

## Studi Kelayakan Material Paving Berbahan Limbah Insinerator Rumah Sakit

Luqman Cahyono<sup>1</sup>, Agung Prasetyo Utomo<sup>2\*</sup>, M. Rizal Fahmi<sup>3</sup>, Novi Eka Mayangsari<sup>4</sup>, Ghea Abbyah Nur<sup>5</sup>

Teknik Pengolahan Limbah<sup>1,4,5</sup>, Teknik Bangunan Kapal<sup>2,3</sup>, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Kota Surabaya, kode pos 60111, Indonesia

\*Email: [Agungprasetyo@ppns.ac.id](mailto:Agungprasetyo@ppns.ac.id)\*, [Luqmancahyono24@ppns.ac.id](mailto:Luqmancahyono24@ppns.ac.id), [rizal.fahmi@ppns.ac.id](mailto:rizal.fahmi@ppns.ac.id), [Noviekam@ppns.ac.id](mailto:Noviekam@ppns.ac.id), [Gheaabbyah@student.ppns.ac.id](mailto:Gheaabbyah@student.ppns.ac.id).

### Abstrak

Abu insinerator rumah sakit merupakan kategori limbah B3 dari sisa pembakaran. Timbulan abu insinerator yang dihasilkan salah satu rumah sakit yang ada di Surabaya berdasarkan wawancara dalam sehari bisa mencapai kurang lebih 0,0161 m<sup>3</sup>/hari. Selama ini limbah abu insinerator rumah sakit dibuang oleh pihak ketiga ke *secure landfill* tanpa ada proses pengolahan. Potensi timbulan dari limbah ini sangat besar mengingat jumlah rumah sakit dan pasien yang sakit semakin banyak tiap tahunnya. Penggunaan abu insinerator rumah sakit dilakukan bertujuan untuk mereduksi limbah B3 menjadi material baru solid dan stabil (tidak mudah terurai) yaitu sebagai campuran pada paving blok. Metode penelitian ini dengan eksperimen langsung. *Mix design* yang digunakan 1 Semen : 4 Pasir dengan persentase limbah abu sebesar 0%, 7%, 9% dan 12% serta faktor air semen 0,40. Pengujian XRF abu insinerator rumah sakit memiliki kandungan unsur Ca, Fe, Si yang sama dengan kandungan pasir, sedangkan ditemukan unsur logam berat Cr, Cu dan Zn merupakan limbah B3 perlu diuji lanjut Toksisitasnya, Hasil pengujian rata-rata kuat tekan berdasarkan SNI 03-0691-1996 untuk persentase 0% = 42,14 Mpa mutu kelas A, 7% = 37,40 Mpa mutu kelas B, 9% = 38,38 Mpa mutu kelas B dan 12% = 24,83 Mpa mutu kelas B. Berdasarkan hasil uji TCLP row material awal sebelum produk dilakukan solidifikasi dan stabilisasi menjadi paving berbahan limbah abu insinerator dinyatakan kandungan Cr, Cu dan Zn nilainya telah memenuhi baku mutu TCLP A, TCLP B dan TCLP C.

**Kata kunci :** Abu Insinerator Rumah Sakit, Kuat Tekan, TCLP, Paving.

### 1. Pendahuluan

Berdasarkan peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014<sup>[5]</sup> mengatur bahwa limbah infeksius rumah sakit merupakan kategori limbah B3 oleh karena itu tidak diperbolehkan langsung dibuang ke TPA harus melalui proses pengolahan terlebih dahulu. Salah satu cara dan teknologi dalam pengolahan limbah B3 rumah sakit ialah pemusnahan dengan pembakaran menggunakan insinerator limbah padat B3 sesuai dengan kemampuan rumah sakit dan jenis limbah padat B3 yang dihasilkan. Fasilitas kesehatan menghasilkan limbah yang bersifat infeksius dan berbahaya bagi lingkungan, hasil pembakaran limbah infeksius dengan insinerator di RSUD Dr Soetomo Surabaya dilakukan 4 kali sehari dan didapatkan hasil abu dari pembakaran insinerator sebesar 0,0161 m<sup>3</sup>/hari dengan mengandung kontaminan logam berat.

Hasil pembakaran limbah medis dengan insinerator menghasilkan emisi dan abu pembakaran yang mengandung kontaminan logam berat yang mana dapat mencemari lingkungan. Abu pembakaran hasil insinerator rumah sakit tidak dapat dibuang langsung ke *secure landfill* karena masih mengandung zat yang berbahaya dan beracun. Pemanfaatan kembali limbah abu pembakaran insinerator sebagai bahan bangunan menjadi salah satu solusi dalam mengatasi timbulan abu pembakaran insinerator yang semakin meningkat (Khairuna dkk 2017<sup>[2]</sup>). Diharapkan unsur yang terkandung pada abu insinerator dapat membantu meningkatkan hasil uji kuat tekan, uji ketahanan aus dan

memenuhi baku mutu lingkungan dari uji TCLP serta dapat mengurangi jumlah timbunan untuk dijadikan produk Paving bernilai jual..

