

## Studi Perbandingan Kuat Tekan *Paving Block* berbasis Limbah *Sandblasting* dan Abu Batu dengan Penambahan Kerikil

Angelia Wangi Sekaringtyas<sup>1</sup>, Denny Dermawan<sup>1\*</sup>, Wiwik Dwi Pratiwi<sup>1</sup>

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

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

### Abstrak

Limbah *sandblasting* dihasilkan dari proses pembersihan permukaan kapal untuk meminimalisir terjadinya korosi. Pasir silika limbah *sandblasting* merupakan kategori bahan berbahaya dan beracun (B3), sehingga limbah tersebut tidak bisa dibuang secara langsung ke lingkungan. Pemanfaatan limbah *sandblasting* menjadi bahan material bangunan yaitu salah satu cara untuk mengurangi timbunan limbah *sandblasting*. Alternatif yang dapat dilakukan dari permasalahan tersebut yaitu dengan memanfaatkan limbah *sandblasting* sebagai bahan substitusi agregat halus pada pembuatan *paving block*. *Paving block* dibuat dengan mencampurkan semen, pasir Lumajang, pasir silika limbah *sandblasting*, abu batu, dan kerikil. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis pengaruh komposisi abu batu dan kerikil terhadap kuat tekan *paving block*. Perbandingan semen terhadap agregat dibuat konstan 1:6. *Paving block* dibuat menggunakan mesin press *paving* dengan ukuran 20cm x 10cm x 6cm. Metode perawatan *paving block* dilakukan dengan cara ditutup karung goni basah. Hasil rata-rata pengujian kuat tekan dengan penambahan kerikil pada benda uji menghasilkan nilai 21 MPa lebih tinggi dari pada benda uji tanpa kerikil 17,51 MPa. Berdasarkan SNI 03-0691-1996 *paving block* baik dengan ataupun tanpa kerikil termasuk mutu B, dengan klasifikasi digunakan sebagai peralatan parkir.

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

### 1. PENDAHULUAN

Indonesia diakui sebagai negara maritim karena memiliki area perairan yang sangat luas. Sebagai bagian penting dari industri maritim, galangan kapal selalu berhubungan dengan keberadaan suatu kapal, baik saat dibangun (kapal baru) maupun dalam proses perbaikan (proses perbaikan atau *docking proses*) (Hendrawan, 2020). Proses pembuatan kapal melibatkan banyak tahapan dan membutuhkan waktu yang lama, dan proses *sandblasting* adalah salah satunya. *Sandblasting* adalah metode yang sering digunakan di industri perkapalan karena dapat meminimalisir korosi (Dermawan & Ashari, 2018). Pasir silika limbah *sandblasting* merupakan kategori bahan berbahaya dan beracun (B3). Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan lanjutan supaya dapat mengurangi timbunan limbah pasir silika. Limbah pasir silika *sandblasting* dapat dimanfaatkan menjadi beberapa produk yaitu koagulan, *paving block*, beton, dan beton aspal (Sukmana dkk., 2019). Upaya peningkatan mutu *paving block* dapat dilakukan dengan menggunakan bahan tambah yang dapat meningkatkan kuat tekan *paving block* seperti abu batu dan kerikil sebagai bahan tambahan dalam campuran.

Timbunan abu batu berjumlah cukup besar namun belum begitu laku jika dijual karena masyarakat belum banyak yang mengetahui manfaat abu batu sehingga dilakukan inovasi untuk memanfaatkan abu batu sebagai pengganti pasir (agregat halus) pada pembuatan beton. Kelebihan abu batu dari pasir adalah teksturnya yang tajam dihasilkan dari proses pemecahan dan menghasilkan ikatan yang kuat selama proses pembuatan beton (Puspitasari dkk., 2023). Penambahan abu batu hingga 30% dari berat pasir menghasilkan nilai kuat tekan maksimum sebesar 24,74 MPa, yang menunjukkan peningkatan dibandingkan dengan *paving block* tanpa abu batu (Kamaluddin Lubis dkk., 2023). Hasil tersebut menunjukkan bahwa abu batu dapat berfungsi sebagai pengganti pasir sebagai agregat halus. Namun, jika tidak diimbangi dengan agregat kasar seperti kerikil, kuat tekannya tidak meningkat secara signifikan. Penambahan agregat kasar dalam jumlah optimum dapat meningkatkan kuat tekan, namun peningkatan rasio agregat kasar yang berlebihan dapat mempengaruhi nilai kuat tekan (Kaya dkk., 2024). *Paving block* dengan menggunakan kerikil jagung sebagai pengganti pasir, pada variasi 10% menghasilkan kuat tekan sebesar 36,05 Mpa (Akhmad, 2022). Hasil tersebut membuktikan bahwa penambahan agregat kasar dapat meningkatkan hasil kuat tekan *paving block*.

