

KAJIAN ASPEK LINGKUNGAN PEMANFAATAN AGREGAT TAILING ModADA SEBAGAI MATERIAL BIDANG JALAN (ENVIRONMENTAL STUDY ON THE UTILIZATION OF TAILING AGREGATE ModADA AS A ROAD INFRASTRUCTURE MATERIAL)

Anisa Putri Triana¹⁾, Gugun Gunawan²⁾, Pamahayu Prawesti³⁾, Sugiyono⁴⁾

^{1, 2, 3, 4)}Balai Perkerasan dan Lingkungan Jalan

^{1, 2, 3, 4)}Jl. A. H. Nasution 264 Bandung, Indonesia

e-mail: ¹⁾anisa.t@pu.go.id, ²⁾gugun.g@pu.go.id, ³⁾pamahayu.p@pu.go.id, ⁴⁾sugiyono@pu.go.id

Diterima: 21 April 2021; direvisi: 8 Juni 2021; disetujui: 19 Juni 2021.

ABSTRAK

Konsep pembangunan berkelanjutan mendorong para pelaku sektor industri dan usaha untuk mengelola limbah yang dihasilkan dari setiap usaha / kegiatannya, salah satunya yaitu pemanfaatan limbah tailing untuk infrastruktur berupa jalan, jembatan maupun bangunan. Tailing termasuk dalam jenis limbah B3 dari sumber spesifik yang didorong untuk dimanfaatkan sebagai substitusi bahan baku dan/atau bahan baku pada pembangunan infrastruktur jalan dan jembatan, sehingga dalam pemanfaatannya tidak terlepas dari batasan terkait aspek keamanan bagi lingkungan dan makhluk hidup yang diatur dalam PP 101/2014 dan PP 22/2021. Makalah ini mengkaji karakteristik material agregat tailing ModADA dari aspek lingkungan, sebagai salah satu material yang tercampur material tailing dan memiliki potensi sebagai bahan baku infrastruktur di Indonesia. Pengujian aspek lingkungan dilakukan melalui uji TCLP dan total logam. Hasil uji menunjukkan adanya kandungan logam berat dan konsentrasi logam merkuri (Hg) pada material agregat tailing ModADA sebesar 0,570 – 0.825 mg/kg (adapun baku mutu kandungan total logam Hg-TK C dalam PP 101/2014 dan PP 22/2021 sebesar 0,3 mg/kg). Mengingat adanya kemungkinan toksisitas logam berat (akut dan kronis), maka diperlukan adanya kebijakan yang mengatur terkait pengelolaan lingkungan hidup (PLH) pemanfaatan material agregat tailing ModADA dalam siklus kegiatan penyelenggaraan jalan.

Kata Kunci: tailing, agregat material tailing ModADA, lingkungan, TCLP, toksisitas logam berat

ABSTRACT

The sustainable development concept encourages industrial and business sectors to manage their waste, one of it is the utilization of tailing as infrastructure raw materials for road, bridge, and building. Tailing is included in the category of B3 waste which requires careful handling related to the safety aspect for environment and living beings for its advance used as regulated in PP No 101/2014 and/or PP No 22/2021. This paper examines the characteristics of ModADA tailing aggregate materials from environmental aspect, as one of the materials mixed with tailing and has potential as a raw material for infrastructure in Indonesia. The environmental aspect testing is carried out through TCLP and total metal test. The test result showed the presence of heavy metal content and mercury metal (Hg) concentration in the ModADA tailings material aggregate of 0.570 - 0.825 mg/kg (as for the quality standard threshold for the total metal content of Hg-TK C in PP 101/2014 and PP 22/2021 by 0.3 mg/kg). Considering the possibility of heavy metal toxicity (acute and chronic), it is needed to create an environmental management policy that regulates the utilization of ModADA tailing aggregate material in the cycle of road construction cycle.

Keywords: tailing, ModADA tailing aggregate material, environmental, TCLP, heavy metal toxicity

PENDAHULUAN

Tailing dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) menurut Peraturan Pemerintah no 101 Tahun 2014, dalam Permen LHK Nomor P.18 / MENLHK / SETJEN / KUM.1/ 8 / 2020 tentang Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (LB3) menyebutkan tailing termasuk dalam jenis limbah B3 dari sumber spesifik khusus yang dimohon untuk dimanfaatkan sebagai substitusi bahan baku dan/atau bahan baku pada pembangunan infrastruktur jalan dan jembatan.

Adapun yang dimaksud “Limbah B3 dari sumber spesifik khusus” adalah Limbah B3 yang memiliki efek tunda (*delayed effect*), berdampak tidak langsung terhadap manusia dan lingkungan hidup, memiliki karakteristik beracun tidak akut, dan dihasilkan dalam jumlah yang besar per satuan waktu (PP No 101/2014).

Dalam pengelolaan tailing oleh PT. Freeport Indonesia (FI), tailing dialirkan ke bantaran sungai Ajkwa, kawasan ModADA. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan mengizinkan pemanfaatan tailing yang sudah tercampur dengan agregat alam melalui Surat Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor: SK.129 / Menlhk / Setjen / PLB.3 / 3 / 2020, dengan sebutan agregat material tailing ModADA.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat berencana untuk memanfaatkan tailing sebagai bahan baku infrastruktur jalan, berdasarkan surat nomor: BM.03.01-Mn/1143 pada 14 Agustus 2020. Hal ini dilakukan guna mendorong pemanfaatan tailing menjadi infrastruktur fisik untuk mendukung pembangunan khususnya di Papua.