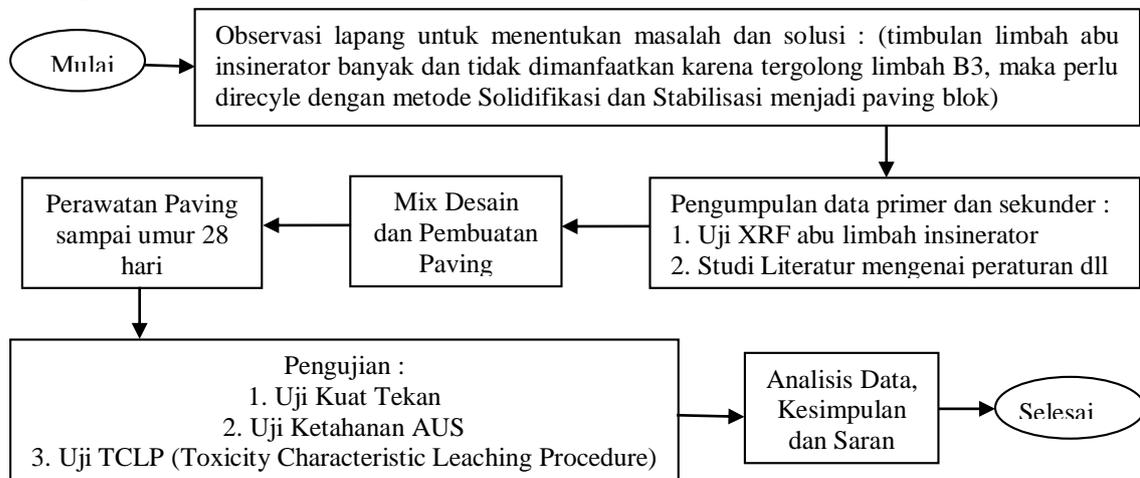
## 2. Metode Penelitian

Bahan penyusun campuran Paving yang digunakan meliputi agregat halus, semen, air dan abu insinerator rumah sakit yang akan digunakan untuk mensubstitusi agregat halus. Benda uji yang berbentuk Paving dengan ukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm campuran perbandingan antara semen : pasir sebesar 1:4 dan Faktor air semen (FAS) 0,40 lebih rinci bisa melihat tabel berikut :

Tabel 1. Mix Desain Paving

Komposisi campuran (abu insinerator)	Berat bahan per benda uji (gr)			
	Semen (gr)	Air (ml)	Pasir (gr)	Abu insinerator (gr)
0%	768	307,2	2640	-
7%	768	307,2	2449,92	190,98
9%	768	307,2	2393,28	245,72
12%	768	307,2	2336,64	303,36

Tahapan dalam pelaksanaan penelitian ini secara ringkas dapat dilihat dalam diagram alir berikut



## 3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik abu insinerator rumah sakit diuji dengan XRF (*X-Ray Fluorescence*) untuk mengidentifikasi unsur atau senyawa yang terkandung dalam abu insinerator rumah sakit yang digunakan sebagai bahan pembuatan Paving. Hasil dari pengujian XRF (*X-Ray Fluorescence*) pada abu insinerator rumah sakit dapat dilihat pada Tabel berikut

Tabel 2. Hasil Pengujian XRF Abu Insinerator Rumah Sakit

Unsur Penyusun Abu Insinerator		Oksida Penyusun Abu Insinerator	
Komponen	Konsentrasi %	Komponen	Konsentrasi %
Al	4	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6
Si	2,1	SiO <sub>2</sub>	3,7
S	1,1	SO	2,2
K	0,2	K <sub>2</sub> O	0,1

Ca	75,50	CaO	71,71
Ti	5,41	TiO	5,65
V	0,04	V2O5	0,05
Cr	0,086	Cr2O3	0,078
Mn	0,100	MnO	0,080
Fe	3,62	Fe2O3	3,20
Cu	0,31	CuO	0,24
Zn	1,47	ZnO	1,12
Br	0,14	Br	0,083
Sr	0,29	SrO	0,21
Mo	3,3	MoO3	3,9
In	2,3	In2O3	2,0
Yb	0,38	Yb2O3	0,27

Berdasarkan Tabel 2 hasil analisa XRF abu insinerator rumah sakit mempunyai kandungan unsur kalsium (Ca), besi (Fe) dan silika (Si) dari ketiga unsur tersebut terdapat kemiripan dengan kandungan unsur pasir Lumajang. Hal ini sejalan dengan penelitian Kurniawati 2017<sup>[3]</sup> Hasil XRF pasir Lumajang mempunyai kandungan unsur besi (Fe), kalsium (Ca), dan silika (Si). Kemiripan kandungan unsur dari abu insinerator rumah sakit tersebut digunakan sebagai dasar substitusi pasir pada pembuatan Paving.

Data XRF abu insinerator rumah sakit juga menunjukkan terdapat unsur logam berat. Unsur logam berat di antaranya Kandungan Khromium (Cr), Tembaga (Cu), Seng (Zn) yang termasuk limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) sesuai dengan peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014<sup>[5]</sup> tentang Pengelolaan Limbah B3. Kandungan unsur logam berat tersebut yang selanjutnya akan dilakukan pengujian TCLP guna mengetahui tingkat toksisitasnya.

