



**PEMANFAATAN LIMBAH SANDBLASTING INDUSTRI PERKAPALAN
MENJADI PRODUK BATA BETON PEJAL MENDUKUNG MATERIAL
HIJAU**

*Utilization Of Sandblasting Waste From The Shipment Industry Into Solid
Concrete Bricks Supports Green Materials*

**Nur Fajar Aprilia Sari¹, Luqman Cahyono², Amanda Rosalina³, Maret'atus
Sholihah⁴, Ria Rismawati⁵, Ovi Prina Gastriani⁶, Muhammad Akbar
Febianto⁷**

1,2,3,4,5,6,7 Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Email: nurfajar@ppns.ac.id

Abstract

Indonesia, as a maritime country, has industrial activities that generate a large amount of waste. One of the largest waste-producing sectors is the shipping industry, particularly from ship maintenance and repair activities in shipyards. In this industry, there is a process called sandblasting, which is used to clean ship surfaces from rust, old paint, and other contaminants. The silica sand used in this sandblasting process is classified as hazardous and toxic waste (B3 waste). This waste poses a risk of environmental pollution if not properly managed. The research problem in this study is how to utilize sandblasting waste as an alternative material in the production of solid concrete bricks. The objective of the study is to process this waste into technically and environmentally feasible solid concrete bricks. The methods used include chemical characterization of raw materials using XRF, making test specimens in the form of 50 × 50 × 50 mm cubes, and conducting compressive strength and TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) tests. The results show that the A2 variation produced a compressive strength of 142 kg/cm², exceeding the SNI 03-0349:1989 standard for quality I concrete bricks, and the TCLP test results indicated that the levels of Cu and Cr met the quality standards set by Government Regulation No. 22 of 2021. Therefore, solid concrete bricks made from hazardous and toxic waste are considered feasible as an environmentally friendly alternative construction material.

Keywords: Sandblasting, Hazardous and Toxic Waste, Solid Concrete Brick, Compressive Strength, TCLP Test

Abstrak

Indonesia sebagai negara maritim yang memiliki aktivitas industri yang menghasilkan limbah dalam jumlah besar. Salah satu sektor penghasil limbah terbesar adalah industri pelayaran dari kegiatan perawatan dan perbaikan kapal di galangan. Dalam industri ini terdapat proses sandblasting yang digunakan untuk membersihkan permukaan kapal dari karat, cat lama, dan kontaminan lainnya. Pasir silika sandblasting yang digunakan dalam proses ini tergolong limbah B3. Timbulan limbah tersebut berisiko mencemari lingkungan jika tidak dikelola secara tepat. Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana memanfaatkan sandblasting sebagai bahan alternatif dalam pembuatan bata beton pejal. Tujuan penelitian ini adalah mengolah limbah tersebut menjadi bata beton pejal yang layak secara teknis dan lingkungan. Metode yang digunakan meliputi pengujian karakteristik kimia bahan baku dengan XRF, pembuatan benda uji berbentuk kubus 50 × 50 × 50 mm, serta pengujian kuat tekan, dan TCLP.

Hasil menunjukkan bahwa variasi A2 menghasilkan kuat tekan sebesar 142 kg/cm², melebihi standar SNI 03-0349:1989 untuk bata beton mutu I dan hasil uji TCLP menunjukkan kadar Cu dan Cr telah memenuhi baku mutu PP No. 22 Tahun 2021. Dengan demikian, produk bata beton pejal dari limbah B3 dinilai layak sebagai material konstruksi alternatif yang ramah lingkungan.

Kata Kunci: Sandblasting, Limbah B3, Bata Beton Pejal, Kuat Tekan, Uji TCLP

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki posisi strategis di antara dua benua dan dua samudra, serta berada pada zona geologis aktif yang kaya akan sumber daya alam. Letak geografis dan geologis ini tidak hanya memberikan keuntungan dalam sektor pelayaran dan energi, tetapi juga memicu berbagai aktivitas industri yang menghasilkan limbah dalam jumlah besar. Salah satu sektor yang berkontribusi terhadap timbulan limbah adalah industri pelayaran, khususnya kegiatan perawatan dan perbaikan kapal di galangan. Proses sandblasting digunakan untuk membersihkan permukaan lambung kapal dari karat, cat lama, dan kontaminan lainnya. Dalam proses ini menghasilkan limbah berupa debu abrasif yang mengandung logam berat seperti tembaga (Cu) dan kromium (Cr).

