

Evaluasi Fungsi Insinerator dalam Memusnahkan Limbah B3 di Rumah Sakit TNI Dr. Ramelan Surabaya

Jahn Leonard Saragih dan Welly Herumurti

Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: herumurti@enviro.its.ac.id

Abstrak—Pengelolaan limbah padat B3 di Rumah Sakit TNI Angkatan Laut Dr. Ramelan sangat penting diperhatikan karena dapat berdampak buruk apabila tidak dikelola dengan baik. Oleh sebab itu diperlukan adanya penelitian untuk mengidentifikasi jumlah timbulan dan penanganan limbah padat B3, mengevaluasi manajemen, penyimpanan sementara serta mengevaluasi proses insinerasi. Evaluasi fungsi insinerator di Rumah Sakit TNI Angkatan Laut Dr. Ramelan dilakukan dengan meneliti jumlah timbulan limbah B3, kapasitas pembakaran insinerator, suhu pembakaran insinerator, densitas limbah dan abu pembakaran, dan tes TCLP residu pembakaran insinerator Rumah Sakit TNI Angkatan Laut Dr. Ramelan. Dalam penelitian ini, Rumkital Dr. Ramelan memusnahkan limbah dengan insinerator. Limbah B3 yang dihasilkan Rumkital Dr. Ramelan dimusnahkan dengan satu insinerator dengan type KAMINE TYPE BDR-INC 10. Limbah yang dimusnahkan di Rumkital Dr. Ramelan berasal dari Rumkital Dr. Ramelan dan Lantamal Perak. Setelah dilakukan penelitian langsung selama 14 hari berturut-turut, didapatkan bahwa rata-rata timbulan limbah B3 di Rumkital Dr. Ramelan adalah 89.98 Kg/hari dan dengan densitas rata-rata limbah ialah 166,67 kg/m³. Tingkat removal dari pembakaran limbah dengan insinerator di Rumah Sakit TNI Angkatan Laut Dr. Ramelan ialah 82,63%. Pengelolaan abu sisa insinerator Rumkital Dr. Ramelan belum sesuai dengan peraturan yang berlaku dan dari penelitian yang dilakukan yaitu pengujian kandungan abu insinerator, solidifikasi abu insinerator dengan perbandingan semen:abu adalah 1:3 dan uji TCLP, didapatkan bahwa limbah abu sisa insinerator Rumah Sakit TNI Angkatan Laut Dr. Ramelan Surabaya, dapat ditimbun pada landfill kategori I sesuai dengan Keputusan Kepala Bapedal No.4 Tahun 1995.

Kata Kunci—insinerator, Limbah padat B3, pengelolaan, Rumah Sakit TNI Angkatan Laut (Rumkital) Dr. Ramelan, Solidifikasi

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

PERATURAN Pemerintah No.18 tahun 1999 menyatakan bahwa setiap orang yang melakukan usaha dan/atau kegiatan yang menggunakan bahan berbahaya dan beracun (B3) dan/atau menghasilkan limbah B3 wajib mengelola limbahnya mulai dari sumber penghasil hingga pemusnahannya [1].

Limbah B3 didefinisikan sebagai limbah padat atau kombinasi dari limbah padat yang karena jumlah, konsentrasinya, sifat fisik, kimia maupun yang bersifat infeksi yang dapat menyebabkan kematian dan penyakit yang tidak dapat pulih, yang substansinya dapat membahayakan bagi

kesehatan manusia atau lingkungan [2]. Sedangkan limbah rumah sakit merupakan definisi yang lebih luas dengan mengacu pada semua limbah yang dihasilkan oleh rumah sakit, baik itu limbah yang menular dan yang tidak menular, limbah infeksius, limbah kimia dan limbah yang tidak berbahaya [3].

Pemusnahan limbah medis rumah biasanya dilakukan dengan pembakaran di insinerator, tetapi yang sering jadi masalah ialah emisi udara dari insinerator tersebut yang dapat mencemari udara apabila tidak memiliki pengendalian udara yang baik. Insinerasi merupakan proses pembakaran yang terorganisir untuk mengurangi limbah padat sehingga berbentuk abu dan dilakukan netralisasi dan solidifikasi abu hasil bakaran dan dikuburkan didalam tanah [4]. Insinerator dapat mereduksi massa limbah sebesar 70% dan mereduksi volume sampai 90%. Proses pengoperasian insinerator juga sangat berpengaruh pada eektivitas dari pemusnahan limbah medis rumah sakit sehingga diperlukan standar pengoperasian yang baik. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengoperasian insinerator antara lain dimulai dari alat peindung diri (APD) dari karyawan yang bertugas, durasi pengumpulan limbah dari setiap ruang rumah sakit, pengemasan limbah, durasi dan sistem pembakaran termasuk pengoperasian insinerator dalam suhu tinggi (>1000°C), serta penanganan terhadap abu sisa insinerator [5].

II. TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan Peraturan Pemerintah no.18 tahun 1999 dijelaskan bahwa limbah bahan beracun dan berbahaya (limbah B3) adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat, konsentrasinya, atau jumlahnya yang secara langsung maupun tidak langsung dapat mencemari lingkungan hidup dan membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia serta makhluk hidup yang lain.

Limbah medis adalah limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit dalam bentuk padat, cair, dan gas [6]. Limbah Padat B3 terdiri dari limbah infeksius, limbah patologi, limbah benda tajam, limbah farmasi, limbah sitotoksis, limbah kimiawi, limbah radioaktif, limbah container bertekanan, limbah dengan kandungan logam berat yang tinggi. Pengelolaan limbah rumah sakit mengacu pada Permenkes 1204 Tahun 2004 ini.

Setiap limbah yang tergolong kedalam limbah B3 harus memiliki pengelolaan khusus agar tidak menimbulkan dampak negative bagi lingkungan sekitar limbah B3 tersebut.

Pengelolaan limbah B3 meliputi dari reduksi, pewadahan, pengumpulan, penyimpanan sementara, pengolahan, dan pemusnahan / penimbunan.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan EPA, insinerator merupakan teknologi terbaik yang saat ini digunakan dalam pemusnahan limbah rumah sakit dan teknologi yang paling banyak digunakan pada saat ini. Keuntungan utama penggunaan insinerator ialah bahwa insinerator dapat secara drastis mengurangi volume limbah, menghancurkan bakteri patogen, dan zat organik yang berbahaya [7].

Sebelum menggunakan insinerator dalam pemusnahan limbah medis, menurut Keputusan Kepala Bapedal No.3 Tahun 1995, sebuah rumah sakit harus memiliki data-data spesifikasi antara lain nama pabrik pembuat incinerator, jenis incinerator, kapasitas pembakaran, temperatur operasi, waktu tinggal, laju umpan limbah, kapasitas blower, efisiensi pembakaran, *destruction rate efficiency*, tinggi cerobong, diameter cerobong, kecepatan gas saat keluar dari cerobong, dan akses oksigen pada cerobong.

Penentuan sifat racun untuk identifikasi limbah ini dapat menggunakan baku mutu konsentrasi TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*) pencemar organik dan anorganik dalam limbah sebagaimana yang tercantum dalam Lampiran II Peraturan Pemerintah 18/1999.

Apabila limbah mengandung salah satu pencemar yang terdapat dalam Lampiran II, dengan konsentrasi sama atau lebih besar dari nilai dalam Lampiran II tersebut, maka limbah tersebut merupakan limbah B3. Bila nilai ambang batas zat pencemar tidak terdapat pada Lampiran II tersebut maka dilakukan uji toksisitas.

III. METODE PENELITIAN

A. Kerangka Penelitian

Metode Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan antara lain ide studi, studi literatur, persiapan peralatan dan bahan, survey/pengumpulan data, analisa data, Evaluasi/Pembahasan, dan laporan akhir dari evaluasi fungsi insinerator dalam memusnahkan limbah B3 Rumah Sakit Angkatan Laut Dr. Ramelan Surabaya.

Evaluasi kondisi ini adalah proses perbandingan perlakuan di lapangan dengan peraturan yang ada dalam studi literature yang ada. Dalam hal ini meliputi hal-hal berikut:

1. Jenis Limbah Padat B3 yang dimusnahkan
2. Insinerasi limbah padat B3 per hari
3. Residu pembakaran
4. Temperatur pembakaran
5. Kontinuitas insinerator

B. Evaluasi Insinerator

Penelitian dilakukan selama 14 hari berturut-turut (10 hari jam kerja). dilakukan pengamatan di incinerator dan mencatat semua limbah yang datang baik dari Rumah Sakit TNI Angkatan Laut Dr. Ramelan maupun dari fasilitas kesehatan mitra. Dalam pengamatan ini dilakukan penimbangan limbah yang datang, pewadahnya dan pola pengangkutannya.

Tabel 1.
Komposisi Bahan Solidifikasi

| Perbandingan PC I dan Bottom ash | Total Massa dalam 1 Kg Campuran | |
|--|------------------------------------|-----------------|
| | PC I (gr) | Bottom ash (gr) |
| 75:25 | 750 | 250 |
| 50:50 | 500 | 500 |
| 25:75 | 250 | 750 |

Pengamatan insinerator antaralain mencatat suhu insinerator mulai dari dihidupkan hingga pengoperasian insinerator dihentikan. Pencatatan suhu dilakukan setiap 5 menit dan mencatat semua perlakuan pada incinerator.

