, harusnya menghasilkan kebijakan yang tidak hanya menguntungkan melainkan aman bagi kesehatan masyarakat dan juga lingkungan. Sekecil apa pun konsentrasi logam berat hasil uji TCLP yang terkandung dalam *sludge* berbagai industri, dapat diprediksi risikonya terhadap kesehatan melalui pendekatan analisis risiko. Atas dasar tersebut penulis tertarik untuk melakukan penelitian analisis risiko kesehatan, tidak terbatas pada nilai uji TCLP dan kualitas produk yang dihasilkannya. Diketahui bahwa dalam penelitian ini, *sludge* industri makanan PT.X dimanfaatkan untuk membuat bata-beton.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah deskriptif dengan pendekatan analisis risiko kesehatan lingkungan. Populasi dalam penelitian terdiri atas manusia dan lingkungan. Populasi lingkungan adalah *sludge* hasil pengolahan IPAL Industri makanan PT.X. Sampel lingkungan adalah sebagian *sludge* yang diuji karakteristik pelindiannya (uji TCLP).

Subjek penelitian adalah masyarakat pegawai sekitar dengan berat badan dan masa kerja tertentu yang diprediksi akan menerima

risiko kesehatan dalam pemanfaatan *sludge*. Perhitungan risiko hanya dihitung berdasarkan data-data yang tersedia, bersumber pada nilai default USA EPA yang disesuaikan untuk karakteristik penduduk Indonesia. Nilai ini akan menggambarkan peluang risiko kesehatan dari pegawai apabila terpapar *sludge* yang mengkontaminasi lingkungan (air, makanan) lewat jalur pajanan oral. Berikut langkah-langkah perhitungan untuk: (1) intake atau asupan As, Ba, Fluoride, dan ZnO (intake)

$$I = \frac{C \cdot R \cdot t_e \cdot f_e \cdot D_t}{W_b \cdot t_{avg}}$$

Dengan pengertian:

I : Intake (asupan), jumlah risk agent yang diterima individu per satuan berat badan setiap hari (mg/kg/hari), C : Konsentrasi *Risk agent sludge*, As, Ba, Fluoride, dan ZnO (mg/), R : Laju asupan (mg/L atau mg/Kg), t_e : Waktu pajanan per hari (jam/hari), f_e : Frekuensi pajanan tahunan (hari/tahun), D_t : Durasi

pajanan, real time atau 30 tahun proyeksi, W_b : Berat badan (kg), t_{avg} : periode waktu rata-rata, 30 tahun x 365 hari/tahun, (nonkarsinogenik) atau 70 tahun x 365 hari/tahun (karsinogenik). Selanjutnya (2) perhitungan risiko (*Risk Quotient*) disingkat RQ, yang dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$RQ = \frac{\text{intake} \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg/hari}} \right)}{RfD \left(\frac{\text{mg}}{\text{kg/hari}} \right)}$$

Apabila hasil uji TCLP untuk setiap parameter uji (As, Ba, Fluoride, dan ZnO) mempunyai nilai $RQ \leq 1$, berarti belum berisiko non karsinogenik apabila *sludge* yang dimanfaatkan mengekspos pegawai lewat pajan oral.

HASIL

Hasil uji TCLP limbah *sludge* pengolahan WWT (*Wastewater Treatment*) PT.X dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji TCLP

Parameter	Hasil Uji (mg/L)	Baku Mutu (mg/L)
Arsen (As)	0,009	5
Barium (Ba)	0,33	100
Fluoride	2,10	150
Copper	0,18	10
Nitrat-Nitrit	1,17	1000
Zinc Organic	1,78	50
Cadmium (Cd)	<0,02	1
Mercury (Hg)	<0,001	0,2

Hasil uji pelindian (TCLP) untuk parameter As mempunyai konsentrasi paling rendah, sedangkan Fluoride mempunyai konsentrasi paling tinggi. Keduanya masih di bawah baku mutu yang dipersyaratkan. Parameter Cd dan Hg mempunyai nilai kisaran

(tidak angka mutlak), Nitrat-Nitrit merupakan nilai parameter gabungan. Sementara parameter yang akan dianalisis risikonya adalah yang bentuknya *single exposure* dan mempunyai angka atau konsentrasi yang mutlak (bukan kisaran). Selain itu parameter

yang akan dianalisis adalah bersifat non karsinogenik dan karsinogenik berdasarkan data IRIS (*Integrated Risk Information System*) US-EPA.