Berdasarkan permasalahan diatas dalam penelitian ini berfokus pada kelayakan *paving block* berbasis limbah *sandblasting* dengan variasi komposisi abu batu dan kerikil. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan kerikil dan tanpa kerikil terhadap kuat tekan pada benda uji *paving block* sesuai dengan SNI 03-0691-1996 tentang bata beton (*paving block*).

## 2. METODE

Metode penelitian ini adalah menggunakan metode kuantitatif dengan cara eksperimen. Tahap penelitian yaitu studi literatur, persiapan alat dan bahan, pengujian material, *mix design*, pembuatan dan perawatan benda uji, pengujian kuat tekan *paving block*. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menganalisis pengaruh variasi komposisi abu batu dan kerikil terhadap kuat tekan dengan menggunakan limbah *sandblasting*.

### 2.1 Material

Pasir silika limbah *sandblasting* yang akan digunakan dibersihkan terlebih dahulu serta diayak menggunakan saringan No. 4. Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini yaitu pasir Lumajang dan abu batu diayak menggunakan saringan No. 4. Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini yaitu kerikil yang lolos saringan 3/8 in (9,5 mm). Semen yang digunakan yaitu semen jenis PCC (*Portland Composite Cement*).

### 2.2 Karakteristik material

Analisis pengujian material dilakukan untuk mengetahui kualitas material yang akan digunakan. Mutu material yang digunakan akan mempengaruhi kualitas *paving block* yang dihasilkan. Material yang diuji yaitu pasir Lumajang, pasir silika limbah *sandblasting*, abu batu, dan kerikil.

#### 2.2.1 Berat Jenis

Kerapatan permukaan (SSD kering) merupakan nilai perbandingan antara massa agregat jenuh kering permukaan dengan massa distilat, yang pada kondisi suhu tertentu sama dengan massa agregat jenuh (Cahyono dkk., 2025). Perhitungan berat jenis dapat menggunakan persamaan berikut, berdasarkan SNI 1970:2008 untuk agregat halus dan SNI 1969:2008 untuk agregat kasar.

Agregat halus:

$$\text{Berat Jenis (gr/cm}^3\text{)} = \left( \frac{A}{A+C-B} \right)$$

Keterangan dimana:

- A = Pasir kondisi SSD
- B = Berat pasir + berat air dalam piknometer
- C = Berat air dalam piknometer

Agregat kasar:

$$\text{Berat Jenis (gr/cm}^3\text{)} = \left( \frac{B}{B-C} \right)$$

Keterangan dimana:

- B = Kerikil kondisi SSD
- C = Berat kerikil dalam air

#### 2.2.2 Gradasi Agregat

Tujuan pengujian gradasi material pada *paving block* adalah untuk mengetahui ukuran butiran halus dan kasar yang digunakan dalam campuran *paving block*. Material yang diuji untuk gradasi yaitu pasir Lumajang, pasir silika limbah *sandblasting*, abu batu, dan kerikil. Pengujian gradasi agregat sesuai dengan SNI 03-2834-2000.

$$\text{Fine Modulus (FM)} = \left( \frac{\sum \text{jumlah persen kumulatif tertahan (pada saringan standar)}}{100} \right)$$

#### 2.2.3 Penyerapan Air

Analisis penyerapan air bertujuan untuk mengetahui berapa persen air diserap pada pasir Lumajang, limbah *sandblasting*, abu batu, dan kerikil yang akan digunakan sebagai material pembuatan *paving block*. Perhitungan daya serap air agregat halus sesuai SNI 1970:2008 dan untuk penyerapan air pada agregat kasar sesuai SNI 1969:2008 dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{Penyerapan Air Agregat Halus} = \left[ \frac{S-A}{A} \right] \times 100\%$$

Keterangan:

- A = berat benda uji kering oven (gram)
- S = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (gram) (SSD)

$$\text{Penyerapan Air Agregat Kasar} = \left[ \frac{B-A}{A} \right] \times 100\%$$

Keterangan:

- A = berat benda uji kering oven (gram)
- B = berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan diudara (gram)