Agregat material tailing ModADA merupakan material tailing yang telah bercampur secara alami dan memiliki paling sedikit 1% (% berat) kandungan material alami atau sedimen non-tailing yang terbawa aliran sungai dan mengendap di area ModADA dan dikeruk untuk kegiatan pemanfaatan. ModADA (*Modified Ajkwa Deposition Area*) merupakan wilayah di dataran rendah yang berfungsi sebagai area pengendapan tailing.

Pemanfaatan agregat material tailing ModADA, telah dilakukan oleh PT. Freeport Indonesia (PT FI) bekerja sama dengan Direktorat Bina Tekni Jalan dan Jembatan

Kementrian PUPR pada Tahun 2020, dan telah dihasilkan beberapa spesifikasi khusus (SKh), sebagai material konstruksi untuk Bidang Jalan, yaitu: SKh-1.5.12 spesifikasi khusus lapis fondasi agregat menggunakan tailing (LFAT), SKh-1.5.13 spesifikasi khusus lapis fondasi tailing aspal (LFTA), SKh-2.5.28 spesifikasi khusus Campuran beraspal panas menggunakan, dan SKh-3.7.44 spesifikasi khusus beton menggunakan tailing.

Dalam rangka pengamanan dan perlindungan lingkungan hidup, maka pemanfaatan agregat material tailing ModADA, perlu dilengkapi dengan kajian dari aspek lingkungan hidup terkait karakteristik kimia dan toksisitas dari agregat material ModADA, melalui uji TCLP dan kandungan total logam dari agregat material tailing ModADA.

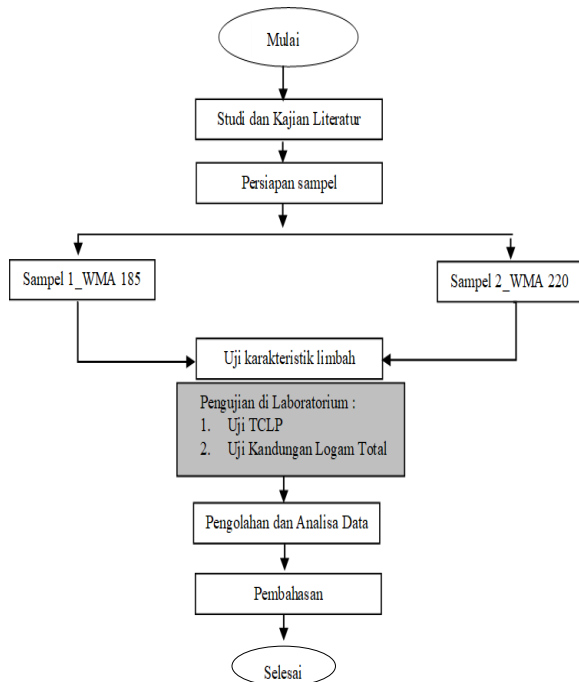
Tujuan penelitian adalah mengetahui dan memperkirakan potensi besaran dampak lingkungan dari kandungan logam berat yang dikandung oleh agregat material tailing ModADA dan di evaluasi dengan baku mutu Peraturan Pemerintah (PP) No. 101 Tahun 2014 dan penggantinya PP 22 Tahun 2021, serta melalui review literatur, sehingga sejak awal bisa disiapkan kebutuhan pengelolaan lingkungan hidup yang perlu disiapkan oleh penyelenggara jalan dalam pemanfaatan material agregat tailing ModADA.

HIPOTESIS

Hipotesis dari makalah ini adalah potensi pemanfaatan material agregat tailing ModADA untuk infrastruktur bidang jalan sangat tinggi, mengingat limbah tailing termasuk limbah B3 maka perlu dilakukan kajian dari aspek lingkungan.

METODOLOGI

Pengujian meliputi karakteristik kimia dari material agregat ModADA melalui uji TCLP dan kandungan total logam. Gambar 1 memperlihatkan tahap pelaksanaan kegiatan dalam makalah ini.



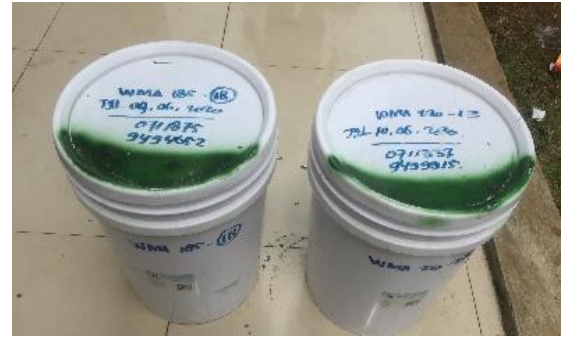
Gambar 1. Bagan alir tahapan kegiatan

Prosedur dalam pengujian dan pengolahan data terdiri dari 4 tahapan:

1. Tahap studi dan kajian literatur terkait tailing, toksisitas logam berat, uji karakteristik limbah TCLP, kandungan total logam serta peraturan-peraturan terkait limbah B3.
2. Tahap persiapan sampel material agregat ModADA yang terdiri dari dua sampel yang diberi kode yaitu sampel 1_WMA 185 dan sampel 2_WMA 220, sampel dipilih secara acak dan dilakukan prosedur pengambilan sampel untuk dikirim ke laboratorium uji.
3. Tahap pengujian sampel di laboratorium, terdapat 2 buah uji yang dilakukan yaitu uji TCLP dan uji kandungan logam.
4. Tahap pengolahan dan analisa data.