Untuk melakukan analisis risiko diperlukan ketersediaan data seperti

konsentrasi, antropometri dan nilai acuan apabila tidak ada kecukupan data. Berikut ini nilai Default Exposure Factors (US-EPA) yang dimodifikasi:

Tabel 2. *Default Exposure Factors* (US-EPA) Modifikasi

Land Use	Exposure Pathway	Daily Intake	Exposure Frequency	Exposure Duration	Body Weight
Industri & Komersial	Air minum Tanah & debu Inhalasi	1 L 50 mg 20 m ³ (hari kerja)	250 hari/tahun	25 tahun	55Kg (BB dewasa Indonesia)

Data-data tersebut yang akan dipergunakan untuk memprediksi risiko kesehatan pada pegawai apabila terpajan oleh limbah *sludge* melalui pajanan oral.

PEMBAHASAN

Identifikasi Hazard

Tahapan pertama analisis risiko adalah melakukan identifikasi hazard. Potensi bahaya dari Arsen diantaranya menyebabkan hiperpigmentasi, keratosis dan kemungkinan komplikasi vaskular. Arsen mengekspos manusia lewat jalur pajanan oral, bisa melalui air yang diminum maupun lewat makanan. Potensi bahaya dari Barium dan komponennya adalah menyebabkan *nephropathy*, istilah medis yang digunakan untuk mendefinisikan kerusakan ginjal yang bisa berakibat gagal ginjal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *nephropathy* terkait dengan pajanan oral melalui air minum yang terkontaminasi Barium chlorida. Potensi bahaya dari Fluoride adalah fluorosis gigi yang tidak menyenangkan atau disebut sebagai efek kosmetik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fluorosis terkait dengan pajanan oral melalui air minum yang

terkontaminasi fluoride. Potensi bahaya dari Zinc dan komponennya adalah menyebabkan penurunan kadar Cu Eritrosit dan Superoxide Dismutase (*ESOD*). Penurunan *ESOD* ini merupakan kondisi antioksidan intrasel yang mengalami penurunan fungsinya untuk menangkal gangguan oksidan, oxidative stress pemicu kanker.⁹

Analisis Dosis Respon

Analisis dosis respon atau penilaian toksisitas adalah menetapkan kuantitas toksisitas *risk agent* untuk setiap spesi kimianya. Adapun toksisitas dinyatakan sebagai: 1) Dosis referensi (*RfD* atau *RfC*) untuk efek-efek nonkarsinogenik dan 2) *Cancer Slope Factor (CSF)* untuk efek-efek karsinogenik. Nilai-nilai dosis referensi menggunakan metode *benchmarking*. Secara lengkap nilai *RfD/RfC* dan *CSF* untuk 4 parameter yang diuji adalah sebagai berikut : (1) *RfD* Arsen 3E-4 mg/kg-day, *CSF* 1.5E+0 per (mg/kg)/day, (2) *RfD* Barium 0.2 mg/kg-day, (3) *RfD* Fluoride 6E-2 mg/kg/day, dan (4) *RfD* Zinc Organic 0.3 mg/kgday.

Analisis Pajanan dan Karakterisasi Risiko

Penilaian pajanan terhadap empat risk agent yaitu As, Ba, Fluoride dan Zinc Organic adalah melalui jalur oral yang masuk melalui minuman (*drinking water*) baik yang berisiko kanker maupun non kanker. Penilaian risiko kanker hanya dilakukan pada risk agent As. Penilaian risiko pada risk agent lainnya tidak dilakukan karena ketidakcukupan data-data di penelitian sebelumnya dalam data IRIS US-EPA. Untuk risk agent yang berisiko menimbulkan gangguan kronis (non kanker) dilakukan perhitungan intake kemudian

membandingkannya dengan dosis aman (RfD). Sedangkan untuk risk agent yang berisiko menimbulkan kanker (karsinogenik) dilakukan perhitungan intake kemudian mengalikannya dengan dosis aman (CSF). Dari perhitungan ini akan diperoleh nilai *Risk Quotient* (RQ) dan Risiko karsinogenik dinyatakan sebagai *Excess Cancer Risk (ECR)*. Berikut adalah hasil perhitungan Intake dari masing-masing risk agent melalui pajanan oral:

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Intake Risk Agent*

Risk agent Sludge	C mg/L	IR L/hari	Ed Thn	Ef Hari/thn	W Kg	At Hari/thn	Intake mg/kg/hr	RQ/ECR
Arsen	0,009	1	25	250	55	30x365 Karsinogenik 70x365	0,0000934 0,000073	0,311333 1,1x10 ⁻⁴
Barium	0,33	1	25	250	55	30x365	0,003425	0,017125
Fluoride	2,10	1	25	250	55	30x365	0,021793	0,363217
Zinc Organic	1,78	1	25	250	55	30x365	0,018472	0,061573

Nilai RQ tertinggi didapat pada risk agent Fluoride dan nilai RQ terendah didapat pada risk agent Ba. Urutan besar risiko dari yang terkecil sampai terbesar adalah Fluoride > As > ZnOrganic > Ba. Secara keseluruhan risk agent belum menimbulkan risiko non karsinogenik karena nilai RQ < 1. Ekses kanker atau ECR didapat pada risk agent As dengan nilai ECR **1,1x10⁻⁴**. Nilai ini menunjukkan bahwa dalam 10.000 populasi diprediksi terdapat penambahan kasus kanker sebanyak 2 orang. Akan ada risiko kanker pada pegawai dengan berat badan 55 Kg atau kurang apabila dalam jangka waktu 30 tahun terpapar *risk agent* As sebesar 0,009 mg/L yang terdapat

pada limbah sludge yang mengkontaminasi air minum.

Pada prinsipnya analisis risiko ini akan menghasilkan sebuah informasi yang bersifat kualitatif maupun kuantitatif. Informasi yang didapat akan berguna dalam berbagai situasi nantinya seperti membangkitkan kepedulian terhadap potensi bahaya maupun dalam pengambilan keputusan oleh para *decision makers*.¹⁰ Analisis risiko yang dilakukan dalam pemanfaatan limbah *sludge* ini juga memberikan informasi yang bermanfaat dalam pengambilan keputusan nantinya. Secara hitungan kuantitatif limbah *sludge* ini belum berisiko non karsinogenik apabila dimanfaatkan dalam jangka waktu kurang lebih

30 tahun lamanya walaupun mengeskpos pegawai dengan berat badan 55 Kg atau kurang lewat jalur oral melalui air yang diminumnya. Namun demikian untuk risiko karsinogenik seperti disebutkan sebelumnya, sudah berisiko. Informasi kehati-hatian dan kepedulian akan potensi bahaya karsinogenik perlu dikomunikasikan, dan inilah manfaat analisis risiko. Konsentrasi hasil uji TCLP pada media uji (*sludge*) yang kecil belum tentu tanpa risiko walaupun uji kualitas produk dari *sludge* tersebut untuk beberapa parameter memenuhi persyaratan.

Tingginya konsentrasi pelindian melalui uji TCLP ini akan terkait dengan metode pengolahan limbah yang dilakukan. Sebuah penelitian menunjukkan bahwa senyawa $Pb(CO)_3$ dan $Pb(OH)_2$ yang diberikan perlakuan solidifikasi dengan semen Portland pada perbandingan 1:1:1 (semen :pasir:limbah padat), dapat dikatakan tidak terjadi pelindian. Pb atau konsentrasi hasil uji TCLP masih di bawah baku mutu yang disyaratkan.¹¹ Penelitian sejenis terhadap senyawa $Cu(OH)_2$ dan $Pb(OH)_2$ juga menunjukkan bahwa perlakuan solidifikasi semen Portland dengan perbandingan 1:1 menyebabkan tidak terjadinya pelindian.¹² Hasil TCLP yang fluktuatif juga ditunjukkan dalam penelitian lainnya. Semakin banyak limbah yang digunakan dalam proses solidifikasi, produk panel dinding yang diuji menunjukkan peningkatan konsentrasi lindinya, namun ada juga yang mengalami penurunan.⁽⁵⁾ Ada juga penelitian terkait uji TCLP namun tidak ke arah produk yang dihasilkan melainkan murni hanya ingin