### 2.2 Mix Design dan Pembuatan Benda Uji

*Paving block* yang digunakan berukuran 20 cm x 10 cm x 6 cm dengan perbandingan semen dan agregat 1:6. Faktor Air Semen (FAS). Terdapat 2 benda uji yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan penambahan kerikil dan tanpa penggunaan kerikil. Kebutuhan material pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2. 1** *Mix Design*

| Kode benda uji | Perbandingan berat Semen: agregat (halus kasar) | Komposisi (Perbandingan massa) |                |                                         |          |         |
|----------------|-------------------------------------------------|--------------------------------|----------------|-----------------------------------------|----------|---------|
|                |                                                 | Semen                          | Pasir Lumajang | Pasir silika limbah <i>sandblasting</i> | Abu Batu | Kerikil |
| AB3-K0         | 1:6                                             | 1                              | 0,5            | 2,5                                     | 3        | 0       |
| AB2,5-K0,5     |                                                 | 1                              | 0,5            | 2,5                                     | 2,5      | 0,5     |

Pembuatan benda uji dilakukan dengan mesin press *paving block*. Sebelum pembuatan benda uji terlebih dahulu menimbang kebutuhan material sesuai dengan *mix desain*. Setelah membuat benda uji tahap selanjutnya yaitu perawatan benda uji *paving block* dengan menggunakan metode curing ditutup karung goni basah selama 28 hari.

### 2.3 Pengujian Kuat Tekan

Benda uji yang telah melalui tahap perawatan hingga umur 28 hari selanjutnya akan dilakukan pengujian kuat tekan. Pengujian kuat tekan pada *paving block* mengacu pada SNI 03-0691-1996.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Karakteristik Fisik Material

Analisis pengujian material yang dilakukan pada penelitian ini yaitu berat jenis, gradasi agregat halus dan agregat kasar, dan penyerapan air. Material yang diuji yaitu pasir Lumajang, pasir silika limbah *sandblasting*, abu batu, dan kerikil. Hasil pengujian karakteristik material dapat dilihat pada Tabel 3.1

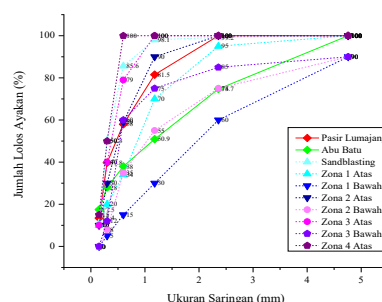
**Tabel 3. 1** Karakteristik Fisik Material

| No | Pemeriksaan                           | Pasir Silika Limbah <i>Sandblasting</i> | Pasir Lumajang | Abu Batu | Kerikil |
|----|---------------------------------------|-----------------------------------------|----------------|----------|---------|
| 1  | Berat Jenis SSD (gr/cm <sup>3</sup> ) | 2,84                                    | 2,45           | 2,52     | 2,7     |
| 2  | Penyerapan Air (%)                    | 2,6                                     | 1,5            | 2,7      | 2,8     |
| 3  | Gradasi Agregat (FM)                  | 2,07                                    | 1,56           | 2,91     | 3,62    |

Berat jenis yang tinggi akan mempengaruhi pada berat *paving block* yang dihasilkan. Pada Tabel 3.1 menunjukkan bahwa berat jenis agregat halus pasir silika limbah *sandblasting*, pasir Lumajang, dan abu batu telah sesuai dengan SNI 1970:2008 bahwa standar agregat halus adalah antara 2,4 gr/cm<sup>3</sup> – 2,9 gr/cm<sup>3</sup>. Berat jenis kerikil pada penelitian ini adalah 2,7 gr/cm<sup>3</sup>. Hasil pengujian tersebut telah memenuhi persyaratan yang telah oleh SNI 1969:2008 diketahui bahwa standar untuk agregat kasar batas minimum nya adalah 2,5 gr/cm<sup>3</sup>. Berat jenis pasir dapat mempengaruhi kualitas *paving block*, namun jika perbedaannya tidak terlalu besar dan pasir tersebut memenuhi standar yang ditetapkan, dampaknya terhadap kekuatan tekan tidak akan signifikan. Faktor-faktor seperti komposisi campuran dan proses produksi tetap menjadi penentu utama dalam menentukan mutu *paving block* (Wahyuningtias & Khatulistiani, 2021).