Setelah itu dilakukan pengecekan residu yang dihasilkan, yaitu apabila yang dihasilkan berupa non abu (tidak terbakar sempurna) dilakukan pembakaran ulang limbah medis tersebut, sebaliknya apabila dihasilkan berupa abu, dilakukan penimbangan kemudian melakukan tes *leaching* TCLP di laboratorium untuk mengetahui kelayakan pembuangan.

Pengujian TCLP dilakukan pada abu insinerator setelah dilakukan pengambilan abu insinerator Rumkital Dr. Ramelan yang telah mencapai suhu >1000°C selama 3 hari berturut-turut, dilakukan uji TCLP dengan melakukan solidifikasi lebih dahulu. Adapun langkah-langkah yang dilakukan:

1. Membuat cetakan benda uji yang dibuat dari pipa PVC dengan diameter 5cm dan tinggi 5cm.
2. Membuat benda uji antara campuran semen dengan abu sisa insinerator dengan perbandingan komposisi antara semen dan abu insinerator seperti pada Tabel 1. Proses pembuatan benda uji berdasarkan SNI 03-2834-2000 yaitu tata cara pembuatan campuran beton normal, dimana perbandingan pembuatannya 1:2 (Air : (Semen + Abu)) dengan kuat tekanan 35 MPa atau 350 kg/cm². Bahan ditimbang dengan menggunakan neraca analitik dan bahan dimasukkan kedalam baskom tempat mencampur semen dengan abu insinerator dan diaduk hingga merata.
3. Air ditambahkan kedalam baskom dengan perbandingan antara air dan adonan ialah 1:2, sehingga air yang ditambahkan ialah 500gr. Adonan diaduk hingga merata dengan menggunakan sekop semen.
4. Adonan yang telah jadi dimasukkan kedalam cetakan yang diletakkan diatas plastik dan adonan diusahakan sepadat mungkin pada cetakan.
5. Benda uji dibiarkan selama beberapa jam hingga kering lalu dikeluarkan dari cetakan.
6. Lalu dilakukan proses curing. Proses curing adalah suatu proses dimana kondisi diatur sehingga proses hidrasi dapat berjalan maksimum dengan menjaga kelembaban. Proses *moist curing* 28 hari mengacu pada SNI 03-2834-2000 sedangkan *moist curing* 14 hari sebagai pembandingan. Proses curing atau perawatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah proses moist curing yang dilakukan selama 28 hari. Teknik proses moist curing yang dilakukan di dalam penelitian ini adalah:
 - a) Disiapkan satu bak plastik.
 - b) Bak diisi dengan air setengah penuh.

- c) Diletakkan benda uji di atas kasa yang berada dibawahnya adalah kawat.
 - d) Ditutup dengan bak yang berisi air dan benda uji dengan plastik dan diikat dengan tali raffia untuk mencegah kontak langsung dengan udara luar sehingga kelembaban tetap terjaga.
7. Dilakukan pengujian kandungan pertama pada sampel setelah 14 hari di curing pengujian kedua pada sampel setelah 28 hari di curing.
8. Pengujian benda dengan TCLP. Uji TCLP dilakukan pada benda yang telah disolidifikasi untuk mengetahui pencemar yang dapat lepas dalam suatu limbah yang telah disolidifikasi dan untuk mengetahui sifat toksik, lalu hasil pengujian dibandingkan dengan baku mutu. Prosedur uji TCLP yang digunakan dalam penelitian ini adalah:
1. Pembuatan sampel
 - a. Sampel di oven selama ±24jam untuk mengurangi kadar air sampel.
 - b. Mengambil sampel masing-masing sebanyak 12,5gram dengan memotong sampel lalu ditimbang dengan timbangan.
 - c. Masukkan 5 gr sampel ke botol agitator.
 2. Pembuatan Cairan ekstraksi

Rumus yang digunakan untuk mengetahui vol cairan ekstraksi ialah = 20 x berat padatan. jadi cairan ekstraksi yang dibutuhkan ialah = 20 x 12.5 = 250
 3. Cairan ekstraksi
 - a. Disediakan 3 beker glass 250ml
 - b. Aquades ditambahkan ke beker glass hingga 250ml
 - c. CH₃COOH ditambahkan ke beker berisi aquades sebanyak 2,5 ml hingga pH cairan 4,93 ± 0,05 dengan pipet ukur.
 4. Rotasi dan Agitasi

Masukkan cairan ekstraksi ke dalam botol plastik berbahan Polyethylene (botol agitator) yang telah berisi sampel ditambahkan larutan. Selanjutnya dilakukan proses rotasi dan agitasi dengan menggunakan alat rotation agitator. Prinsip alat ini adalah dengan menghasilkan suatu putaran dengan arah vertical. Proses rotasi-agitasi ini dilakukan dengan kecepatan putaran mesin pada alat rotation agitation sebesar 30 rpm ± 18 jam.
 5. Analisa Sampel