Tahap Persiapan Sampel

Persiapan sampel uji dilakukan sebelum dilakukan pengujian di laboratorium Teknik Lingkungan ITB Tahun 2020, masing-masing perlakuan persiapan dilakukan kepada sampel WMA 185 dan WMA 220.



Gambar 2. Sampel induk WMA 185 dan WMA 220

Tahap pertama dilakukan pengambilan sampel yang di kirim oleh PT FI ke Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan, untuk dilakukan pengujian di laboratorium dari masing masing sampel induk, pengambilan contoh dari sampel induk harus mencakup tingkat keterwakilan yang memadai berdasarkan heterogenitas sampel induk. Pengertian heterogenitas dalam kaitan ini dikarenakan perbedaan titik sampling dan kondisi lingkungan di lokasi sumber.

Tahap kedua yaitu pengemasan sampel yang dikemas menggunakan kantong plastik tebal kemudian diberi label yang berisikan informasi tentang sampel berupa jenis sampel dan tanggal pengambilan.

Tahap terakhir yaitu pengangkutan ke laboratorium, dimana berpegang pada prinsip dasar, yaitu sampel tidak tercampur satu sama lain dan tidak mengalami perubahan karena pengaruh lingkungan luar selama pengangkutan.



Gambar 3. Pengambilan dan pengemasan sampel uji

Tahap Pengujian

Uji TCLP dan uji kandungan total logam berat dilakukan terhadap dua sampel, yaitu:

1. Uji *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik limbah, terkait potensi perlindungan bahan berbahaya dan beracun dari material agregat tailing ModADA sesuai baku mutu dalam PP No. 101 Tahun 2014 dan

atau PP No 22 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun. Metoda analisa menggunakan *Glass jar extraction*, USEPA SW 846 METHOD 1311.

Evaluasi atas hasil uji karakteristik limbah dilakukan dengan melihat baku mutu karakteristik limbah melalui TCLP, dengan demikian dapat diketahui memiliki konsentrasi zat pencemar lebih besar atau lebih kecil dari konsentrasi zat pencemar pada baku mutu TCLP A, TCLP B dan atau TCLP C.

2. Uji kandungan total logam

Pengujian total logam dilakukan untuk melihat kandungan kadar logam khususnya logam berat di dalam sampel. Analisa kandungan logam berat dengan metoda *Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)* yang merupakan salah satu metode analisis yang dapat digunakan untuk mengetahui keberadaan dan kadar logam berat dalam berbagai bahan. Satuan hasil uji per unit adalah dalam mg/kg *dry weight*.

HASIL DAN ANALISIS

Tailing

Tailing adalah limbah yang dihasilkan dari proses penggerusan (penghancuran) batu yang mengandung bijih mineral (emas, perak, dan tembaga) untuk diambil bijih mineralnya. Untuk mendapatkan 1 gram emas, umumnya perusahaan tambang menghasilkan 1 ton limbah batuan. Dalam proses pemisahan bijih ini, sejumlah logam-logam berat dan toksik terlepas dari batuan. Proses pemisahan ini juga dilakukan dengan menggunakan bahan-bahan kimia. Bentuk fisik limbah dapat berwujud gas, cair, dan padat (Gunawan 2011).

Limbah tailing tidak dapat dihindari di dunia pertambangan, sebagai sisa dari pengolahan batuan yang mengandung mineral, maka tailing umumnya masih mengandung berbagai mineral salah satunya adalah logam berat. PP No. 101 Tahun 2014, atupun perubahannya PP No. 22 Tahun 2021 mengkategorikan limbah tailing ke dalam limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) dari sumber spesifik khusus dengan kategori bahaya 2, dengan sumber limbah berasal dari proses bijih mineral logam pada industri pertambangan.

Dalam makalah ini disampaikan hasil kajian materil tailing yang sudah bercampur dengan material alam, yang disebut agregat material tailing ModADA.



Sumber: Gunawan (2011)

Gambar 4. Pengambilan sampel tailing

Karakteristik fisik agregat material tailing sebagai berikut:

- a. Ukuran butir : 2,38 mm - 0,149 mm;
- b. Bersifat non plastis atau bersifat lepas;
- c. Berat jenis SSD : 2,48 - 2,86;
- d. Kepadatan gembur : 1,23 - 1,79 kg/l;
- e. Nilai setara pasir sebesar 81,3%;
- f. Soundness: 2% - 8%.