Limbah sandblasting dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014, karena berpotensi mencemari tanah dan air serta membahayakan kesehatan manusia jika tidak dikelola secara tepat. Data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) tahun 2019 menunjukkan bahwa terdapat 66 kejadian kedaruratan limbah B3 dengan luas lahan terkontaminasi yang sedang dipulihkan mencapai 840.024,85 m², menandakan urgensi pengelolaan limbah sandblasting secara sistematis dan berkelanjutan. Salah satu solusi yang potensial adalah pengolahan limbah menjadi bahan konstruksi alternatif berupa bata beton pejal. Sandblasting berperan sebagai pengganti agregat halus dalam pembuatan bata beton pejal.

Pendekatan ini menawarkan berbagai keuntungan, antara lain mengurangi pencemaran lingkungan, mendukung prinsip ekonomi sirkular, serta meningkatkan nilai tambah limbah industri menjadi produk konstruksi yang ramah lingkungan dan bernilai guna tinggi. Dengan memanfaatkan kekayaan geologis dan potensi industri Indonesia secara optimal, pengembangan produk bata beton pejal dari limbah lokal dapat menjadi langkah strategis dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan di sektor konstruksi dan pengelolaan limbah.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan tahapan meliputi identifikasi masalah, perumusan masalah, pengujian karakteristik material, pembuatan benda uji, kelayakan teknis dan lingkungan, serta kesimpulan dan saran.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pada industri dock, limbah sandblast dihasilkan dari proses sandblasting. Teknik ini melibatkan penyemprotan material abrasif seperti pasir silika atau *steel grit* dengan tekanan tinggi untuk menghilangkan kontaminan seperti karat, cat lama, kerak, dan minyak dari permukaan lambung kapal. Menurut Dewantara et.al. (2017), jumlah sandblasting maksimum yang dihasilkan per bulan pada suatu perusahaan galangan kapal adalah 12.100 kkg dan jumlah selama 3 bulan adalah 36.300 kg. Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 101 Tahun 2014, limbah pasir silika dari proses sandblasting dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Timbulan sandblasting yang tidak dikelola dengan benar, akan mencemari lingkungan sekitar. Data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) tahun 2019 mencatat sebanyak 66 kejadian kedaruratan limbah B3, dengan luas lahan terkontaminasi yang sedang dipulihkan mencapai 840.024,85 m².

Dari permasalahan banyaknya timbulan sandblasting dari industry dock, maka pada penelitian ini dapat dilakukan pemanfaatan timbulan limbah sandblast dalam pembuatan bata beton pejal yang mendukung konstruksi hijau. Bata beton pejal dapat dikategorikan sebagai beton non struktural untuk mendukung material hijau.

Pengujian sifat kimia material dilakukan menggunakan metode X-Ray Fluorescence (XRF) untuk mengetahui komposisi unsur dalam sampel. Teknik ini memanfaatkan sinar-X yang merangsang atom sehingga menghasilkan radiasi sekunder yang dapat dianalisis secara kuantitatif. Dalam penelitian ini, analisis XRF diterapkan pada limbah sandblast dari industry. Hasil pengujian digunakan untuk menentukan kandungan logam berat dan karakteristik kimia sebagai dasar formulasi pembuatan bata beton pejal. Sedangkan pada pengujian sifat fisik dilakukan untuk mengetahui gradasi, berat jenis, daya serap air, dan kadar lumpur limbah sandblasting sesuai dengan standar pengujian yang berlaku.

Pembuatan benda uji yaitu campuran mix design beton dengan sandblasting sebagai bahan pengganti agregat halus dinyatakan homogen ketika secara fisik limbah sandblast yang awalnya kering terlihat basah keseluruhan. Tuangkan pada cetakan benda uji ukuran 50 x 50 x 50 mm. Setelah dituangkan pada cetakan dilakukan pemadatan menggunakan alat press manual hingga 9 putaran. Tunggu hingga dingin dan keluarkan benda uji dari cetakan. Setelah melalui proses pencetakan, benda uji disimpan selama 28 hari untuk memastikan proses pengerasan berlangsung secara optimal. Benda uji yang telah dibuat dan dilakukan penyimpanan selama 28 hari, selanjutnya dilakukan pengujian teknis berdasar pada SNI 03 - 0349:1989.