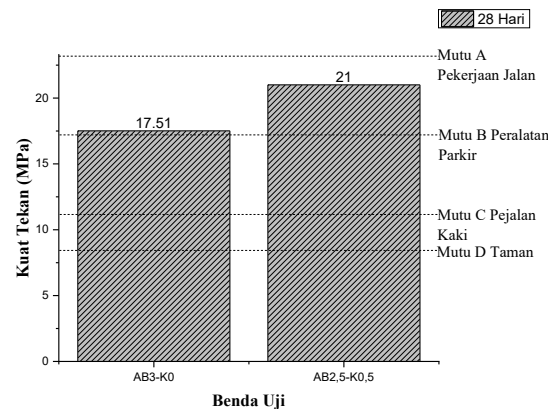
Berdasarkan Tabel 3.1 hasil pengujian penyerapan air pada agregat halus tersebut sudah memenuhi syarat yang ditetapkan oleh SNI 1970:2008 yaitu tidak melebihi 3%. Faktor yang mempengaruhi nilai penyerapan air berkaitan dengan modulus kehalusan yaitu semakin tinggi nilai modulus kehalusan, semakin besar jumlah air yang dapat diserap (Umar & Trimurtiningrum, 2023).

Uji gradasi material digunakan untuk memastikan bahwa agregat memiliki gradasi yang baik dan sesuai dengan standar, sehingga partikel dapat saling mengisi ruang antar butir dengan optimal (Majid dkk., 2022). Modulus kehalusan agregat halus nilainya antara 1,5-3,8. Semakin tinggi modulus kehalusan, semakin kasar agregat yang digunakan. Agregat halus memengaruhi berbagai properti beton, termasuk kemampuan kerja dan kemampuan penyelesaian. Umumnya, modulus kehalusan yang lebih rendah menghasilkan kebutuhan bahan pengikat yang lebih banyak, sehingga membuat beton lebih mudah untuk diselesaikan (Musadi dkk., 2019). Berikut merupakan grafik dari gradasi agregat yang terdapat pada Gambar 3.1

**Gambar 3. 1** Grafik Gradasi Agregat Halus

Nilai lolos kumulatif (%) dimasukkan dalam grafik Gambar 3.1 yang berisikan data lubang ayakan (mm), zona gradasi batas atas dan batas bawah dari lubang ayakan setiap daerah gradasi. Nilai tersebut dapat dilihat pada SNI 03-2834-2000. Gradasi pasir Lumajang termasuk dalam zona gradasi 2. Gradasi pasir silika limbah *sandblasting* termasuk zona gradasi 4. Gradasi abu batu termasuk zona gradasi 1. Zona 1 termasuk pada kelompok pasir butiran kasar, zona 2 termasuk pada kelompok pasir butiran agak kasar, zona 3 termasuk kelompok pasir butiran agak halus, zona 4 termasuk kelompok pasir butiran halus.

### 3.2 Uji Kuat Tekan



Gambar 3. 2 Hasil Uji Kuat Tekan *Paving Block*

Berdasarkan hasil rata-rata uji kuat tekan pada grafik Gambar 3.2, benda uji tanpa menggunakan kerikil menghasilkan kuat tekan sebesar 17,51 MPa dan benda uji menggunakan kerikil menghasilkan 21 MPa dengan mutu B yang diperuntukkan untuk peralatan parkir sesuai dengan SNI 03-0691-1996. Hasil ini menunjukkan bahwa abu batu dapat berfungsi sebagai pengganti pasir sebagai agregat halus. Namun, jika tidak diimbangi dengan agregat kasar seperti kerikil, kuat tekannya tidak meningkat secara signifikan. Penelitian (Riswanayanti dkk., 2019) menyatakan bahwa pemanfaatan limbah *sandblasting* sebagai pengganti pasir hingga 50% masih memenuhi standar mutu agregat halus dan dapat digunakan dalam campuran *paving block*, namun komposisi agregat kasar tetap penting untuk meningkatkan kuat tekan. Penambahan agregat kasar seperti kerikil dapat meningkatkan densitas dan kuat tekan *paving block* karena distribusi partikel yang baik dan *interlocking* antar agregat yang lebih optimal (Saputri dkk., 2023). Menurut penelitian (Kaya dkk., 2024) penambahan agregat kasar dalam jumlah optimum dapat meningkatkan kuat tekan, namun peningkatan rasio agregat kasar yang berlebihan dapat mempengaruhi nilai kuat tekan.

### 4. KESIMPULAN

Penggunaan komposisi berbasis limbah *sandblasting* dan abu batu dengan penambahan agregat kasar kerikil pada *paving block* dapat meningkatkan hasil kuat tekan. Penambahan agregat kasar kerikil pada benda uji menghasilkan nilai rata-rata kuat tekan 21 MPa sedangkan benda uji tanpa ada penambahan agregat kasar kerikil menghasilkan kuat tekan 17,51 MPa. Hasil pengujian kuat tekan pada *paving block* telah memenuhi syarat Mutu B yang diperuntukkan untuk peralatan parkir berdasarkan pada SNI 03-0691-1996.

### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad, F. I. (2022). Pengaruh Penggunaan Kerikil Jagung Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Pasir Pada Paving Block (the Effects of Using Corn Gravel As a Partial Substitute of Sand on Paving Block). *Tugas Akhir Universitas Islam Indonesia*.
- Cahyono, L. C., Pratiwi, W. D., & Widian, D. R. (2025). Analisis Ketahanan Lentur Dan Kelayakan Lingkungan Pada Pelat Beton Ferosemen Berbahan Limbah Sandblasting Dan Fly Ash. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 8(1), 193–200. <https://doi.org/10.24912/jmts.v8i1.31655>
- Dermawan, D., & Ashari, M. L. (2018). Studi Komparasi Kelayakan Teknis dan Lingkungan Pemanfaatan Limbah B3 Sandblasting terhadap Limbah B3 Sandblasting dan Fly Ash sebagai Campuran Beton. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 15(1), 25. <https://doi.org/10.14710/presipitasi.v15i1.25-30>
- Hendrawan. (2020). Analisa tingkat kebisingan kamar mesin pada kapal. *WIJAYAKUSUMA Prosiding Seminar Nasional: Jaringan Penelitian (JARLIT) Cilacap "Menuju Cilacap 4.C (Creativity, Critical Thinking, Communication And Colaboration)"*, 16(1), 1–23.
- Kamaluddin Lubis, Afrizal Naumar, & Eko Prayitno. (2023). Pengaruh Abu Batu Sebagai Bahan Tambah Agregat Halus Pada Kuat Tekan Paving Block. *Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Civil and Planning*

*Engineering, Bung Hatta University, 1*, 183–184.

- Kaya, Y., Beytekin, H. E., & Mardani, A. (2024). Effect of Variations in Aggregate Ratios on the Fresh, Hardened, and Durability Properties of Self-Compacting Concrete. *Materials*, 17(22). <https://doi.org/10.3390/ma17225639>
- Majid, A. N., Roestaman, R., & Permana, S. (2022). Penggunaan Agregat Halus Ex Paving Block untuk Campuran Beton. *Jurnal Konstruksi*, 19(2), 340–350. <https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.19-2.924>
- Musadi, C. R., Manoppo, M. R. E., Teknik, F., Sipil, J., Sam, U., Manado, R., & Belakang, L. (2019). Hubungan Modulus Kehalusan Agregat Dengan. *Jurnal Sipil Statik*, 7(4), 471–480.
- Puspitasari, I. P., Maulana, Q. D., & Prasetyo, D. A. (2023). Studi Eksperimental Beton dari Limbah Abu Batu Sebagai Substitusi Pasir Alami. *Jurnal Teknik Sipil*, 13(1), 30–35. <https://doi.org/10.36546/tekniksipil.v13i1.962>
- Riswanayanti, V., Achmad, K., Dan, M. T., Sulisty, T., Teknik, M. T. J., Politeknik, S., & Balikpapan, N. (2019). Pemanfaatan Limbah Sandblasting Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Pada Campuran Paving Block. *JUTATEKS*, 3, 95–105.
- Saputri, D. A., Wardi, S., & Roza, A. (2023). Pengaruh Variasi Komposisi Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan dan Penyerapan Air Paving Block. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 2(5), 917–924. <https://doi.org/10.55123/insologi.v2i5.2667>
- SNI-03-0691-1996. (1996). Standar Nasional Indonesia Badan Standarisasi Nasional Bata Beton (Paving Block). *Badan Standarisasi Nasional*, 1–5.
- SNI 1969:2008. (2008). SNI 1969:2008 Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 20.
- SNI 1970:2008. (2008). Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *Badan Standar Nasional Indonesia*, 7–18. <http://sni.litbang.pu.go.id/index.php?r=/sni/new/sni/detail/id/195>
- Sukmana, N. C., Melati, M. S., Setyawan, M. I., Prayoggi, E., & Anggarini, U. (2019). Optimization of cellular lightweight concrete using silica sand of sandblasting waste based on factorial experimental design. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 509(1), 18–24. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/509/1/012096>
- Umar, A. B., & Trimurtiningrum, R. (2023). Pengaruh Gradasi Agregat Terhadap Karakteristik Fisik Dan Mekanik Beton. *Journal of Scientech Research and Development*, 5(2), 580–591. <https://idm.or.id/JSCR/index.php/JSCR/article/view/14>
- Wahyuningtias, A., & Khatulistiani, U. (2021). Kekuatan Paving Block Menggunakan Campuran Abu Sekam Padi Dan Kapur. *Axial : Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Konstruksi*, 9(2), 125.