Tabel 1. Komposisi unsur kimia oksida agregat material tailing ModADA (PT. Freeport Indonesia)

No	Unsur Kimia	Hasil Pengujian (%)		
		PT Freeport	PUSTRAN	ITB
1	SiO ₂	64,77	65	60
2	Al ₂ O ₃	11,25	11	15
3	CaO	8,28	8	5
4	Oksidasi lain	15,7	16	20

Sumber: Gunawan (2011)

Analisa Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) dalam material ModADA

Hasil uji TCLP dibandingkan dengan standar baku mutu yang terdapat pada Lampiran III dan V dari Peraturan Pemerintah Nomor 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah B3. Hasil uji menunjukkan terdapat 13 parameter uji yang menunjukkan perlindungan dibawah baku mutu TCLP A, TCLP B dan TCLP C. Hasil uji TCLP menunjukkan terdapat satu parameter yaitu logam tembaga (Cu) terlindi sebesar rentang 5,518 – 8,461 mg/L yang berada di atas baku mutu TCLP C yaitu sebesar 0,2 mg/L. logam Cu pada sampel WMA 220 didapat hasil terlindi sebesar 8,461 mg/L, hasil ini

menunjukkan telah melebihi baku mutu TCLP C dan mendekati baku mutu TCLP B sebesar 10 mg/L.

Parameter timbal / lead (Pb) merupakan salah satu logam non essential yang terdapat

dalam kedua sampel. Hasil pengujian menunjukkan logam Pb terlindi pada kisaran 0,149 – 0,181 mg/L dengan konsentrasi Pb mendekati baku mutu TCLP C sebesar 0,2 mg/L.

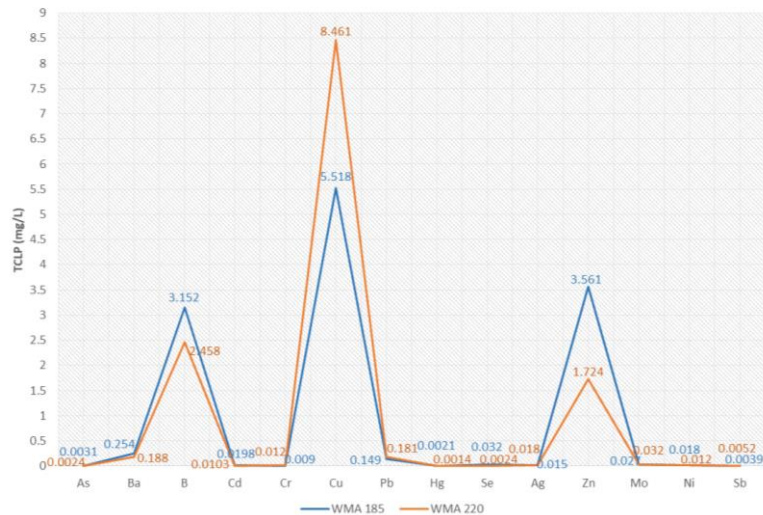
Tabel 2. Hasil pengujian TCLP pada sampel WMA 185 dan WMA 220

No.	Parameter	Metode/ Method	TCLP (mg/L)				
			Sample WMA 185	Sample WMA 220	PP No. 101 tahun 2014		
					TCLP - A	TCLP - B	TCLP - C
01	Arsen(As)	AASHydride	0.0031	0.0024	3	0.5	0.2
02	Barium(Ba)	AAS	0.254	0.188	210	35	14
03	Boron(B)	AAS	3.152	2.458	150	25	10
04	Cadmium(Cd)	AAS	0.0198	0.0103	0.9	0.15	0.06
05	Chromium(Cr)	AAS	0.009	0.012	15	2.5	1
06	Copper(Cu)	AAS	5.518	8.461	60	10	4
07	Lead(Pb)	AAS	0.149	0.181	3	0.5	0.2
08	Mercury(Hg)	AAS/HgAnalyzer	0.0021	0.0014	0.3	0.05	0.02
09	Selenium(Se)	AAS	0.0320	0.0024	3	0.5	0.2
10	Silver(Ag)	AAS	0.015	0.018	40	5	2
11	Zinc(Zn)	AAS	3.561	1.724	300	50	20
12	Molibidat(Mo)	AAS	0.027	0.032	21	3.5	1.4
13	Nikel(Ni)	AAS	0.018	0.012	21	3.5	1.4
14	Antimoni(Sb)	AAS	0.0039	0.0052	6	1	0.4

Sumber: Hasil uji Lab B3 ITB (2020)

Perbandingan hasil uji terhadap 14 parameter pada sampel WMA 185 dan sampel WMA 220 tidak menunjukkan korelasi yang sama terhadap hasil uji TCLP, dimana masing masing parameter menunjukkan hasil perlindian yang beragam. Sebagai contoh untuk parameter Cu dimana hasil uji TCLP pada sampel WMA 185 lebih kecil dibandingkan sampel WMA 220, hal ini berbeda dengan parameter Hg dimana hasil uji TCLP sampel WMA 185 lebih besar dibandingkan sampel WMA 220. Hal ini dimungkinkan karena perbedaan titik sampling dan tidak seragamnya persentasi tailing pada setiap sampel.

Gambar 5 terlihat bahwa grafik hubungan dari uji TCLP untuk kedua sampel WMA 185 dan WMA 220, dimana logam barium (Ba), tembaga (Cu) dan seng (Zn) untuk kedua sampel terlindi cukup tinggi dibandingkan perlindian logam lainnya. Hasil uji untuk setiap logam pada kedua sampel menunjukkan adanya korelasi tingkat perlindian yang sama namun bervariasi dimana terlihat signifikan pada logam B dan Zn perlindian keduanya pada sampel WMA 220 lebih rendah dibandingkan sampel WMA 185 namun perlindian pada logam Cu pada sampel WMA 220 lebih tinggi dibandingkan pada sampel WMA 185.