Pemeriksaan konsentrasi logam menggunakan AAS. AAS adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengukur kandungan logam berat suatu sampel larutan. Parameter yang dianalisa adalah logam berat yang terkandung pada lumpur yaitu Mercury, Plumbum, Cadmium, Chroom, Cooper, Zinc. Sampel yang diuji TCLP ialah sampel yang memiliki perbandingan abu:semen ialah 3:1.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Beban insinerator atau limbah medis yang dimusnahkan di insinerator Rumah Sakit TNI Angkatan Laut Dr. Ramelan (Rumkital Dr. Ramelan) Surabaya berasal dari Operasional

Rumkital Dr. Ramelan dan dari Lantamal Perak TNI Angkatan Laut Surabaya. Limbah yang datang ke tempat penyimpanan sementara (TPS) tidak ditimbang beratnya sehingga saat penelitian, dilakukan penimbangan langsung oleh peneliti. Adapun massa limbah yang menjadi beban insinerator yang menjadi beban insinerator Rumkital Dr. Ramelan yang didapatkan dengan penimbangan 14 hari (10 hari jam kerja) dari tanggal 14 - 18 Januari 2013 dengan total 539,8 Kg dan 21- 25 Januari 2013 dengan total 360 Kg adalah seperti pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Rata-rata berat limbah medis yang menjadi beban insinerator Rumkital Dr. Ramelan dari hasil penelitian adalah 89,98 kg/hari. Adapun limbah medis dari Lantamal Perak mengirim limbahnya 2 minggu sekali dengan berat limbah ± 80kg. Pengumpulan limbah di Rumkital Dr. Ramelan dilakukan oleh seorang petugas dalam 3 kali dalam satu hari, yaitu pada jam 06.00, 09.00, dan 13.00. Jenis dan karakteristik limbah yang dimusnahkan di insinerator Rumkital Dr. Ramelan ialah limbah infeksius, limbah patologi, limbah, benda tajam, limbah farmasi, limbah sitotoksis, limbah kimia, limbah kandungan logam berat, dan wadah bertekanan.

Limbah yang dikemas di plastik dengan berat rata-rata 3kg dengan dimensi plastik limbah:

P = 30cm = 0,3 m, T = 40cm = 0,4 m, L = 15cm = 0,15 m
dari data diatas dapat dihitung volume kemasan limbah:

$$\begin{aligned} \text{vol limbah} &= P \times L \times T \\ &= 0,3\text{m} \times 0,4\text{m} \times 0,1\text{m} = 0,018\text{m}^3 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan volume limbah, dapat dihitung densitas limbah:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{\text{massa}}{\text{volume}} \\ \rho &= \frac{3\text{kg}}{0,018\text{m}^3} \\ \rho &= 166,67\text{kg/m}^3 \end{aligned}$$

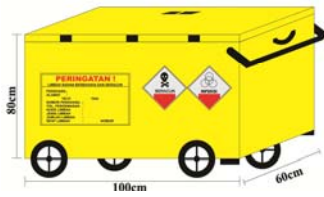
jadi, dari data diatas dihitung rata-rata harian volume limbah yang dihasilkan oleh Rumkital Dr. Ramelan adalah:

$$\begin{aligned} \text{volume} &= \frac{\text{massa rata-rata harian}}{\rho} \\ \text{volume} &= \frac{89,98 \text{ kg/hari}}{166,67 \text{ kg/m}^3} \\ \text{volume} &= 0,56 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

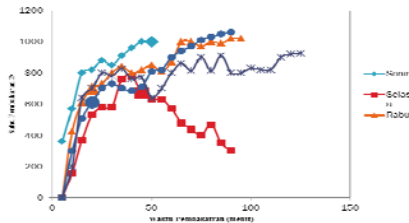
Hasil perhitungan didapatkan bahwa insinerator Rumkital Dr. Ramelan Surabaya masih bisa menangani beban limbah yang dihasilkan karena memiliki insinerator dengan kapasitas ruang bakar 1 m³/jam. TPS Limbah B3 Rumkital Dr. Ramelan dibagi menjadi 3 Sekat (kamar) yang dipisahkan dengan beton dengan panjang masing-masing sebesar 1,42m x 2,1 m dan telah diberi simbol dan label. TPS Rumkital Dr. Ramelan dibagi menjadi:

1. Limbah medis dan majun bekas.
2. Oli bekas, abu insinerator, dan lumpur IPAL.
3. Lampu bekas dan baterai bekas (Accu bekas)

Pengemasan limbah dari Rumkital Dr. Ramelan sudah dalam keadaan baik, dimana limbah medis sudah diikat didalam



