

## Karakterisasi Limbah *Sandblasting* Sebagai Substitusi Sebagian Agregat Halus Dalam Pembuatan *Paving Block*

Ahmad Bashori<sup>1</sup>, Luqman Cahyono<sup>1\*</sup>, Wiwik Dwi Pratiwi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi D4-Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, 60111

<sup>2</sup>Program Studi S2-Teknik Keselamatan dan Resiko, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, 60111

\*E-mail: [luqmancahyono24@ppns.ac.id](mailto:luqmancahyono24@ppns.ac.id)

### Abstrak

Indonesia merupakan negara maritim yang terus meningkatkan industri di bidang perkapalan. Produksi kapal tiap tahun terus meningkat dan menghasilkan limbah dari proses produksinya. Salah satu proses dari industri kapal yang menghasilkan limbah yaitu proses *sandblasting*. Limbah dari galangan kapal terutama limbah *sandblasting* yang merupakan kategori bahan berbahaya dan beracun (B3). Salah satu upaya yang dapat dilakukan atas permasalahan tersebut yaitu dengan memanfaatkan limbah *sandblasting* sebagai bahan pengganti agregat halus pada *paving block*. Saat ini *paving block* banyak diminati karena mudah dalam pemasangannya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kualitas *paving block* dengan substitusi sebagian material limbah *sandblasting* dan abu batu ditinjau dari hasil kuat tekan. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan perbandingan 1 semen : 5 agregat halus, dengan perawatan tutup karung goni basah. Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini yaitu limbah *sandblasting*, abu batu, dan pasir lumajang. Hasil penelitian yakni penggunaan limbah *sandblasting* sebesar 30 % dan abu batu sebesar 50 % dari agregat halus mendapatkan nilai kuat tekan rata-rata sebesar 22,89 MPa. Mutu produk yang dihasilkan dari campuran limbah *sandblasting* dan abu batu termasuk mutu B, yang sesuai dengan SNI 03-0691-1996 yang dalam klasifikasinya digunakan sebagai peralatan parkir. Pemanfaatan limbah *sandblasting* dalam pembuatan *paving block* dapat mengurangi timbulan limbah *sandblasting* serta keberlanjutan industri konstruksi khususnya *paving block*.

**Keywords:** Kuat Tekan, Limbah *Sandblasting*, *Paving Block*

### 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terluas di dunia. Dengan kondisi tersebut, pemerintah terus meningkatkan industri di bidang perkapalan. Salah satu limbah yang dihasilkan dari industri tersebut adalah limbah *blasting*. Proses *blasting* merupakan metode yang dapat digunakan untuk meminimalisir korosi dan banyak digunakan di industri perkapalan. Jumlah timbulan limbah *sandblasting* pada salah satu perusahaan galangan kapal, massa terbesar limbah *sandblasting* per bulan sebesar 12.100 kg, sedangkan massa untuk tiga bulan sebesar 36.300 kg. (Dewantara, dkk. 2017).

Limbah *sandblasting* termasuk limbah B3 karena unsur logam berat melebihi baku mutu berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021 dan perlunya pemanfaatan lebih lanjut untuk menekan timbulan limbah *sandblasting* yang terus meningkat. Tidak hanya mengandung logam berat, limbah *sandblasting* mengandung unsur utama debu silika (SiO<sub>2</sub>). Apabila debu silika dihirup terus menerus, maka dapat menyebabkan penyakit silikosis.