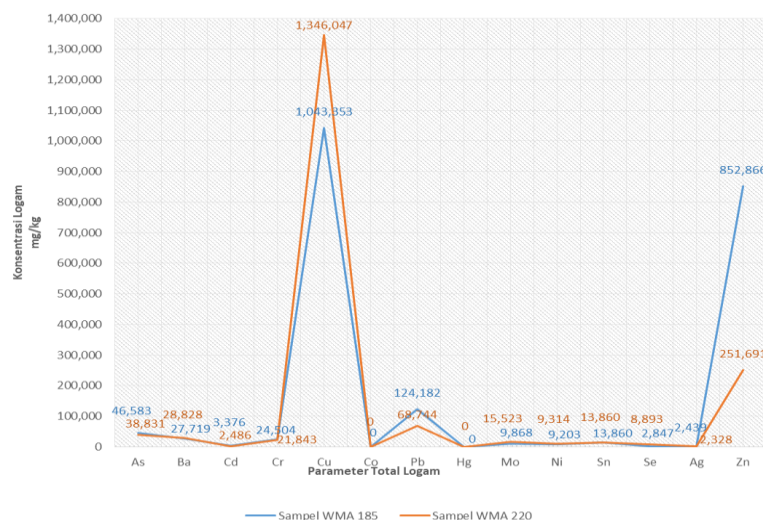


Gambar 5. Analisa uji TCLP sampel WMA 185 dan WMA 220

Tabel 3. Hasil pengujian total logam pada sampel WMA 185 dan WMA 220

No.	Parameter	Metode/Method	Sampel WMA 185 (mg/kg)	Sampel WMA 220 (mg/kg)	PP NO. 101 tahun 2014		
					TK - A	TK - B	TK - C
01	Arsen (As)	AAS	46,583	38,831	2000	500	20
02	Barium (Ba)	AAS	27,719	28,828	25000	6250	160
03	Cadmium (Cd)	AAS	3,376	2,486	400	100	3
04	Chromium (Cr)	AAS	24,504	21,843	2000	500	1
05	Copper (Cu)	AAS	1043,353	1346,047	3000	750	30
06	Cobalt (Co)	AAS	0,554	0,554	-	-	-
07	Lead (Pb)	AAS	124,182	68,744	6000	1500	300
08	Mercury (Hg)	AAS/Hg Analyzer	0,825	0,570	300	75	0,3
09	Molibidat (Mo)	AAS	9,868	15,523	4000	1000	40
10	Nickel (Ni)	AAS	9,203	9,314	12000	3000	60
11	Stanum (Sn)	AAS	13,860	13,860	-	-	-
12	Selenium (Se)	AAS	2,847	8,893	200	50	10
13	Perak (Ag)	AAS	2,439	2,328	720	180	10
14	Zinc (Zn)	AAS	852,866	251,691	15000	3750	120

Sumber: Hasil uji Lab B3 ITB 2020



Gambar 6. Analisa uji total logam sampel WMA 185 dan WMA 220

Analisa kandungan logam berat dalam material ModADA

Terdapat kandungan logam pada sampel WMA 185 dan WMA 220 yang mengandung konsentrasi logam dengan efek toksisitas akut dan kronis yang berada di atas baku mutu tingkat C (TK C), yaitu Arsen (As) pada rentang 38,831 – 46,583 mg/kg di atas baku mutu TK C untuk As sebesar 20 mg/kg, Chromium (Cr) pada rentang 24,504 – 21,843 mg/kg di atas baku mutu TK C untuk Cr sebesar 1 mg/kg dan Merkuri (Hg) hasil didapat pada rentang 0,570 – 0,825 mg/kg di atas baku mutu TK C sebesar 0,3 mg/kg.

Logam tembaga (Cu) dan zink (Zn) merupakan logam esensial yang terdapat pada kedua sampel dan konsentrasi keduanya diatas baku mutu TK C. Hasil uji logam Cu pada rentang 1043,353 mg/kg – 1346,047 mg/kg data tersebut di atas baku mutu TK C, untuk Cu sebesar 30 mg/kg, sedangkan hasil uji logam Zn adalah pada rentang 251,691 – 852,866 mg/kg dan berada diatas baku mutu TK C sebesar 120 mg/kg. Satu satunya parameter logam dalam kedua sampel yang berada di atas baku mutu TK B dan TK C, yaitu logam Cu dimana dengan konsentrasi hasil uji berada pada rentang 1043,353 – 1346,047 mg/kg dimana kisaran angka tersebut berada di atas baku mutu TK B sebesar 750 mg/kg dan di atas TK C sebesar 30 mg/kg.

Sampel WMA 185 memiliki konsentrasi logam Cadmium (Cd) dari pengujian total logam sebesar 3,376 mg/kg. Angka tersebut berada sedikit di atas baku mutu TK C sebesar 3 mg/kg. Meskipun hasil uji logam Cd pada sampel WMA 220 berada di bawah baku mutu tingkat C sebesar 2,486 mg/kg, namun hasil uji mendekati baku mutu TK C. Kandungan timbal (Pb) di bawah baku mutu TK C, namun perlu diperhatikan logam Pb memiliki efek toksisitas akut dan kronis pada makhluk hidup.