mengetahui dampak dari TCLP tersebut terhadap kesehatan dan lingkungan. Penelitian tersebut melakukan uji TCLP pada area tanah yang diduga terkontaminasi limbah Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) pada radius 500 m. dan di lokasi yang terkontaminasi limbah itu sendiri. Hasil uji menunjukkan bahwa limbah tersebut tidak mencemari tanah dan air tanah di dalamnya. Hal ini ditunjukkan dengan nilai pelindian yang masih di bawah baku mutu yang disyaratkan sebagai limbah B3 katagori B.¹³ Beberapa logam berat yang dianalisis pelindiannya diantaranya adalah Arsen, Chromium, dan Cadmium.

Pemanfaatan limbah *sludge* industri makanan PT.X dalam penelitian ini adalah menjadikannya produk bata beton. Uji TCLP juga dilakukan dalam penelitian ini, namun dilakukan hanya pada limbah *sludgenya* saja, tidak menguji bersamaan dengan bahan pencampurnya sehingga tidak diketahui hasil TCLP sebelum dan sesudah diberi bahan campuran. Uji produk hanya dilihat dari kuat tekan dan daya serap air. Hasil uji statistik menunjukkan terdapat perbedaan kualitas kuat tekan pada bata beton setelah diberikan perlakuan dengan perbedaan komposisi *sludge*. Begitu juga hasil uji statistik untuk daya serap bata beton, menunjukkan perbedaan yang bermakna diantara berbagai komposisi *sludge*. Perlakuan 1 dengan rasio Sludge: Portland Cement: Pasir (1.512 gram: 2.520 gram: 5.040 gram) menunjukkan kuat tekan memenuhi syarat, dan masuk kedalam kategori kelas IV berdasarkan kuat tekan rata-rata minimum dengan nilai 39,26 kg/cm²

sedangkan berdasarkan kuat tekan bruto benda uji minimum masuk kategori kelas III dengan salah satu benda uji memiliki kuat tekan sebesar 46,67 kg/cm². Daya serap perlakuan 1 juga memenuhi syarat dengan nilai penyerapan 19,23%. Sejalan dengan penelitian lain yang juga memanfaatkan limbah B3 abu batubara, produk bata beton berlubang dalam penelitian ini menunjukkan kekuatan tekan sebesar 24,15 kg/cm², termasuk kedalam mutu IV dan dapat digunakan untuk dinding non struktural yang terlindung dari pengaruh cuaca. Kedua penelitian tersebut menunjukkan kualitas bata beton yang memenuhi syarat untuk parameter tertentu. Namun demikian analisis risiko kesehatan yang dilakukan, baru pada penelitian di industri makanan PT.X ini.

SIMPULAN DAN SARAN

Delapan parameter yaitu Arsen (As), Barium (Ba), Fluoride, Copper, Nitrat-Nitrit, Zinc Organic, Cadmium (Cd), dan Mercury (Hg) yang diuji masih menunjukkan nilai TCLP di bawah baku mutu yang dipersyaratkan sebagai limbah B3. Empat parameter yaitu As, Ba, Fluoride dan Zinc Organic dengan analisis risiko kesehatan belum menunjukkan risiko non karsinogenik apabila limbah *sludge* yang dimanfaatkan dalam waktu minimal 30 tahun mengkontaminasi sumber air minum dan mengekspos pegawai/masyarakat dewasa sekitar industri tersebut melalui pajanan oral. Sementara kandungan As dalam limbah *sludge* berdasarkan analisis risiko kesehatan, sudah berisiko karsinogenik apabila limbah *sludge* yang dimanfaatkan dalam waktu minimal 30 tahun mengkontaminasi sumber air

minum dan mengekspos pegawai/masyarakat dewasa sekitar industri tersebut melalui pajanan oral. Kualitas produk dari limbah sludge PT.X memenuhi syarat untuk daya serap air dan kuat tekan katagori tertentu. Perlu kehati-hatian dan penyampaian informasi yang benar sesuai hasil analisis ketika akan memanfaatkan limbah *sludge* sebagai produk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Di ucapkan terima kasih kami sampaikan kepada industri makanan PT X yang sudah bersedia bekerjasama dalam kegiatan penelitian, dan pihak lain secara langsung dan tidak langsung memberikan dukungan untuk penelitian ini.