Gambar 1. Saran Wadah Limbah Medis Untuk Pengangkutan dari Lantamal Perak



Gambar 2. Perbandingan Suhu dengan Lama Pembakaran Insinerator Minggu 2

wadah plastik dan dikumpulkan dengan troli limbah yang tertutup dan terbuat dari stainless steel. Pengangkutan limbah dari Lantamal Perak belum sesuai dengan Permenkes No.1024 Tahun 2004, dimana plastik limbah medis hanya diletakkan didalam mobil tanpa ada wadah khusus dan limbah yang dimasukkan kedalam plastik yang berukuran sangat besar, sehingga pada saat akan dimusnahkan di insinerator, limbah medis dari Lantamal Perak harus dibongkar kembali dan akan mengeluarkan bau yang sangat menyengat. Pengangkutan limbah medis yang berasal dari Lantamal Perak Surabaya sebaiknya menggunakan wadah limbah HDPE berbentuk kotak 480 liter seperti pada Gambar 1. yang dapat dimasukkan kedalam mobil pengangkut limbah, dan meletakkan langsung limbah yang berasal dari ruang kesehatan tanpa dikumpulkan di satu kantong plastik yang besar agar mempermudah petugas saat limbah akan diinsinerator.

Pemusnahan limbah medis di Rumkital Dr.Ramelan dilakukan dengan dibakar pada insinerator dengan suhu 1000 °C. Insinerator yang dimiliki Rumkital Dr. Ramelan adalah KAMINE TYPE BDR-INC 10. Pembakaran limbah dilakukan selama lima hari dari senin-jumat, mulai jam 08.00 WIB sampai 11.30 WIB dan limbah yang datang setelah jam 11.30 disimpan didalam TPS. Perbandingan Suhu dengan Lama Pembakaran Insinerator Minggu 2 seperti pada Gambar 2.

Residu yang dihasilkan dari pembakaran insinerator tidak dikeluarkan setiap hari, sehingga kapasitas ruang bakar bisa berkurang karena abu yang berada di ruang bakar insinerator. Di Rumkital Dr. Ramelan Surabaya, pengambilan abu dilakukan setiap hari senin pagi sebelum dilakukan pembakaran. Abu yang diambil dari tungku bakar dan ruang abu dimasukkan kedalam drum dengan ukuran ±250 liter dan pada minggu pertama dari pengamatan yang dilakukan, drum berisi abu sisa insinerator dengan tinggi 45cm dan minggu kedua drum berisi abu sisa insinerator setinggi 33cm . jadi volume limbah pada minggu pertama dan kedua ialah:

$$V_{\text{minggu 1}} = \pi \cdot r^2 \cdot t \text{ (tinggi abu dalam drum)}$$

$$V_{\text{minggu 1}} = 3,14 \times (30\text{cm})^2 \times 45\text{cm}$$

$$= 127170 \text{ cm}^3 = 127,17 \text{ Liter} = 0,127\text{m}^3$$

$$V_{\text{minggu 2}} = \pi \cdot r^2 \cdot t \text{ (tinggi abu dalam drum)}$$

$$V_{\text{minggu 2}} = 3,14 \times (30\text{cm})^2 \times 33\text{cm}$$

$$= 93258 \text{ cm}^3 = 93,258 \text{ Liter} = 0,093\text{m}^3$$

Perhitungan densitas abu yang dihasilkan dengan memasukkan limbah kedalam kotak yang memiliki vol 0,00563m³ lalu ditimbang, dan hasil penimbangan ialah 4kg. dari data tersebut, dapat dihitung densitas abu hasil pembakaran insinerator:

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

$$\rho = \frac{4\text{kg}}{0,00563\text{m}^3}$$

$$\rho = 710,48\text{kg/m}^3$$

jadi, dari data diatas dapat dihitung rata-rata mingguan massa abu insinerator yang dihasilkan oleh Rumkital Dr. Ramelan adalah:

- minggu pertama

$$\text{massa} = \rho \times \text{volume}$$

$$\text{massa} = 710,48\text{kg/m}^3 \times 0,127 \text{ m}^3 = 90,23 \text{ kg}$$

- minggu kedua

$$\text{massa} = \rho \times \text{volume}$$

$$\text{massa} = 710,48\text{kg/m}^3 \times 0,093 \text{ m}^3 = 66,07 \text{ kg}$$

Adapun pengoperasian insinerator yang tidak sesuai dengan prosedur antara lain penggunaan alat pelindung diri (APD), suhu pembakaran yang tidak konstan diatas 1000°C karena seringkali membuka pintu incinerator, pengambilan abu incinerator tidak dilakukan setiap hari melainkan sekali seminggu.