Terlihat pada grafik hubungan hasil uji total logam pada Gambar 6, dimana tingkat konsentrasi logam Cu pada sampel WMA 185 lebih rendah dibandingkan sampel WMA 220 namun berbanding terbalik pada logam Pb dan Zn dimana signifikan menunjukkan tingkat konsentrasi yang lebih tinggi antara sampel WMA 185 dan WMA 220. Hal ini menunjukkan adanya keberagaman tingkat konsentrasi pada kedua sampel uji. Hal ini dapat terjadi, karena

adanya pengaruh perbedaan titik sampling dan kondisi lingkungan di lokasi sumber.

Berdasarkan hasil pengujian terdapat beberapa hasil analisa yang diperoleh, yaitu:

1. Hasil uji TCLP pada Tabel 2 menunjukkan seluruh parameter uji, sebanyak 14 parameter, sesuai dengan PP No 101 Tahun 2014 dan PP No 22 Tahun 2021, menunjukkan tingkat konsentrasi terlindikan di bawah baku mutu TCLP A dan TCLP B.
2. Beberapa parameter seperti Cu masih di atas TCLP C serta ada beberapa parameter logam yang perlu menjadi perhatian dari aspek sifat toksis yaitu timbal (Pb) dan merkuri (Hg). Dimana masing-masing parameter Cu berkisar 5,518-8,461 mg/L, Pb berkisar 0,149-0,181 mg/L dan Hg berkisar 0,0014-0,0021 mg/L, dengan baku standar TCLP C masing masing Cu 4 mg/L, Pb 0,2 mg/L dan Hg 0,02 mg
3. Sementara itu hasil uji kandungan logam total pada Tabel 3, dengan mengacu standar pada PP No 101 Tahun 2014 dan PP No 22 Tahun 2021, untuk tingkat konsentrasi Cu berkisar 1043,353 – 1346,047 mg/kg, Pb berkisar 68,744-124,182 mg/kg, Hg berkisar 0,570-0,825 mg/kg dan logam kromium (Cr) berkisar 21,843- 24,504 mg/kg, berdasarkan hasil uji maka untuk parameter Cu diatas tingkat konsentrasi B (750 mg/kg), untuk parameter merkuri (Hg) dan kromium (Cr) diatas tingkat C masing masing baku mutu untuk Hg TK C 0,3 mg/kg dan untuk Cr Tk C 1,0 mg/Kg. Sementara tingkat konsentasi Pb masih di bawah baku mutu TK C (300 mg/kg).

PEMBAHASAN

Hasil uji TCLP material agregat tailing ModADA secara umum di bawah baku mutu PP No 101/2014 dan PP No 22/2021 (Tabel 2). Sementara hasil uji kandungan total logam (Tabel 3), untuk parameter logam Arsen (As), Chromium (Cr) Zinc (Zn) dan Mercury (Hg) masih di atas baku mutu TK-C. Menurut PP No 101/2014 dan PP No 22/2021 dapat dikategorikan limbah non B3, dalam pengertian semua perlakuan dan pemanfaatan tetap diperhatikan mengacu pada kebijakan pengelolaan limbah non B3 serta material tidak dapat digunakan sebagai tanah dasar dan pengelolaan lahan mengikuti kebijakan mengenai lahan terkontaminasi.

Hasil pengujian material agregat tailing ModADA menunjukkan adanya logam berat esensial dan non esensial, untuk itu material agregat tailing ModAda memiliki efek racun / toksik tergantung dari tingkat konsentrasi, kadar dan waktu paparan dengan efek kepada manusia.

Menurut Alina et al Tahun 2012, toksisitas logam (Hg) bersifat akut dimana merkuri memiliki kemampuan untuk menggabungkan dengan unsur-unsur lain dan membentuk merkuri organik dan anorganik. Paparan peningkatan kadar logam, merkuri organik dan anorganik dapat merusak otak, ginjal dan janin yang sedang berkembang (Martin and Griswold 2009). Dalam paparan jangka panjang dapat beracun pada sistem syaraf pusat serta dapat menyebabkan kelainan pada kelahiran (Darmono 1995).

Semua senyawa merkuri merupakan racun bagi tubuh, apabila berada dalam jumlah yang cukup. Senyawa Hg yang berbeda, menunjukkan karakteristik yang berbeda pula dalam daya racun, penyebaran, akumulasi dan waktu retensi yang dimilikinya di dalam tubuh. Keracunan Hg yang akut dapat menyebabkan terjadinya saluran pencernaan, gangguan kardiova sculler, kegagalan ginjal akut, shock dan kelainan psikiatri seperti insomnia, tremor, dan depresi. Kerusakan yang diakibatkan oleh logam Hg dalam tubuh umumnya bersifat permanen (Palar 1994).

Pada dasarnya besarnya resiko akibat terpapar oleh Hg, tergantung dari sumber Hg di lingkungan, tingkat paparan, teknik pengambilan sampel, analisis sampel dan hubungan dosis-respon (Siagian 2008).

Untuk logam tembaga (Cu) pada kadar tertentu bagi tubuh manusia dapat bersifat racun, keracunan tembaga bersifat akut atau kronis dengan terakumulasi terlebih dahulu. Gejala keracunan akut pada manusia seperti mual, muntah, hemolisis, kejang dan dapat mengakibatkan kematian. Keracunan kronis dimana logam Cu menumpuk di hati dan menyebabkan terjadi oksidasi dari lapisan sel yang mengakibatkan sel menjadi pecah. Hemolisis pada keracunan akut dapat menyebabkan anemia dan terhambatnya pertumbuhan (Darmono 1995).

