



PEMANFAATAN LIMBAH LUMPUR HASIL PENGOLAHAN PENYAMAKAN KULIT DENGAN STABILISASI/SOLIDIFIKASI

Adelia Septianingrum Puspitasari* , Rr. Dina Asrifah
Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral,
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta
*Corresponding Author, Email : dina.asrifah@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Limbah lumpur hasil pengolahan penyamakan kulit dengan kandungan logam berat yang tidak terkelola lebih lanjut dapat menimbulkan pencemaran tanah dan udara. Tujuan penelitian antara lain mengetahui karakteristik limbah lumpur, melakukan stabilisasi/solidifikasi menggunakan limbah lumpur untuk meminimalisir kerusakan lingkungan, serta mengetahui keterkaitan bahan campuran dengan hasil uji. Metode penelitian antara lain eksperimental, uji laboratorium, dan analisis data (deskriptif dan korelasi pearson). Hasil penelitian menunjukkan bahwa bata beton dengan kualitas terbaik menggunakan rasio campuran 30% semen portland, 50% pasir+kerikil, dan 20% limbah lumpur yang termasuk mutu kualitas IV. Penggunaan bahan campuran berkorelasi dengan hasil uji kecuali penggunaan limbah lumpur yang tidak berkorelasi dengan hasil Cr bata beton. Proses pengelolaan dan pengolahan tersebut dapat menurunkan kadar Cr awal sebesar 14.950,899 mg/kg menjadi 3.496,140 mg/kg.

Kata Kunci : Limbah Lumpur; Logam Berat; Stabilisasi/Solidifikasi.

ABSTRACT

Waste sludge from tannery processing with heavy metal content that is not managed further can cause soil and air pollution. The objectives of the research include knowing the characteristics of sludge waste, conducting stabilization/solidification using sludge waste to minimize environmental damage, and knowing the relationship between mixture materials and test results. The research methods included experimental, laboratory tests, and data analysis (descriptive and Pearson correlation). The results showed that the best quality concrete bricks used a mix ratio of 30% portland cement, 50% sand+gravel, and 20% waste sludge which included quality IV. The use of mixed materials correlated with the test results except the use of sludge waste which did not correlate with the concrete brick Cr results. The management and processing process can reduce the initial Cr content of 14,950.899 mg/kg to 3,496.140 mg/kg.

.Keywords : Sewage Sludge; Heavy Metals; Stabilization/Solidification..

PENDAHULUAN

Produk kulit saat ini tidak hanya digunakan sebagai barang kebutuhan sehari-hari, akan tetapi penggunaan produk kulit juga menjadi simbol status sosial di dalam masyarakat. Produk kulit biasanya terbuat dari kulit hewan seperti kulit sapi, domba, dan kambing yang terlebih dahulu melalui proses penyamakan. Proses penyamakan kulit melalui 3 tahapan antara lain pra-penyamakan, penyamakan, dan pasca penyamakan yang selanjutnya menghasilkan produk kulit kualitas terbaik dan limbah (cair padat). Limbah adalah sisa bahan atau sisa proses produksi yang tidak berharga dan tidak mempunyai nilai (Purwanto, 2021). Limbah yang dihasilkan dari proses penyamakan kulit akan dikelola di Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) dan selanjutnya akan dibuang ke badan air serta ditampung

pada Tempat Penampungan Sementara (TPS) kolam lumpur yang berisikan limbah lumpur hasil pengelolaan limbah di IPAL. Penelitian dilakukan terhadap limbah lumpur hasil penyamakan kulit dengan alasan sebagai bentuk pengelolaan lebih lanjut terhadap limbah lumpur agar lingkungan disekitar khususnya pada tanah tidak tercemar lebih parah akibat adanya kandungan logam berat berupa Cr. Pengolahan limbah lumpur dilakukan dengan cara stabilisasi/solidifikasi menjadi produk bata beton jenis pejal agar limbah lumpur di TPS kolam lumpur dapat berkurang dan meminimalisir pencemaran tanah yang lebih parah, hasil pengolahan tersebut dapat mudah diimplementasikan kepada perusahaan serta *cost* yang dikeluarkan dalam pengolahan limbah lumpur tidak terlalu tinggi. Limbah lumpur memiliki karakteristik yang beragam, tergantung pada sumber dan proses pengolahannya. Limbah ini seringkali mengandung zat organik dan anorganik yang dapat mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Oleh karena itu, pengelolaan limbah lumpur menjadi sangat penting untuk mencegah dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan ekosistem. (Sucahyo et al, 2018).