Tingkat removal limbah B3 oleh insinerator di Rumah Sakit TNI Angkatan Laut Dr. Ramelan adalah:

$$\% \text{removal} = 100\% - \left(\frac{\text{massa abu sisa insinerator}}{\text{massa limbah yang masuk}} \times 100\% \right)$$

$$\% \text{removal} = 100 - \left(\frac{156,3 \text{ kg}}{899,8 \text{ kg}} \times 100\% \right)$$

$$\% \text{removal} = 100\% - 17,37\% = 82,63 \%$$

Abu sisa insinerator yang dihasilkan oleh Rumkital Dr.Ramelan Surabaya belum ditangani dengan baik. Abu ditempatkan pada drum yang tidak memiliki penutup dan hanya ditempatkan diluar ruangan terbuka sehingga berpotensi ditiup oleh angin dan terkena air hujan. Hal ini dikarenakan tempat penyimpanan sementara (TPS) abu sisa insinerator hanya berukuran 1,42m x 2,1 m. Dalam pengelolaan abu sisa incinerator, Rumkital Dr. Ramelan dilakukan dengan bekerjasama dengan PT. Jaya Perkasa, tetapi selama pengamatan, tidak pernah ada pengangkutan limbah abu insinerator oleh pihak ke-3 (PT.Jaya Perkasa).

Berdasarkan volume abu insinerator dalam dua minggu yang telah dihitung, dapat dihitung volume abu insinerator dalam 90hari (waktu maksimal penyimpanan limbah B3) untuk menentukan keperluan drum tempat abu insinerator dan tempat penyimpanan sementara (TPS) di Rumkital Dr.Ramelan Surabaya. Perhitungan volume abu insinerator 90 hari:

- Rata-rata volume abu insinerator perminggu:



Gambar 3. Pola penyimpanan kemasan drum di atas palet

$$\begin{aligned} \text{vol. abu/ming} &= \frac{\text{vol. abu minggu 1} + \text{vol. abu minggu 2}}{2 \text{ minggu}} \\ &= \frac{0,127 \text{ m}^3 + 0,098 \text{ m}^3}{2} \\ &= 0,1125 \text{ m}^3/\text{minggu} = 112,5 \text{ Liter/minggu} \end{aligned}$$

Perkiraan volume abu insinerator dalam 90 hari (\pm 13 minggu):

$$\begin{aligned} \text{Vol.abu 13 minggu} &= \text{rata-rata vol.abu/minggu} \times 13 \text{ minggu} \\ &= 112,5 \text{ liter/minggu} \times 13 \text{ minggu} \\ &= 1462,5 \text{ liter} \end{aligned}$$

Jadi, dari volume limbah yang didapatkan, drum yang dibutuhkan sebagai wadah abu insinerator apabila drum yang digunakan memiliki volume 250liter ialah:

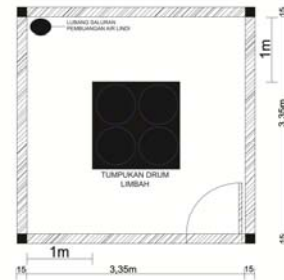
$$\begin{aligned} \text{Jumlah Drum} &= \frac{\text{volume limbah}}{\text{Volume Drum}} \\ \text{Jumlah Drum} &= \frac{1462,5 \text{ liter}}{250 \text{ liter}} \\ &= 5,85 \text{ Drum} \approx 6 \text{ Drum} \end{aligned}$$

Berdasarkan jumlah perkiraan drum yang telah dihitung untuk abu 90hari yaitu 6 drum, sedangkan dari data yang didapatkan bahwa abu sisa insinerator akan diambil oleh pihak ke-3 (PT. Jaya Perkasa) setelah terkumpul 10 Drum abu insinerator. Pengangkutan yang dilakukan oleh pengelola limbah Rumkital Dr.Ramelan belum sesuai dengan Peraturan Pemerintah No.18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun menyatakan bahwa Pengumpul limbah B3 dapat menyimpan limbah B3 yang dikumpulkannya paling lama 90 (sembilan puluh) hari sebelum diserahkan kepada pemanfaat dan/atau pengolah dan/atau penimbun limbah B3. TPS abu sisa insinerator yang baru dengan spesifikasi yang dibutuhkan seperti perhitunganberikut:

- Diketahui bahwa Diameter drum = 60cm dengan tinggi 87cm seperti.