Adapun Paparan dengan jumlah yang tinggi dari senyawa chromium (Cr) pada manusia dapat menyebabkan penghambatan eritrosit gluthione reduktase yang pada akhirnya

dapat menurunkan methemoglobin dengan hemoglobin (Schlatter and Kissling 1973).

Sementara itu untuk unsur Arsen dalam bentuk tereduksi disebut arsenit memiliki toksisitas akut dan kronis (Martin dan Griswold 2009). Gejala keracunan arsenit pada manusia berupa mual, muntah kerusakan pembuluh darah, penyakit paru, penyakit pembuluh darah perifer, hipertensi dan penyakit kardiovaskular (Smith dkk. 2000).

Untuk unsur Pb yang terkandung dalam material agregat tailing walaupun kandungannya di bawah TK C, perlu diperhatikan karena efek toksisitas logam timbal (Pb) bersifat akut, dapat menyebabkan hilangnya nafsu makan, sakit kepala, hipertensi, nyeri perut, gangguan fungsi ginjal, kelelahan, sulit tidur, arthritis, halusinasi dan vertigo (Markowitz 2000). Hasil kajian Darmono pada tahun 1995 sudah menyimpulkan bahwa Pb dapat menyebabkan kerusakan otak, ginjal dan kelainan pada kelahiran.

Paparan bersifat kronis dapat menyebabkan keterbelakangan mental, cacat lahir, psikosis, autism, alergi, disleksia, penurunan berat badan, hiperaktif, kelumpuhan, kelemahan otot, kerusakan otak, kerusakan ginjal dan bahkan dapat menyebabkan kematian (Martin dan Griswold 2009).

Efek racun /toksisitas dari unsur logam Hg, Cu, Cr, As, dan Pb hasil review literatur di atas perlu menjadi perhatian dan kehati-hatian para penyelenggara jalan dalam pemanfaatan material agregat tailing, khususnya pada tahap konstruksi, operasional (O) dan pemeliharaan (P) jalan. Hal ini berpotensi memberikan berdampak kepada para pekerja lapangan serta lingkungan di sekitar lokasi pekerjaan.

Pada tahap konstruksi dan O/P pemanfaatan material agregat tailing, dapat menimbulkan pencemaran debu dan kemungkinan terjadinya kelarutan (lindi) dari logam berat yang terkandung dalam material agregat tailing.

Mengacu pada Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Tahun 2018, seksi 1.17 tentang pengamanan lingkungan jalan, dan Pedoman Pengelolaan Lingkungan Hidup (PLH) Bidang Jalan tahun 2017, maka perlu dilakukan kegiatan pengelolaan lingkungan hidup pada pelaksanaan konstruksi dan O/P jalan yang memanfaatkan material agregat tailing ModADA.

Salah satu hal yang perlu disiapkan adalah *Standard Operation Procedure* (SOP) dan pedoman pada tahap konstruksi dan O/P yang mencakup: sistem penyimpanan material agregat tailing ModAda, pelaksanaan konstruksi yang dapat mereduksi timbulnya debu dari material agregat tailing dan penerapan ketaatan para pelaksana pekerjaan dalam menggunakan alat pelindung diri (APD).

Dalam mengurangi potensi terpapar debu dari material agregat tailing ModAda, para pekerja perlu menggunakan alat pelindung pernafasan berupa masker, minimal jenis N95. Pemilihan jenis masker ini melihat dari kemampuan masker N95 dimana masker respirator N95 adalah bagian dari respirator pemurni udara jenis *filtering piece* yang dapat menyaring partikulat (PM) sampai dengan ukuran 0,3 µm sebesar 95% (Haruyuki dan Agus 2017). Menurut hasil kajian Soraya tahun 2012 masker jenis N95 mampu menurunkan angka penyakit paru akibat paparan debu.

Memperhatikan adanya potensi dampak lingkungan di atas, maka dalam penerapan pemanfaatan material agregat tailing para pengambil kebijakan di lingkungan Kementerian PUPR, perlu mengantisipasi potensi pencemaran lingkungan dan dalam penerapannya diprioritaskan untuk jalan nasional dan jalan tol.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil analisa dan pembahasan, disimpulkan Hasil uji TCLP dari material agregat tailing ModADA, berdasarkan PP No 101/2014 dan PP No 22/2021, masih dibawah baku mutu, kecuali untuk unsur Cu dan Cr.

Material agregat tailing ModADA, memiliki kandungan logam Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) yang bersifat toksik akut dan kronis, maka penyelenggara jalan dalam pemanfaatan perlu mengantisipasi potensi pencemaran lingkungannya.

Beberapa kandungan logam yang melebihi standar TK.C adalah merkuri (Hg) sebesar 0,570-0,825 mg/kg (BM TK. C 0,3 mg/kg), dan kandungan Cu yang sudah melebihi kandungan konsentrasi TK. B sebesar 1043,353-1346,047 dengan baku mutu TK B 750 mg/Kg.

Kementerian PUPR perlu mempersiapkan kebijakan pelaksanaan pengelolaan lingkungan hidup pemanfaatan material agregat tailing

ModADA pada tahap pra konstruksi, konstruksi, operasional serta pemeliharaan.