Novitasari et al (2014) dalam penelitiannya yang menggunakan desain eksperimen faktorial untuk meningkatkan kualitas batako yang terbuat dari abu vulkanik Merapi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi kadar air pembentukan 0,2, komposisi bahan 1:5, dan gradasi agregat 30%:30%:40% dapat meningkatkan kuat tekan batako menjadi 159 kg/cm², memenuhi standar B100. Penelitian mengenai pemanfaatan limbah lumpur industri penyamakan kulit untuk beton pernah dilakukan oleh Wahyudi & Zhafirah (2022). Penelitian dilakukan dengan tujuan mengetahui hasil kuat tekan dan tarik belah beton dengan penggunaan bahan limbah lumpur. Bahan dan pengujian didasarkan pada SNI 7656-2012. Hasil penelitian didapatkan bahwa kuat tekan pada BU1 dihasilkan 20,75%, BU3 30,95%, dan BU5 sebesar 34,48%. Sedangkan hasil kuat tarik belah beton pada BU1 sebesar 12,33%, BU3 sebesar 33,11%, dan BU5 didapatkan 5,87%. Variasi penggunaan bahan campuran beton menghasilkan nilai kuat tekan dan tarik belah beton yang berbeda, hal ini disebabkan adanya penyerapan air pada beton sehingga air semen meningkat. Penelitian dari Athaya & Aldi (2023) mengenai kualitas bata beton dari limbah lumpur sebagai pengganti semen dilakukan dengan tujuan mengetahui pengaruh penggunaan limbah lumpur sebagai pengganti semen dalam bahan pembuatan bata beton. Variasi limbah lumpur yang digunakan yakni 10%, 15%, 20%, 25%, serta 30% dengan pembuatan beda sebanyak 24 buah. Hasil penelitian dari penggunaan variasi rasio limbah lumpur didapatkan mutu yang berbeda-beda, penggunaan variasi 30% limbah lumpur didapatkan mutu D dengan pemanfaatan sebagai taman sedangkan pada variasi 10%, 15%, dan 20% dapat digunakan sebagai pelataran parkir (mutu B).

Industri penyamakan kulit merupakan industri yang mengolah kulit mentah menjadi produk kulit jadi (*leather*) dengan melalui proses pra-penyamakan (*beamhouse*), penyamakan (*tanning*), serta pasca penyamakan (*post-tanning*) (Kuncoro et al, 2022). Proses penyamakan kulit akan menghasilkan produk kulit tersamak dan limbah hasil penyamakan. Limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan (PP Nomor 22 Tahun 2021). Limbah yang dihasilkan berupa limbah cair dan padatan. Limbah cair dikatakan sebagai air yang berasal dari suatu proses dalam suatu kegiatan (PP Nomor 22 Tahun 2021). Limbah padatan merupakan hasil sisa material atau bahan buangan yang tidak digunakan kembali dari proses pengolahan yang terbagi menjadi limbah padat mudah dan sukar terbakar,