Selanjutnya dilakukan pengujian TCLP pada produk. Pengujian ini perlu dilakukan karena bahan pengisi yang digunakan merupakan limbah sandblast yang mempunyai kandungan logam berat. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah kandungan logam berat yang terkandung dalam benda uji telah memenuhi

baku mutu sesuai Lampiran IX Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021. Dalam peraturan tersebut menyatakan bahwa batas maksimum yang diperbolehkan untuk tembaga adalah 1,300 mg/L dan untuk kromium adalah 0,005 mg/L.

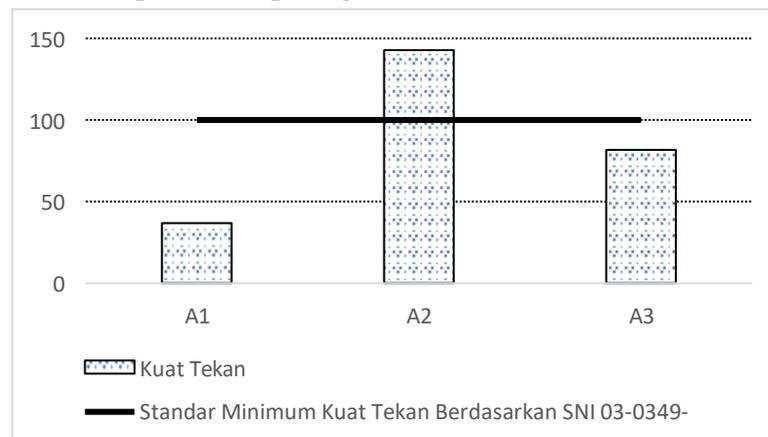
HASIL

Pengujian XRF bertujuan untuk mengetahui senyawa penyusun pada material terlebih khususnya material oksida. Hasil dari uji XRF material dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Uji XRF Sandblast

Jenis Oksida	Satuan	Hasil Uji XRF
Silikon Dioksida (SiO ₂)	%	87,93
Aluminium Trioksida (Al ₂ O ₃)	%	2,28
Besi (III) Oksida (Fe ₂ O ₃)	%	2,27
Kalsium Oksida (CaO)	%	1,64
Magnesium Oksida (MgO)	%	0,64
Sulfur Trioksida (SO ₃)	%	0,21
Natrium Oksida (Na ₂ O)	%	0,18
Kalium Oksida (K ₂ O)	%	0,64
Titanium Dioksida (TiO ₂)	%	0,31
Difosfor Pentaoksida (P ₂ O ₅)	%	0,02
Mangan (II) Oksida (MnO)	%	0,02
Chlorida (Cl)	%	0,16
Copper Oksida (CuO)	%	0,19
Chromium Trioksida (Cr ₂ O ₃)	%	0,18

Pengujian kuat tekan ditujukan untuk mengetahui kualitas benda uji yang telah dibuat. Data hasil kuat tekan selanjutnya dibandingkan dengan standar pengelolaan limbah B3 menggunakan metode solidifikasi, sehingga dapat diketahui apakah benda uji layak atau tidak untuk dilakukan. Pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji yang telah disimpan selama 28 hari pada suhu ruang. Hasil uji kuat tekan dapat dilihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 2. Hasil Kuat Tekan Bata Beton Pejal

Pengujian TCLP yang dilakukan terhadap produk bata beton pejal bertujuan untuk mengevaluasi kemungkinan terjadinya pelindian pasca proses solidifikasi, serta mengidentifikasi tingkat toksisitas dari kandungan logam berat.

Hasil dari pengujian TCLP disajikan pada tabel 4 berikut.

Parameter	Hasil Analisa Raw Material (mg/L)	Hasil Produk (mg/L)	Nilai Baku Mutu	
			TCLP A (mg/L)	TCLP B (mg/L)
Tembaga (Cu)	1900	1.3	210	35
Kromium (Cr ⁺)	1800	0.005	15	2.5

PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian XRF sesuai tabel 1., limbah sandblasting memiliki kandungan Silikon Dioksida (SiO₂) tertinggi sebesar 87,93%. Tingginya kadar SiO₂ menunjukkan bahwa limbah ini berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan pengisi (filler) dalam pembuatan produk bata beton pejal karena dapat meningkatkan kekuatan tekan beton. Namun, hasil analisis XRF juga menunjukkan adanya kandungan logam berat berupa tembaga (Cu) dan kromium (Cr) yang melebihi baku mutu yang ditetapkan. Data XRF dapat dikonversi dari prosentasi menjadi satuan mg/L. Dengan demikian diperoleh konsentrasi logam berat tembaga sebesar 1900 mg/L dan kromium sebesar 1800 mg/L. Sementara itu, sesuai dengan ketentuan baku mutu yang tercantum dalam Lampiran IX Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021, batas maksimum yang diperbolehkan untuk tembaga adalah 1300 mg/L dan untuk kromium adalah 0,005 mg/L. Dengan demikian, kandungan logam berat dalam limbah sandblasting tersebut melebihi standar yang diizinkan, sehingga perlu dilakukan pengelolaan limbah yang benar sehingga tidak mencemari lingkungan.