Dibutuhkan Palet alas Drum berbentuk persegi yang dapat mengalasi 4 Drum dan disusun tanpa bersentuhan dengan jarak antar drum dan jarak ketepi palet \pm 5cm seperti gambar 3. Jadi dimensi Palet yang dibutuhkan ialah: Panjang sisi Palet = (2 x diameter Drum) +(3xjarak drum)

$$\begin{aligned} \text{Panjang sisi Palet} &= (2 \times 60\text{cm}) + (3 \times 5\text{cm}) \\ &= 120\text{cm} + 15\text{cm} = 135 \text{ cm} \end{aligned}$$



Gambar 4. Desain TPS Abu sisa incinerator

Tabel 2.
Hasil Lab pengujian kandungan Abu Insinerator Rumkital Dr.Ramelan

| No | Parameter | Hasil Uji (ppm) | Total Kadar Maksimum (mg/kg berat kering) | |
|----|-----------|------------------|---|---------|
| | | | Kolom A | Kolom B |
| 1 | Hg | tidak terdeteksi | 20 | 2 |
| 2 | Zn | 6046.27 | 3000 | 300 |
| 3 | Pb | 102.06 | 50 | 5 |
| 4 | Cu | 76.18 | 2500 | 250 |
| 5 | Cr | 30.31 | 1000 | 100 |
| 6 | Cd | tidak terdeteksi | 5000 | 1000 |

Jadi, dimensi palet yang dibutuhkan ialah 135cm x 135cm, dengan tinggi 10cm (5cm penyangga bawah dan 5cm plat). Dimensi TPS yang dibutuhkan ialah:

$$\begin{aligned} \text{Panjang TPS} &= \text{Panjang Plat} + (2 \times \text{panjang gang}) \\ &= 135\text{cm} + (2 \times 100\text{cm}) \\ &= 335\text{cm} = 3,35\text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar TPS} &= \text{Lebar Plat} + (2 \times \text{jarak ke dinding}) \\ &= 135\text{cm} + (2 \times 100\text{cm}) \\ &= 335\text{cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi TPS} &= (2 \times \text{tinggi drum}) + \text{jarak min} + (2 \times \text{tinggi plat}) \\ &= (2 \times 87\text{cm}) + 100\text{cm} + (2 \times 10\text{cm}) \\ &= 174\text{cm} + 100\text{cm} + 20\text{cm} = 294 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jadi, dimensi ruang tempat penyimpanan sementara TPS Abu insinerator dengan perencanaan dinding TPS setebal 15cm, jadi dimensi TPS Rumah Sakit TNI Angkatan Laut Dr.Ramelan Surabaya seperti pada Gambar 4 adalah:

$$\begin{aligned} \text{Panjang} &= 365\text{cm} = 3,65\text{m} \\ \text{Lebar} &= 365\text{cm} = 3,65\text{m} \\ \text{Tinggi} &= 294\text{cm} = 2,94 \text{ m} \end{aligned}$$

Uji Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) limbah rumah sakit harus dilakukan untuk proses perijinan pengoperasian insinerator.

Abu insinerator Rumkital Dr.Ramelan yang suhunya mencapai 1000°C diambil dan diuji kandungannya yaitu Hg, Zn, Pb, Cu, Cr, dan Cd. Hasil pengujian yang dilakukan di lab LPPM Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), didapatkan hasil seperti pada Tabel 2.

Berdasarkan data yang didapatkan dari hasil pengujian abu seperti pada Tabel 4, dapat disimpulkan bahwa limbah abu sisa insinerator Rumkital Dr.Ramelan dapat ditimbun pada landfill kategori I dikarenakan nilai Zinc (Zn) yang nilainya

Tabel 3.
Hasil Uji TCLP Sampel Curing 14 Hari

| No | Parameter | Hasil Uji (mg/l) | Baku Mutu (mg/l) | Keterangan |
|----|-----------|------------------|------------------|------------|
| 1 | Hg | Tidak terdeteksi | 0.2 | memenuhi |
| 2 | Zn | Tidak terdeteksi | 2.5 | memenuhi |
| 3 | Pb | 0.0417 | 0.4 | memenuhi |
| 4 | Cu | 0.0119 | 0.18 | memenuhi |
| 5 | Cr | 0.4278 | 5.0 | memenuhi |
| 6 | Cd | 0.0022 | 1.0 | memenuhi |

Tabel 4.
Hasil Uji TCLP Sampel Curing 28 Hari

| No | Parameter | Hasil Uji (mg/l) | Baku Mutu (mg/l) | Keterangan |
|----|-----------|------------------|------------------|------------|
| 1 | Hg | tidak terdeteksi | 0.2 | memenuhi |
| 2 | Zn | 0.0038 | 2.5 | memenuhi |
| 3 | Pb | 0.0014 | 0.4 | memenuhi |
| 4 | Cu | 0.0028 | 0.18 | memenuhi |
| 5 | Cr | 0.002 | 5 | memenuhi |
| 6 | Cd | 0.0072 | 1.0 | memenuhi |

>5000ppm sesuai dengan Keputusan Kepala Bapedal No.4 Tahun 1995 tentang Tata Cara Persyaratan Penimbunan Hasil Pengolahan, Persyaratan Lokasi Bekas Pengolahan Dan Lokasi Bekas Penimbunan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun. Adapun tingginya kadar Zn diakibatkan oleh banyaknya jarum suntik yang ada pada limbah rumah sakit yang di insinerator. Hasil uji TCLP yang dilakukan di laboratorium LPPM ITS, didapatkan hasil bahwa kandungan logam berat yang pada lumpur yaitu Mercury, Plumbun, Cadmium, Chrom, Cooper, Zinc sangat sedikit seperti pada Tabel 3 yang merupakan hasil uji sampel curing 14 hari dan dan pada Tabel 4 merupakan hasil uji sampel curing 28 hari, lalu dibandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan pada Peraturan Pemerintah No.18 Tahun 1999 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun.