mudah membusuk, dapat didaur ulang, radioaktif, bongkaran bangunan, serta lumpur (Arief, 2016). Limbah hasil proses penyamakan kulit mengandung BOD, COD, TSS, Krom total (Cr), minyak dan lemak, ammonia, sulfida, dan pH yang perlu dilakukan pengelolaan lebih lanjut terutama pada Cr sebagai salah satu parameter logam berat yang sangat berbahaya apabila masuk ke lingkungan karena sifatnya yang *toxic*. Limbah lumpur yaitu endapan dari limbah cair dan mikroorganisme yang berasal dari hasil pengolahan limbah di Instalasi Pengelolaan Air Limbah (IPAL) (Wahyono dalam Pandapotan et al, 2017). Terkadang, limbah lumpur masih dalam bentuk basah atau kandungan airnya tinggi yang disebut dengan *slurry* sedangkan limbah lumpur dengan kandungan air rendah disebut dengan *sludge*. Logam berat pada limbah lumpur apabila masuk ke dalam lingkungan akan merusak dan mencemari daerah disekitar khususnya pada tanah. Pencemaran tanah yakni masuknya bahan pencemar akibat aktivitas manusia dan merubah kondisi tanah. Aktivitas manusia tersebut seperti bocornya limbah kimia industri, limbah industri yang langsung dibuang tanpa pengelolaan lebih lanjut, dan penggunaan pestisida berlebih (Muadifah, 2019). Guna meminimalisir pencemaran tanah dilakukan pemanfaatan limbah lumpur dengan cara melakukan pembuatan bata beton menggunakan stabilisasi/solidifikasi. Stabilisasi/solidifikasi adalah proses penambahan zat pengikat pada limbah untuk mereduksi atau menurunkan lindi kontaminan secara fisika maupun kimia (Anrozi & Trihadiningrum, 2017). Chrislundi, V. (2015) dalam penelitiannya yang menggunakan semen portland dan fly ash dalam proses stabilisasi/solidifikasi untuk limbah yang mengandung logam berat dan hidrokarbon, menunjukkan bahwa kombinasi ini dapat meningkatkan kestabilan dan kekuatan produk akhir. Sehingga metode stabilisasi/solidifikasi menjadi salah satu solusi yang dapat diandalkan dalam pengelolaan limbah B3 untuk mencegah pencemaran lingkungan. Proses stabilisasi/solidifikasi akan menghasilkan produk bata beton tipe pejal. Bata beton merupakan unsur bangunan dengan bentuk bata dan terbuat dari air, agregat, semen *portland* dan biasanya digunakan sebagai bahan konstruksi dinding (SNI 03-0349-1989). Bata beton adalah elemen konstruksi berbentuk bata yang dibuat dari campuran semen portland, air, dan agregat. (Kompasiana, 2022).

Penelitian didasarkan dan mengacu pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 2020 Tentang Tata Cara Uji Karakteristik dan Penetapan Status Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun yang tertera di Bab III Pasal 11 (dasar pelaksanaan uji total konsentrasi logam berat) serta Lampiran II mengenai nilai konsentrasi dalam pengujian limbah lumpur sebelum dan sesudah dilakukan pengolahan yang ditunjukkan pada Tabel 1. dan nilai konsentrasi yang diteliti hanya berfokus pada parameter Krom total (Cr) dan Kadmium (Cd). Selain itu, mengacu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021 Tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun pada Limbah XIII yang berkaitan dengan persyaratan teknis dalam pemanfaatan limbah B3 yakni limbah lumpur. SNI-03-0349-1989 Tentang Bata Beton untuk Pasangan Dinding digunakan sebagai kriteria penentuan mutu kualitas bata beton yang dihasilkan pada bagian syarat fisis, hal ini ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Nilai Konsentrasi Zat Pencemar Dengan Uji Total Konsentrasi Logam Berat

Zat Pencemar (berat kering)	TK-A (mg/kg)	TK-B (mg/kg)
Kadmium, Cd	400	100

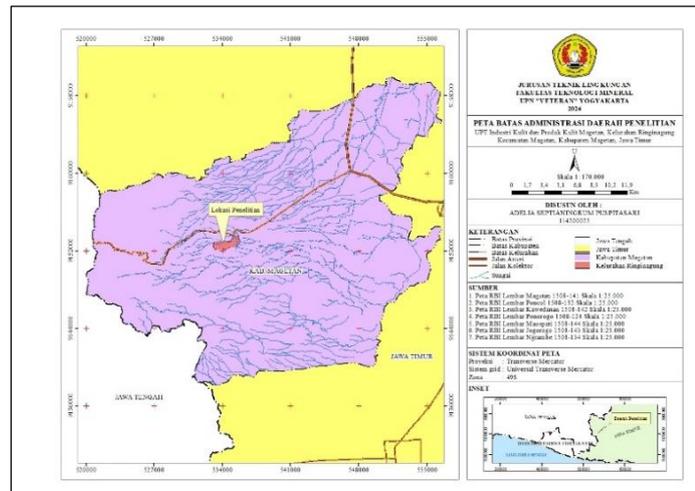
Tabel 2. Syarat Fisis Bata Beton Pejal

Syarat Fisis	Satuan	Tingkat mutu bata beton pejal			
		I	II	III	IV
Kuat tekan bruto rata-rata min.	kg/cm ²	100	70	40	25
Kuat tekan bruto masing-masing benda uji min.	kg/cm ²	90	65	35	21
Penyerapan air rata-rata maks.	%	25	35	-	-