Berdasarkan SNI 03 -0349:1989 yang membahas mengenai standar bata beton untuk pasangan dinding mengisyaratkan bahwa bata beton dengan mutu terbaik yakni tingkat mutu I adalah 100 kg/cm². Dengan demikian bata beton pejal pada variasi A2 telah memenuhi standar teknis kuat tekan yang dimana mempunyai nilai kuat tekan 142 kg/cm². Hal ini berarti pada variasi A2 merupakan komposisi yang tepat untuk pembuatan bata beton pejal dengan mutu I. Komposisi yang tepat menjadikannya mempunyai kekuatan optimal.

Berdasarkan hasil uji TCLP, terjadi penurunan konsentrasi logam berat pada benda uji dibandingkan dengan pasir silika limbah sandblasting sebelum dilakukan proses solidifikasi. Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan limbah pasir silika menjadi bata beton pejal melalui proses solidifikasi mampu menurunkan kadar logam berat yang terkandung. Kandungan logam berat pada benda uji telah memenuhi baku mutu yakni sesuai dengan PP No. 22 Tahun 2021, Lampiran IX yang dimana nilai hasil pengujian TCLP menunjukkan bahwa kandungan Cu dan Cr secara berturut turut adalah 1,3 ppm dan 0,005 ppm.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa limbah sandblasting dari industri perkapalan yang tergolong sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3) berhasil dimanfaatkan sebagai bahan baku alternatif dalam pembuatan bata beton pejal. Pengujian karakteristik kimia menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF) menunjukkan bahwa limbah sandblasting memiliki kandungan utama berupa Silikon Dioksida (SiO₂) sebesar 87,93%, serta kandungan logam berat berupa tembaga (Cu) dan kromium (Cr) masing-masing

sebesar 1900 mg/L dan 1800 mg/L, yang melebihi baku mutu PP No. 22 Tahun 2021. Pengujian kuat tekan terhadap benda uji berbentuk kubus $50 \times 50 \times 50$ mm menunjukkan bahwa variasi A2 menghasilkan kuat tekan sebesar 142 kg/cm², melebihi standar SNI 03-0349:1989 untuk bata beton mutu I (≥ 100 kg/cm²). Hasil uji TCLP terhadap produk SPC menunjukkan bahwa kadar Cu dan Cr berhasil diturunkan menjadi 1,3 mg/L dan 0,005 mg/L, sehingga telah memenuhi baku mutu lingkungan. Dengan demikian, produk bata beton pejal yang dihasilkan dari limbah sandblasting dinilai layak secara teknis dan lingkungan, serta berpotensi sebagai material konstruksi alternatif yang ramah lingkungan. Pendekatan ini mendukung prinsip ekonomi sirkular, mengurangi timbulan limbah industri, dan memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan material hijau berbasis limbah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Mohsen O. Mohamed., & Maisa El Gamal. (2024). *A Novel Polymerized Sulfur Concrete for Underground Hydrogen Storage in Linked Rock Caverns*
- Cahyono Luqman. dkk. (2024). *Sustainable Material Melalui Solidifikasi – Stabilisasi Limbah Sandblast Menjadi Beton Forosemen.*
- Fediuk, Roman dkk. (2020). *A Critical Review on the Propeties and Applications of Sulfur – Based Concrete.*
- Kurniawan, W. D., & Periyanto, P. (2019). Proses *Sandblasting* dan Coating Pada Kapal di PT. Dok Perkapalan Surabaya. *Otopro*, 13 (2), 44. <https://doi.org/10.26740/otopro.v13n2.p44-53>.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. Nomor 101 TAHUN 2014 Tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 6 Tahun 2021 adalah Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3).
- Romadhon, Eri S., & Achmad Hanif. (2022). *Analysis of Compressive Strength of Sulfur Concrete*
- Triyanti, A. R. (2018). Studi Pemanfaatan *Fly Ash* dan Limbah *Sandblasting (Silica Fume)* pada Binder Geopolimer. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.