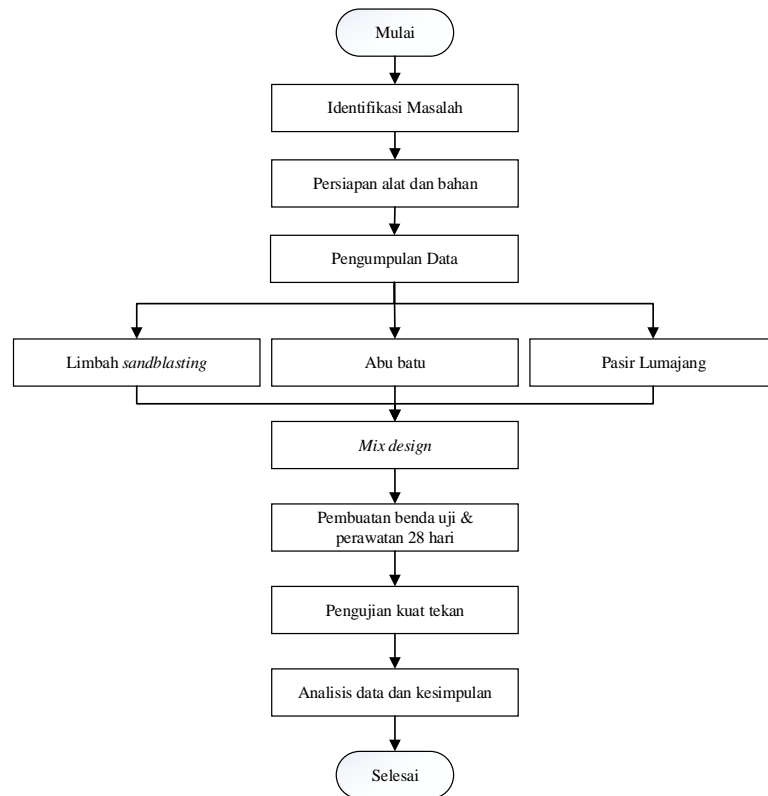
Salah satu solusi dalam menangani permasalahan tersebut yaitu dengan pemanfaatan sebagai agregat halus pada *paving block*. Menurut (Sukmana et al., 2017) menghasilkan nilai kuat tekan pada *paving block* dengan komposisi semen 1,1 kg, pasir 2,5 kg dan pasir silika *blasting* 2 kg memiliki nilai kuat tekan sebesar 21,56 MPa pada *paving block* berumur 28 hari. Dalam penelitian (Rachmallia, 2018) menyebutkan, karakteristik limbah *sandblasting* menurut (Khayat, K.H, et al, 1997) memiliki karakteristik kimia mengikat lebih kuat dari semen karena kandungan senyawa silika dan alumina tinggi. Kandungan SiO<sub>2</sub> yang tinggi yang mencapai 85% sampai 98%, berguna untuk keperluan campuran semen. *Paving block* mempunyai keunggulan yaitu mudah dalam pemasangannya karena tidak membutuhkan keahlian khusus dan juga tidak memerlukan alat berat dalam proses pemasangannya. Tingginya permintaan *paving block*, berdampak pada meningkatnya harga dan kebutuhan bahan baku utama yang digunakan, untuk mengatasinya dibutuhkan material berkualitas baik dan teknologi konstruksi alternatif yang dapat mengurangi ketergantungan terhadap material tertentu (Muzayyanah, 2021).

Tujuan dalam penelitian ini yaitu menganalisis pengaruh penambahan limbah *sandblasting* sebagai

substitusi sebagian agregat halus dalam pembuatan *paving block* terhadap hasil nilai kuat tekan sesuai SNI 03-0691-1996.

**2. METODE**

Metode dalam penelitian ini adalah eksperimental dengan beberapa tahapan meliputi persiapan material, pengujian material, *mix design*, pembuatan spesimen, pengujian kuat tekan pada *paving block*. Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.1 :



**Gambar 2.** Metode Penelitian

**2.1. Persiapan Material**

Limbah *sandblasting* yang digunakan dalam penelitian ini harus dibersihkan terlebih dahulu dan disaring menggunakan saringan agar terpisah dari partikel kotor. Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pasir Lumajang dan Abu Batu. Sedangkan semen yang digunakan adalah semen jenis PPC (*Portland Composite Cement*) merek Semen Gresik.