Hasil uji TCLP dengan curing 28 hari menunjukkan bahwa semakin lama proses curing, maka kandungan limbah yang terdeteksi semakin sedikit sehingga curing 28 hari lebih baik dari curing 14 hari. Hasil uji TCLP sampel curing 14 hari dan 28 hari yang didapatkan menunjukkan bahwa solidifikasi abu insinerator dengan perbandingan antara abu:semen ialah 75:25 telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan pada Peraturan Pemerintah No.18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun.

Berdasarkan data yang didapatkan dari hasil pengujian TCLP limbah yang telah disolidifikasi lebih dahulu, dapat disimpulkan bahwa limbah abu sisa insinerator limbah Rumkital Dr.Ramelan yang telah disolidifikasi, dapat langsung ditimbun pada landfill kategori I sesuai dengan pengukuran kadar kandungan abu insinerator yang belum di solidifikasi sesuai persyaratan yang telah ditetapkan pada Keputusan Kepala Bapedal No.4 Tahun 1995 tentang Tata Cara Persyaratan Penimbunan Hasil Pengolahan, Persyaratan

Lokasi Bekas Pengolahan Dan Lokasi Bekas Penimbunan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun.

V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Kesimpulan yang didapatkan ialah bahwa Beban insinerator Rumah Sakit TNI Angkatan Laut Dr. Ramelan adalah 89,98 Kg/hari dengan volume 0,56 m³/hari dengan komposisi limbah campuran. Lantamal Perak sekali dalam dua minggu memusnahkan limbah di Rumkital Dr.Ramelan dengan rata-rata adalah ±80kg/2minggu. Pengangkutan, pewadahan dan pengumpulan limbah di Rumah Sakit TNI Angkatan Laut Dr. Ramelan sudah berjalan dengan baik. Tempat penyimpanan sementara (TPS) limbah B3 Rumkital Dr.Ramelan tidak sesuai dengan peraturan yang berlaku. Tingkat removal insinerator limbah Rumkital Dr.Ramelan Surabaya adalah 82,63% dan belum sesuai dengan Peraturan Pemerintah No.18 Tahun 1995 dimana dikatakan bahwa efisiensi penghancuran dan penghilangan insinerator ialah 99,99%. Dalam pengelolaan abu sisa insinerator, Rumkital Dr.Ramelan belum sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah Perlu adanya kajian berikutnya tentang kualitas udara yang dihasilkan dari insinerator dan adanya pengawasan dan pelatihan yang diberikan kepada karyawan pengelola limbah untuk meningkatkan kesadaran akan pemakaian alat pelindung diri (APD), manajemen pengelolaan limbah B3, dan bahaya dari limbah B3.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih saya ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat yang selalu diberikan kepada saya, kepada dosen pembimbing saya Bapak Welly Herumurti, ST, M.Sc, kepada dosen penguji saya, Ibu Ellina, Bu Warma, dan Pak Didik, Kepada dosen wali saya Bapak Eddy Setiadi. Terimakasih kepada Keluarga saya di Pematang Siantar dan kekasih saya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sekretariat Negara. 1999. Peraturan Pemerintahan RI No. 18 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Jakarta, Indonesia
- [2] Watts, R. J. 1997. Hazardous Waste Sources, Pathways, Receptor. New York : John wiley & sons, inc
- [3] Jang, Y., Lee, C., Sub Yoon, O., dan Kim, H. 2006. Medical Waste Management in Korea. Journal of Environmental Management 80, 107–115
- [4] Mato, R.R.A.M., dan Kassenga, G.R. 1997. A study on problem of management of medical solid waste in Dar es Salaam and their remedial measures. Resources, Conservation, and Recycling 21, 1-16.
- [5] Askarian, M. Vakili, M. Kabir, G. 2003. Results of a Hospital Waste Survey in Private Hospitals in Fars Province. Iran : Depertemen of Community Medicine
- [6] Direktorat Jenderal Pemberantasan Penyakit Menular dan Penyehatan Lingkungan Pemukiman. 2004. Keputusan Menteri Kesehatan RI No: 1204/Menkes/SK/X/2004 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit. Departemen Kesehatan RI, Jakarta, Indonesia
- [7] Huffman, GL., dan Lee, C.C. 1996. Review Madical waste management/incineration. Journal of Hazardous Material 48, 1-30.