**3.2** Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui mutu dari Paving yang telah dibuat apakah sudah solid, stabil dan memenuhi mutu paving berdasarkan SNI 03-0691-1996<sup>[7]</sup>. Hasil pengujian kuat tekan bisa dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian Kuat Tekan

Variasi	Kode Sampel	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata	Mutu	Keterangan
A 0%	A1	43,12	42,14	A	Perkerasan Jalan
	A2	42,14			
	A3	41,16			
B 7%	B1	42,14	37,4	B	Tempat Parkir Mobil
	B2	33,32			
	B3	36,75			
C 9%	C1	43,61	38,38	B	Tempat Parkir Mobil
	C2	35,28			
	C3	36,26			
D 12%	D1	27,93	24,83	B	Tempat Parkir Mobil
	D2	24,01			
	D3	22,54			

Hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa Paving dengan variasi campuran abu insinerator memenuhi mutu yang direncanakan yaitu mutu B berdasarkan SNI 03-0691-1996<sup>[7]</sup>. Semakin bertambahnya substitusi abu insinerator mengakibatkan penurunan pada kuat tekan beton dikarenakan kuat tekan dipengaruhi penambahan kandungan CaO dan juga SiO<sub>2</sub> (Haryanti & Wardhana, 2019<sup>[1]</sup>).

**3.3** Pengujian TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*) bertujuan untuk mengetahui kandungan logam berat yang terkandung dalam row material abu insinerator agar memenuhi kelayakan lingkungan sesuai baku mutu yang berlaku. Lebih detail bisa dilihat tabel berikut :

Tabel 5 Hasil Pengujian TCLP Row material Abu Insinerator

No	Sampel	Parameter	Result	Baku Mutu			Satuan	Metode
				TCLP A	TCLP B	TCLP C		
1	Abu insinerator rumah sakit	Krom valensi enam (Cr <sup>6+</sup> )	0,2	15	2,5	1	mg/L	USEPA 1311 SW 846
2		Tembaga (Cu)	<0,03	60	10	4	mg/L	USEPA 1311 SW 846
3		Seng (Zn)	0,7	300	50	20	mg/L	USEPA 1311 SW 846

Berdasarkan hasil pengujian TCLP telah memenuhi baku mutu TCLP A, TCLP B dan juga TCLP C. Sehingga penambahan abu insinerator pada Paving sesuai baku mutu karakteristik limbah B3 dalam peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014<sup>[5]</sup> tentang Pengelolaan Limbah B3.

#### 4. Kesimpulan

Potensi pemanfaatan abu insinerator rumah sakit untuk dijadikan Paving cukup layak mengingat jumlah timbulan limbah yang cukup besar, mutu kuat tekan yang dihasilkan memenuhi kelas B dengan nilai 37,4 Mpa peruntukan tempat parkir mobil, pengujian XRF ditemukan kandungan unsur kalsium (Ca), besi (Fe) dan silika (Si) dari ketiga unsur tersebut terdapat kemiripan dengan kandungan unsur pasir Lumajang dan terdapat unsur logam berat diantaranya Kandungan Khromium (Cr), Tembaga (Cu), Seng (Zn), serta dalam hasil TCLP terhadap kandungan logam berat tersebut telah memenuhi baku mutu peraturan Pemerintah.

#### Referensi

- [1] Haryanti, N. H., & Wardhana, H. 2019 .Pengaruh Komposisi Campuran Pasir Silika dan Kapur Tohor Pada Batu Ringan Berbahan Limbah Abu Terbang Batubara. Jurnal Fisika Indonesia. Vol. 21, No. 3, Hal 11-14.
- [2] Khairuna, W., Suhendrayatna. & Zaki, M. 2017. Pemanfaatan Abu Dasar

- Insinerator Sebagai Bahan Bangunan. *Jurnal Ilmu Kebencanaan*. Vol. 4, No. 4, Hal 126-134.
- [3] Kurniawati, L. 2017. Pengaruh Penggunaan Copper slag sebagai Pengganti Pasir (Fine Aggregate) pada Campuran Paving. *Rekayasa Teknik Sipil*. Vol. 3, No. 3, Hal 175-180.
- [4] Cahyono, L. et al. 2023. Pemanfaatan Limbah Abu Cangkang Kemiri Industri Makanan Sebagai Substitusi Agregat Halus Paving. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*. Vol 6, No.3, Hal 667-684
- [5] Peraturan Pemerintah No. 101 Tahun 2014., 2014. Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Dan Beracun. Jakarta: Kementerian Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- [6] Rakhmawati, A. 2014. Pengaruh Variasi Perbandingan Campuran Pasir Dan Limbah Pencoran Logam Terhadap Kualitas Paving. *Journal of the Civil Engineering*. Vol. 22, No. 2, Hal. 15-30.
- [7] SNI 03-0691-1996., 1996. Bata Beton (Paving). BSN.