**2.2. Mix Design**

Pengujian material meliputi pengujian berat jenis, daya serap air, dan gradasi pada limbah *sandblasting*. Setelah dilakukan pengujian material, selanjutnya dilakukan penentuan jumlah material dalam tiap variasi. Jumlah benda uji yang dibutuhkan pada penelitian ini terdiri dari 3 benda uji tiap variasinya. Spesimen benda uji berukuran 10x20x6 cm. Kebutuhan material pada setiap variasi berbeda-beda karena adanya perbedaan substitusi. Pada penelitian ini menggunakan perbandingan antara semen dan agregat halus yaitu 1: 5. Kebutuhan material pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.1

**Tabel 2.** Mix Design

Sample code	Perbandingan semen : agregat halus	Perbandingan Agregat Halus			
		Abu Batu	Pasir Lumajang	Sandblasting	FAS
NS2,5-SB0	1 : 5	2,5	2,5	0	0,4
NS1-SB1,5	1 : 5	2,5	1	1,5	0,4
NS0,5-SB2	1 : 5	2,5	0,5	2	0,4

Sample code	Perbandingan semen : agregat halus	Perbandingan Agregat Halus			
		Abu Batu	Pasir Lumajang	Sandblasting	FAS
NS0-SB2,5	1 : 5	2,5	0	2,5	0,4

### 2.3. Pembuatan dan Perawatan Benda uji

Pembuatan spesimen dilakukan dengan menggunakan mesin *press paving block*. Sebelum pembuatan spesimen dilakukan penimbangan material sesuai dengan *mix design*. Setelah pembuatan specimen benda uji, selanjutnya dilakukan perawatan *paving block* dengan menggunakan metode curing ditutup karung goni basah selama 28 hari. Setelah mencapai umur 28 hari, selanjutnya *paving block* dilakukan pengujian kuat tekan.

### 2.4. Pengujian Benda Uji

Benda uji yang telah dilakukan perawatan dengan metode curing ditutup karung goni basah hingga umur 28 hari, selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan. Pengujian kuat tekan dilakukan sesuai SNI 03-0691-1996. Setelah pengujian kuat tekan maka dapat dilakukan pengkategorian nilai mutu *paving block* dan ditentukan variasi terbaik campuran limbah *sandblasting* pada *paving block*. Adapun perhitungan kuat tekan dari benda uji dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{L}$$

Keterangan:

P = Beban Tekan, N

L = Luas bidang tekan, mm<sup>2</sup>

Kuat tekan rata-rata dari contoh uji *paving block* dihitung dari jumlah kuat tekan dibagi jumlah contoh uji.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Karakteristik Material

#### A. Berat Jenis

Pengujian berat jenis agregat halus memiliki tujuan untuk mengidentifikasi berat jenis dari material yang digunakan untuk agregat halus. Berdasarkan hasil pengujian berat jenis abu batu memiliki berat jenis kering sebesar 2,8 gr/cm<sup>3</sup>. Berdasarkan hasil pengujian berat jenis pasir lumajang memiliki berat jenis kering sebesar 2,6 gr/cm<sup>3</sup>. Berdasarkan hasil pengujian berat jenis limbah *sandblasting* memiliki berat jenis kering sebesar 2,6 gr/cm<sup>3</sup>. Semakin besar nilai berat jenis dari agregat kasar yang digunakan, maka mutu beton yang dihasilkan semakin baik (SNI 1969,2008).

#### B. Gradasi

Pengujian gradasi material agregat halus bertujuan untuk menentukan distribusi atau gradasi sesuai standar ASTM C-33. Pada penelitian (Yuan-yi Chen et al., 2023) menyebutkan gradasi mempengaruhi sifat mekanik pasir karang, dengan ukuran partikel yang lebih kecil menyebabkan lebih banyak pelunakan dan dilatasi selama pemotongan, dan kerusakan relatif meningkat seiring dengan tekanan pengekangan dan ukuran partikel rata-rata. Hasil dari pengujian gradasi selanjutnya dibandingkan dengan SNI 03-2834-2000 untuk dapat mengetahui jenis kategori kehalusan material agregat halus dilihat dari persen lolos ayakannya. Menurut SNI 03-2834-2000 zona dibagi menjadi menjadi 4 daerah, yaitu zona 1 (kasar), zona 2 (sedang), zona 3 (agak halus), dan zona 4 (halus). Hasil gradasi pada material agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4.2