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada pada UPT (Unit Pelaksana Teknis) Industri Kulit dan Produk Kulit Magetan, Desa Ringingagung, Kecamatan Magetan, Kabupaten Magetan, Provinsi Jawa Timur. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Daerah Penelitian

Metode Eksperimental

Metode eksperimental dilakukan untuk melakukan pengolahan limbah lumpur sebagai bata beton pejal. Metode digunakan untuk mengetahui sebab akibat perlakuan. Sebab dilakukannya metode eksperimental yakni penggunaan variasi rasio campuran bahan bata beton seperti ditunjukkan pada Tabel 3. Akibat dari metode ini ialah hasil uji kuat tekan, serap air, dan kandungan Krom total (Cr) dan Kadmium (Cd) bata beton yang diuji. Tiap variasi memiliki 7 sampel bidang bata beton dengan rincian 3 bidang untuk uji kuat tekan, 3 bidang untuk uji serap air, serta 1 bidang untuk uji kandungan Cr dan Cd. Tahapan metode eksperimental dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 3. Variasi Rasio Campuran Bata Beton

Sampel Variasi	Semen Portland	Pasir dan Kerikil	Limbah Lumpur
P0	0%	0%	100%
P1	10%	50%	40%
P2	20%	50%	30%
P3	30%	50%	20%



Gambar 2. Diagram Alir Metode Eksperimental

Metode Uji Laboratorium

Metode uji laboratorium adalah metode yang dilakukan untuk mengetahui kandungan atau karakteristik sampel dari objek yang diteliti. Sampel yang diuji antara lain limbah lumpur (*sludge*) serta bata beton. Uji sampel yang dilakukan sebagai berikut :

1. Uji Konsentrasi Krom Total (Cr) dan Kadmium (Cd)
Tujuan pengujian konsentrasi Cr dan Cd dilakukan untuk mengetahui besaran kandungan Cr dan Cd dari sampel yang diteliti yakni sampel limbah lumpur (*sludge*) dan bata beton. Metode pengujian mengacu pada USEPA 3051;SW 846-7000B.2007 tentang *Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils*. Hasil uji konsentrasi Cr dan Cd akan dibandingkan dengan bakumutu dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 10 Tahun Tentang Tata Cara Uji Karakteristik dan Penetapan Status Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.
2. Uji Kuat Tekan
Pengujian kuat tekan bata beton dilakukan untuk mengetahui kekuatan bata beton untuk bangunan yang direncanakan. Acuan dalam pengujian kuat tekan menggunakan SNI 03-0349-1989 Tentang Bata Beton untuk Pasangan Dinding.
3. Uji Serap Air
Uji serap air merupakan uji yang dilakukan untuk mengetahui kadar air yang terserap oleh bata beton. Pengujian dilakukan menggunakan 3 bidang sampel dari tiap perlakuan. Acuan untuk pengujian dan kriteria hasil menggunakan SNI 03-0349-1989 Tentang Bata Beton untuk Pasangan Dinding.

Metode Analisis Data Deskriptif

Metode analisis data deskriptif dilakukan untuk menggambarkan data yang telah didapatkan secara deskripsi. Data tersebut berupa data hasil pengujian dalam bentuk angka dan grafik yang selanjutnya akan dijabarkan mendetail secara deskripsi. Analisis data deskriptif diterapkan untuk hasil uji limbah lumpur (*sludge*) dan bata beton.