Pada tahap konstruksi yang perlu menjadi perhatian penyelenggara jalan dalam pemanfaatan material ini adalah:

- penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) sarung tangan dan masker N95;
- pencemaran debu dari material agregat tailing harus dikendalikan.
- penyimpanan material ini harus terlindung dari pengaruh air hujan.

Saran

Memperhatikan kandungan logam berat dari material agregat ModADA, perlu pertimbangan dalam penerapannya, seperti terkait aspek lokasi (antara lain hanya dimanfaatkan di lokasi penghasil yaitu pulau Papua) dan fungsi jalan (antara lain tidak dimanfaatkan untuk jalan lingkungan).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan penulis kepada Kepala Balai Perkerasan dan Lingkungan Jalan dan Jajarannya yang telah mendukung kajian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alina, M., Azrina A., Mohd Yunus AS., Mohd. Zakiuddin S., Mohd Izuan Ef endi H, and Muhammad Rizal. 2012. *Heavy metals in selected marine fish and shellfish along the straits of Malacca*. Int Food Res J: 19 (1): 135-140
- Casarett, Doull's. 2001. *Toxicology the Basic Science of Poissons*. McGraww-Hill Medical Publishing Division: New York.
- Dantje T. 2011. *Toksikologi Lingkungan*. Yogyakarta: Andi.
- Darmono. 1995. *Logam dalam sistem biologi makhluk hidup*. UI Press. Jakarta.
- Torresdey, J. L. G., Jose R. Peralta-Videa, G. de la Rosa, and J.G. Parsons. 2005. Phytoremediation of heavy metals and study of the metal coordination by x-ray absorption spectroscopy. *Coordination Chemistry Reviews* (249):1797-1810.
- Gunawan, G. 2011. *Kajian Lingkungan Pemanfaata Limbah B3 Dalam Bidang Jalan*. Bandung: Laporan akhir, Puslitbang Jalan dan Jembatan.
- Haruyuki, D. F. dan Agus D. S. 2017. Peran Masker/Respirator dalam Pencegahan Dampak Kesehatan Paru Akibat Polusi Udara. *Jurnal Respirasi* 3(1):18-25.
- Indonesia, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK). 1999. *Peraturan*

- Pemerintah (PP) No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara*. Jakarta: Kementerian LHK.
- Indonesia, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK). 2014. *Peraturan Pemerintah (PP) No. 101 Tahun 2014 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*. Jakarta: Kementerian LHK.
- Indonesia, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2015. *Permen LHK No. P.55/Menlhk-Setjen Tahun 2015 tentang Tata Cara Uji Karakteristik Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*. Jakarta: Kementerian LHK.
- Indonesia, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK). 2020. *Permen LHK No.P.18/MENLHK/SETJEN/KUM.1/8/200 tentang Pemanfaatan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*. Jakarta: Kementerian LHK.
- Indonesia, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). 2017. Laporan Akhir Pedoman Teknis Pelaksanaan Pengelolaan Lingkungan Hidup Bidang Jalan Dan Jembatan. Jakarta: Kementerian PUPR.
- Indonesia, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). 2018. Seksi 1.17 Pengamanan Lingkungan Hidup. Di dalam Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan. 1-67. Jakarta: Kementerian PUPR.
- Indonesia, Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). 2020. *SKh-1.5.12 Spesifikasi Khusus Lapis Fondasi Agregat Menggunakan Tailing (LFAT)*. Jakarta: Kementrian PUPR, Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan.
- Indonesia, Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). 2020. *SKh-1.5.13 Spesifikasi Khusus Lapis Fondasi Tailing Aspal (LFTA)*. Jakarta: Kementrian PUPR, Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan.
- Indonesia, Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). 2020. *SKh-2.5.28 Spesifikasi Khusus Campuran Beraspal Panas Menggunakan*. Jakarta: Kementrian PUPR, Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan.
- Indonesia, Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). 2020. *SKh-3.7.44 Spesifikasi Khusus Beton Menggunakan Tailing*. Jakarta: Kementrian PUPR, Direktorat Bina Teknik Jalan dan Jembatan.
- Kim, Young Suk, Mina Ha, Ho Jang Kwon, Hae Young Kim and Youn Hee Choi. 2017. *Association between Low Blood Lead Level and Increased Risk of Dental Caries In Children: a cross-sectional study*. BMC Oral Health 17(42):1-7.
- Markowitz, M. 2000. Lead Poisoning. *Pediatrics in Review* 21 (10): 327–335
- Martin, S. and Griswold W. 2009. Human Health Effects of Heavy Metals. *Environmental Science and Technology Briefs for Citizens* (15): 1–6.
- Palar, H. 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Jakarta; Rineka Cipta.
- Schlatter C, Kissling U. 1973. Acute fatal bichromate poisoning. *Beitrage zur Gerichtlichen Medizin* 30: 382–388.
- Siagian, L. 2008. Analisis Tingkat Pencemaran Logam Berat Perairan Laut Belawan. *Lembaga Penelitian Universitas Nonmensen* 1(1).
- Soraya, M. 2012. Pemilihan alat pelindung pernapasan pada proses produksi di tiga Industri, Universitas Indonesia.
- Sudarmaji, J., Mukono, Cori I.P. 2006. Toksikologi Logam Berat B3 dan Dampaknya Terhadap Kesehatan). *Jurnal Kesehatan Lingkungan* 2(2): 129-142.