**Tabel 2.** Hasil Gradasi Agregat Halus

No.	Lubang Ayakan	Persen Lolos Ayakan (%)								Sand blasting	Pasir Lumajang	Abu Batu
		Zona 1		Zona 2		Zona 3		Zona 4				
		Batas		Batas		Batas		Batas				
		Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah	Atas	Bawah			
1.	4,75	100	90	100	90	100	90	100	95	99,7%	99,2%	99,2%
2.	2,30	95	60	100	75	100	85	100	95	99,8%	78,3%	78,3%
3.	1,18	70	30	90	55	100	75	100	90	91,2%	94,2%	94,2%
4.	0,60	34	15	59	35	79	60	100	80	80,2%	69,4%	69,4%
5.	0,30	20	5	30	8	40	12	50	15	48,1%	79,8%	79,8%

6.	0,15	10	0	10	0	10	0	15	0	2,2%	79,9%	79,9%
----	------	----	---	----	---	----	---	----	---	------	-------	-------

Ketiga material digunakan untuk pembuatan benda uji yang lolos saringan No. 8 yaitu 2,36 mm. Dapat disimpulkan bahwa hasil tersebut telah sesuai dengan standar agregat halus yang mengacu pada SNI 03-2834-2000.

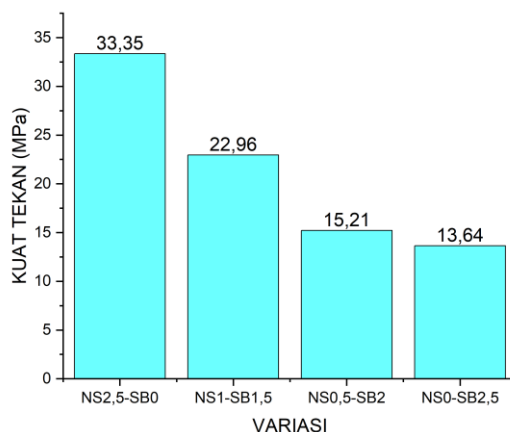
### C. Daya Serap Air

Penyerapan adalah persentase berat air yang dapat diserap pori-pori sehingga tercapai kondisi SSD. *Saturated Surface Dry* (SSD) adalah kondisi agregat dimana permukaannya kering, namun rongga antar partikel jenuh dengan air. Hasil pengujian daya serap air agregat halus dapat dilihat pada Tabel 2.3.

**Tabel 2. 1 Hasil Daya Serap Air**

Pasir Lumajang		Limbah <i>sandblasting</i>		Abu Batu	
Berat Awal (gram)	500	Berat Awal (gram)	500	Berat Awal (gram)	500
Berat Akhir (gram)	495	Berat Akhir (gram)	490	Berat Akhir (gram)	487
Daya Serap Air (%)	1	Daya Serap Air (%)	2	Daya Serap Air (%)	2,6

### 3.3 Analisis Kuat Tekan *Paving Block*



**Gambar 3.** Hasil Pengujian Kuat Tekan Paving Block

Berdasarkan Gambar 3. 1 didapatkan hasil pengujian kuat tekan pada spesimen benda uji. Diketahui semakin banyak penggunaan limbah *sandblasting*, kuat tekan yang dihasilkan semakin menurun. Kuat tekan *paving block* mengidentifikasi kualitas dari suatu struktur, semakin tinggi tingkat kekuatan struktur yang diinginkan, maka pula kualitas *paving block* yang dihasilkan (Cahyono, et al., 2023). Hasil kuat tekan terbaik didapatkan pada variasi NS1-SB1,5 dalam variasi tersebut menggunakan limbah *sandblasting* sebesar 30% dan penggunaan abu batu sebesar 50% dari agregat halus. Dari hasil nilai kuat tekan variasi NS1-SB1,5 dapat dikategorikan dalam *paving block* mutu B sesuai SNI 03-0691-1996. Kuat tekan beton dipengaruhi banyak faktor, yaitu proporsi bahan-bahan penyusun, metode perancangan, perawatan beton, serta keadaan pada saat pengecoran. (Amelia et al., 2021).