KONTRIBUSI PENULIS

Penelitian ini dilakukan atas kerjasama dua penulis yaitu SSM dan FS. Penulis SSM mengerjakan desain penelitian, menulis hasil penelitian, menulis draf awal naskah. Penulis SSM dan FS bekerja sama untuk mengelola analisis penelitian. Penulis SSM mengelola literatur dan membuat koreksi draf akhir. Kedua penulis membaca dan menyetujui draf akhir.

PENDANAAN

Biaya uji Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) didukung sepenuhnya oleh industri makanan PT X.

PERNYATAAN ETIK

Penelitian ini tidak memerlukan pernyataan etik.

KETERSEDIAAN DATA

Semua data penelitian yang relevan dan informasi pendukung disertakan dalam artikel. Studi ini membantu peneliti mengungkap area kritis, terutama di area estimasi risiko kesehatan pada manusia yang terekspos polutan lingkungan.

1. Andreoli CV, Fernandes F. Biological Wastewater Treatment Series. Vol. 6. 2007. 1–258 p.
2. Kementerian Lingkungan Hidup. Pengelolaan Limbah B3. 2014;(November):1–14.
3. Cahyadi D. Pemanfaatan Limbah Lumpur (Sludge) Wastewater Treatment Plant PT.X Sebagai Bahan Baku Kompos. JTM. 2016;05 No.1:31–6
4. Rusliansyah; Rahman, Fauzi; Maimun Z. Pemanfaatan Limbah Sludge IPAL PT BSKP Sebagai Bahan Substitusi Pembuatan Bata Beton. Info Tek. 2012;13(1):72–81.
5. Hakim L, Prihatmaji YP, Yulianto A, Willyam D, Wilaksono A, Ardi B. Produksi Panel Dinding Bangunan Tahan Gempa dan Ramah Lingkungan dari Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun Industri Minyak dan Gas. J Sains & Teknologi Lingkung. 2010;2(2):97–110.
6. Ash FLY, Bottom DAN, Yang ASH, Lingkungan R. Bata Beton Berlubang Dari Abu Batubara (Fly Ash Dan Bottom Ash) Yang Ramah Lingkungan. J Tek Sipil dan Perenc. 2013;15(1):87–96.
7. Agency USEP. Science and decisions:

KONFLIK KEPENTINGAN

Semua penulis setuju bahwa tidak ada kepentingan yang bersaing dan penelitian dilakukan sesuai dengan kode etik yang berlaku

DAFTAR PUSTAKA

- Advancing risk assessment. The National Academies Press. 2009. 1–403 p.
8. Environmental Health Risk Assessment Guidelines for assessing human health risk from environmental hazards.; Commonwealth of Australia. 2012
9. Agency US. EPA. Integrated Risk Information System. 2020.
10. Rovins, J.E., Wilson, T.M., Hayes, J., Jensen, S.J., Dohaney, J., Mitchell, J., Johnston, D.M., Davies A. Risk Assessment Handbook [Internet]. GNS Science Miscellaneous Series 84. 2015. 71 p. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Gustavo-Shiroma2/publication/264382926_P-band_polarimetric_and_non_polarimetric_SAR_interferometry_terrain_modeling_with_short_and_long_baselines/links/53da91960cf2a19eee899057.pdf
11. Ardeniswan. Uji Pendahuluan Pemanfaatan Gas Karbondioksida Untuk Simulasi Pengolahan Limbah Cair Yang Mengandung Logam Berat Timah Hitam [Internet]. 2012. p. 32–7. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Gustavo-Shiroma2/publication/264382926_P-band_polarimetric_and_non_polarimetric_and_non

polarimetric_SAR_interferometry_terrain_modeling_with_short_and_long_baselines/links/53da91960cf2a19eee899057.pdf

12. Ardeniswan. Uji Pelindian Senyawa-Senyawa Tembaga dan Timah Hitam Setelah Stabilisasi/Solidifikasi dengan Semen Portland Menggunakan Rotary

Agitator. 2010. p. 84–91.

13. Rini IDWS, Gunawan A, Arobi AI. Pengujian Logam Berat pada Tanah Terkontaminasi Air Limbah PLTD di Petung, Kalimantan Timur. SPECTA J Technol. 2019;2(2):19–26.