Metode Analisis Data Korelasi Pearson

Analisis korelasi *pearson* digunakan untuk mengukur kekuatan hubungan dan arah hubungan antara 2 variabel. Analisis ini diterapkan untuk mengukur kekuatan hubungan, arah hubungan, serta korelasi atau tidak korelasi dari variabel x berupa semen portland, pasir+kerikil, dan limbah lumpur terhadap variabel y berupa hasil kuat tekan, serap air, dan kandungan logam berat bata beton.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Limbah Lumpur (*Sludge*) Sebelum Pengolahan

Hasil karakteristik pengujian *sludge* ditunjukkan pada **Tabel 4**. Nilai konsentrasi Cr lebih tinggi dibandingkan nilai Cd disebabkan adanya penggunaan bahan krom dalam proses penyamakan kulit sebesar 8% atau 2 karung dari 9-10 kuintal berat kulit yang diolah dalam 1 hari untuk 1 industri sedangkan pada lokasi penelitian terdapat 36 industri yang melakukan produksi kulit menggunakan bahan krom. Selain itu, adanya akumulasi penimbunan limbah lumpur juga menjadikan nilai Cr cukup tinggi. Hasil konsentrasi nilai Cd dapat dikategorikan di bawah bakumutu sesuai dengan peraturan yang diacu. Penggunaan Cd dalam proses penyamakan kulit berfungsi sebagai bahan pigmen atau pewarna untuk kulit yang menyesuaikan berat kulit yang telah disamak.

Tabel 4. Hasil Konsentrasi Cr dan Cd Pada Limbah Lumpur

No	Parameter (mg/kg)	Hasil Uji (mg/kg)	Acuan Bakumutu	Nilai Bakumutu (mg/kg)
1	Krom total (Cr)	14.950,899	-	
			Permen LHK Nomor 10 Tahun 2020	
			Tentang Tata Cara Uji Karakteristik dan	400 (TK-A)
2	Kadmium (Cd)	<0,848	Penetapan Status Limbah Bahan	100 (TK-B)
			Berbahaya dan Beracun	

Hasil Uji Pada Bata Beton

Hasil pengujian pada bata beton terhadap kuat tekan, serap air, serta kandungan Cr dan Cd ditunjukkan pada **Tabel 5**. Hasil uji pada tiap perlakuan mendapatkan nilai yang berbeda-beda akibat faktor variasi rasio campuran bahan pembuatan bata beton. Bata beton dengan kualitas yang baik memiliki kuat tekan tinggi, serap air rendah, serta kandungan logam berat rendah.

Tabel 5. Hasil Uji Sampel Bata Beton

SNI 03-0349-1989						
No	Parameter	Satuan	P0	P1	P2	P3
1	Kuat Tekan	kg/cm ²	4,71	2,39	47,86	34,50
			4,45	4,29	30,33	37,57
			3,69	1,98	24,54	32,05
2	Serap air	%	21,94	20,64	8,57	7,37
Kandungan Logam Berat						
1	Krom total (Cr)	mg/kg	18.199,116	10.062,733	7.016,479	3.496,140
2	Kadmium (Cd)		<0,848	<0,848	<0,848	<0,848

Dari hasil pengujian, kuat tekan rata-rata P0 = 4,28 kg/cm², P1 = 2,89 kg/cm², P2 = 34,24 kg/cm², dan P3 = 37,71 kg/cm². Hasil uji kuat tekan yang paling stabil dan tinggi berada pada sampel perlakuan 3 (P3) dengan nilai kuat tekan rata-rata 34,71 kg/cm² dan terendah pada sampel P1 sebesar 2,89 kg/cm². Hasil uji serap air terendah didapatkan nilai 7,37% pada sampel P3 dan serap air paling tinggi sebesar 21,94% pada sampel P0. Hasil uji kandungan Cr pada tiap sampel perlakuan didapatkan nilai yang berbeda-beda akan tetapi untuk kandungan Cd pada tiap sampel perlakuan didapatkan nilai yang sama yakni <0,848 mg/kg. Kandungan Cr tertinggi sebesar 18.199,116 mg/kg pada sampel P0 dan terendah sebesar 3.496,140 mg/kg pada sampel P3. Nilai Cr pada P0 lebih tinggi dibandingkan dengan nilai Cr *sludge* sebelum pengolahan diakibatkan proses pemekatan yang berdampak pada meningkatnya senyawa-senyawa yang ada di dalamnya. Faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya pada hasil uji yang telah dilakukan antara lain bahan campuran yang digunakan dan rasio campuran bahan yang digunakan. Bahan semen *portland* memiliki sifat merekatkan bahan lainnya serta bahan pasir+kerikil yang berfungsi memadatkan adonan bata beton sehingga adonan dapat menjadi padat. Hasil uji terutama pada nilai kuat per bidang, rata-rata, dan serap air akan dibandingkan dan diklasifikasikan sesuai acuan SNI 03-0349-1989. Berdasarkan hasil klasifikasi dengan acuan yang digunakan bahwa pada sampel P0 dan P1 tidak dapat dikategorikan sebagai bata beton yang memiliki mutu, sedangkan pada sampel P2 dan P3 dapat diklasifikasikan sebagai bata beton dengan mutu kualitas IV (tidak menopang beban, terlindungi atap, perlu penambahan plester). Hasil analisis penggunaan bahan campuran terhadap keterkaitan hasil uji ditunjukkan pada tabel 6