Penambahan limbah *sandblasting* yang semakin banyak menyebabkan penurunan hasil kuat tekan. Pada penelitian (Asavapisit dkk., 2001) menyebutkan penurunan kuat tekan disebabkan penambahan debu silika menyebabkan semakin berkurangnya ukuran pori dan mengurangi ketersediaan ruang untuk proses hidrasi.

## 4. KESIMPULAN

Penggunaan limbah *sandblasting* semakin banyak dapat menurunkan nilai kuat tekan. Nilai kuat tekan tertinggi didapatkan pada variasi NS1-SB1,5. Dalam variasi tersebut penggunaan limbah *sandblasting* sebanyak 30% dari agregat halus. Nilai kuat tekan yang didapatkan dari variasi NS1-SB1,5 sebesar 22,96 MPa termasuk dalam *paving block* mutu B yang diperuntukan untuk peralatan parkir sesuai SNI 03-0691-1996.

**5. DAFTAR PUSTAKA**

- Amelia, R., Suhendra, S., & Amalia, K. R. (2021). Hubungan Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kuat Tekan Beton. *Jurnal Talenta Sipil*, 4(2), 225
- Asavapisit, S., Nanthamontry, W., Polprasert, C. 2001. Influence of Condensed Silica Fume on the Properties of Cement-Based Solidified Wastes. *Cement and Concrete Research*, Vol. 31, pp. 1147-1152
- Cahyono, L., Sinta, Y. R. D., Jannah, N. R., Fikriyah, I. A., Anwar, P. N., Putri, D. R. S., & Utomo, A. P. (2023). Effect Of Candlenut Shell Ash As A Sand Substitution On Compressive Strength Of Paving Block. *Jurnal Pensil: Pendidikan Teknik Sipil*, 12(2), 232-240.
- Chen, Y. Y., Tang, Y., Guan, Y. F., Liu, R. M., Han, X., & Zhao, X. Q. (2023). Study on the mechanical properties of coral sands with different particle gradations. *Marine Georesources & Geotechnology*, 41(3), 327-338..
- Dermawan, D., & Ashari, M. L. (2016, November). Studi Komparasi Kelayakan Teknis Pemanfaatan Limbah B3 Sandblasting Terhadap Limbah B3 Sandblasting Dan Fly Ash Sebagai Campuran Beton. In *Seminar MASTER PPNS* (Vol. 1, No. 1).
- Dewantara, F. A., Setiani, V., & Rizal, M. C. (2017). Perancangan Tempat Penyimpanan Sementara (TPS) Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) Pada Perusahaan Galangan Kapal. In *Conference on Safety Engineering and Its Application* (Vol. 1, No. 1, pp. 220-225)
- Muzayyanah, N. (2021). *Pemanfaatan Limbah Abu Aluminium Sebagai Substitusi Semen Dalam Pembuatan Paving Block*. 1–51.
- Rachmalia, Q. (2018). Pengaruh Urutan Penambahan Alkali Aktivator pada Beton Geopolimer Berbahan Dasar Fly Ash Tipe C.
- SNI 03-0691-1996. (1996). Standar Nasional Indonesia Badan Standardisasi Nasional Bata beton (*Paving block*). *Sni 03-0691-1996*.
- SNI 03-2834-2000. (2000). Standar Nasional Indonesia Badan Standardisasi Nasional Tata Cara Pembuatan Beton Normal. *Sni 03-2834-2000*.
- Sukmana, N. C., Prasetyono, D. E., & Anggraini, U. (2017). Penentuan Komposisi Optimum Pembuatan Paving Block Berbahan Pasir Silika Proses Sand Blasting dengan Metode Taguchi. *CHEMICA: Jurnal Teknik Kimia*, 4(1), 15