Tabel 6. Hasil Analisis Korelasi *Pearson* Pada Bahan Campuran Bata Beton Terhadap Hasil Uji Bata Beton

Analisis Korelasi <i>Pearson</i> Terhadap Hasil Uji Kuat Tekan Rata-Rata					
Variabel X	<i>Pearson Correlation</i> (r)	Sig. (2-tailed)	T tabel	T hitung	Kesimpulan
Semen <i>Portland</i>	0,887			2,720	Tidak Berkorelasi
Pasir + Kerikil	0,551	0,05	4,30265	0,934	Tidak Berkorelasi
Limbah Lumpur	-0,702			-1,394	Tidak Berkorelasi
Analisis Korelasi <i>Pearson</i> Terhadap Hasil Uji Serap Air					
Semen <i>Portland</i>	-0,932			-3,645	Tidak Berkorelasi
Pasir + Kerikil	-0,631	0,05	4,30265	-1,150	Tidak Berkorelasi
Limbah Lumpur	0,774			1,727	Tidak Berkorelasi
Analisis Korelasi <i>Pearson</i> Terhadap Hasil Uji Kandungan Cr					
Semen <i>Portland</i>	-0,970			-5,687	Tidak Berkorelasi
Pasir + Kerikil	-0,904	0,05	4,30265	-2,989	Tidak Berkorelasi
Limbah Lumpur	0,977			6,533	Berkorelasi

Hasil analisis didapatkan bahwasanya penggunaan bahan campuran seperti semen *portland*, pasir+kerikil, dan limbah lumpur berpengaruh terhadap hasil uji yang dilakukan. Bahan semen *portland* tidak berkorelasi terhadap hasil kuat tekan rata-rata dalam kategori sangat kuat (88,7%) dengan seiring penambahan semen *portland* dapat meningkatkan nilai uji kuat tekan, serta tidak berpengaruh pada hasil uji serap air dan kandungan Cr dimana semakin banyak penggunaan semen *portland* maka nilai serap air dan kandungan Cr yang dihasilkan akan semakin rendah. Pada serap air memiliki tingkat hubungan sebesar 93,2% (sangat kuat) dan pada kandungan Cr memiliki tingkat hubungan sangat kuat (97%). Bahan penggunaan pasir+kerikil tidak berkorelasi terhadap hasil kuat tekan rata-rata dengan tingkat hubungan sedang (55,1%) apabila semakin tinggi penggunaan pasir+kerikil maka kuat tekan rata-rata akan semakin tinggi. Selain itu, tidak berkorelasi dengan hasil serap air dan kandungan Cr dengan arah hubungan negatif atau berbanding terbalik yang menandakan semakin tinggi penggunaan bahan tersebut maka dapat menurunkan kadar serap air dan kandungan Cr pada bata beton. Tingkat hubungan yang diberikan sebesar 63,1% (kuat) dan 90,4% (sangat kuat). Bahan campuran terakhir merupakan limbah lumpur. Penggunaan limbah lumpur hanya berkorelasi terhadap hasil uji kandungan Cr dalam tingkat hubungan sebesar 97.7% (sangat kuat). Hal ini dapat dikarenakan limbah lumpur yang terlalu banyak atau terlalu sedikit sehingga meningkatkan nilai Cr pada bata beton.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Karakteristik limbah lumpur sebelum pengolahan menjadi bata beton memiliki nilai Cr sebesar 14.950,899 mg/kg dan nilai Cd <0,848 mg/kg.
2. Hasil bata beton dengan kualitas kuat tekan tertinggi, serap air serta kandungan Cr dan Cd rendah yakni pada sampel P3 dengan rasio campuran semen portland 30%, pasir+kerikil 50%, dan 20% limbah lumpur yang termasuk mutu kualitas IV.
3. Penggunaan bahan campuran semen portland, pasir kerikil, dan limbah berpengaruh sangat mempengaruhi hasil uji yang dihasilkan akan tetapi penggunaan limbah lumpur tidak berpengaruh terhadap hasil kandungan Cr yang dapat disebabkan terlalu banyak/sedikit rasio limbah lumpur yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anrozi, R., & Trihadiningrum, Y. (2017). *Kajian teknologi dan mekanisme stabilisasi/solidifikasi untuk pengolahan limbah B3*. Jurnal Teknik ITS, 6(2), F445-F450.
- Arief, L. M. (2016). *Pengolahan Limbah Industri: Dasar-Dasar Pengetahuan dan Aplikasi di Tempat Kerja, Ed 1*, Andi, Yogyakarta.
- Athaya, Z., & Aldi, Y. (2023). *Kualitas Bata Beton (Paving Block dengan Limbah Lumpur Penyamakan Kulit sebagai Pengganti Semen*. Jurnal Konstruksi, 21(1), 61–68.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). (1989). SNI 03-0349-1989: *Tata Cara Pembuatan Beton*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional

- Chrislundi, V. (2015). *Stabilisasi/Solidifikasi Limbah B-3 Mengandung Logam Berat dan Hidrokarbon dengan Semen Portland dan Fly Ash* (Doctoral dissertation, Tesis]. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya).
- Indonesia. (2021). *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Kompasiana. (2022). *Bata Beton: Bagian dari Bahan Semen*. Diakses dari <https://www.kompasiana.com/ghinaf/63732fd808a8b51cc5488022/bata-beton-bagian-dari-bahan-semen>.
- Kuncoro, Y. M., & Eddy, S. S. (2022). *Studi Pustaka: Teknologi Pengolahan Air Limbah pada Industri Penyamakan Kulit*. Jurnal Teknik ITS, 11(3), C142-C149.
- Muadifah, A. (2019). *Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Ed 1*, Media Nusa Creative, Malang.
- Novitasari, I., Adiando, H., & Fitria, L. (2014). *Penentuan Faktor yang Berpengaruh Secara Signifikan Terhadap Variabel Respon Bata Beton Pejal Abu Vulkanik Merapi Dengan Menggunakan Perancangan Eksperimen Faktorial 3f*. REKA INTEGRA, 2(2).
- Pandapotan, C. D., Mukhlis, & Posma, M. (2017). *Pemanfaatan Limbah Lumpur Padat (Sludge) Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit Sebagai Alternatif Penyediaan Unsur Hara Di Tanah Ultisol*. Agroekoteknologi FP USU, 5(2), 271–276.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 2020 tentang *Baku Mutu Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2021 Tentang *Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun*, Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia
- Purwanto, H. (2021). *Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Gergaji dan Kertas Terhadap Kuat Tekan Beton Tanpa Perlakuan Khusus*. Jurnal Deformasi, 6(1), 25-32.
- Sucahyo, S. E., Firdaus, N. A., & Lintang, L. (2018). *Pengelolaan dan Pemanfaatan Limbah Lumpur PDAM Cilacap*. Jurnal Georafflesia: Artikel Ilmiah Pendidikan Geografi, 3(2), 81-88.
- Wahyudi, S., & Zhafirah, A. (2022). *Pengaruh Penggunaan Limbah Kulit Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Belah pada Campuran Beton*. Jurnal Konstruksi, 20(1), 1–7. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.20-1.1056>



Jurnal Deformasi is licensed under
a Creative Commons Attribution-Sharealike 4.0 International License