

Pengaruh Penambahan Limbah Industri Baja sebagai Agregat terhadap Kualitas *Paving Block*

Rizki Lukman Saleh, Yudhi Arnandha, Anis Rakhmawati

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Tidar,
Jl. Kapten Suparman No. 39, Potrobangsari, Magelang Utara, Jawa Tengah, 56116.

E-mail: rizkilukmansaleh@gmail.com

Intisari. Pemanfaatan limbah untuk hal yang berguna adalah cara terbaik untuk mengatasi masalah lingkungan. Kandungan senyawa pada limbah baja di Desa Batur, Kecamatan Ceper adalah SiO_2 sebesar 35,19%, Fe_2O_3 19,58%, Al_2O_3 6,01%, MgO 2,95%, CaO 26,5%, Na_2O 3,21%. Kandungan *Silika dioksida* (SiO_2) yang tinggi, dimungkinkan dapat bereaksi dengan semen, yang digunakan sebagai bahan pengganti agregat dalam pembuatan *paving block*. Pembuatan *paving block* dilakukan secara konvensional di Dusun Dumpoh, Kelurahan Potrobangsari, Magelang, dengan menggunakan cetakan dan alat pres. Proporsi perbandingan semen dan agregat adalah 1:3 dan nilai fas 0,5 dengan variasi penambahan limbah baja sebesar 0%, 20%, 30%, 40%, 50% dan 100%. Pengujian kuat tekan, serapan air, dan ketahanan terhadap Natrium Sulfat dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tidar, dan pengujian ketahanan aus dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada Hasil pengujian kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi penambahan limbah baja 40% sebesar 16,601 MPa dan nilai terendah terdapat pada variasi 0% sebesar 7,593 MPa. Nilai keausan mengalami peningkatan pada setiap penambahan limbah baja, dengan nilai terendah pada variasi 0% sebesar 0,086 mm/menit dan nilai tertinggi pada variasi 100% sebesar 0,305 mm/menit. Nilai serapan air meningkat dari variasi 20% sebesar 6,438% hingga variasi 100% sebesar 8,802%. Pengujian ketahanan terhadap Natrium Sulfat tidak memiliki pengaruh pada *paving block*. Secara keseluruhan, penggunaan limbah baja sebagai bahan pengganti agregat telah memenuhi SNI 03-0691-1996.

Kata kunci: agregat, limbah baja, *paving block*

Abstract. The use of residual material for useful things is the best way to resolve environmental problems. The content of iron slag in Batur Village, Ceper District is SiO_2 at 35.19%, Fe_2O_3 19.58%, Al_2O_3 6.01%, MgO 2.95%, CaO 26.5%, Na_2O 3.21%. The content of Silica dioxide (SiO_2) is quite high, so it is possible to react with cement, and it can be used as an aggregate substitute in making paving blocks. Paving block was made in conventionally in Dumpoh Village, Potrobangsari, Magelang using molds and press tools. The ratio of cement and aggregate is 1: 3 and water-cement ratio was 0.5, with the various addition of iron slag in aggregates amount 0%, 20%, 30%, 40%, 50% and 100%. The tests included testing of compressive strength, wear out resistance, water absorption and sodium sulfate resistance. The highest compressive strength test results were found at 40% iron slag addition of 16.601 Mpa and the lowest compressive strength was 7.593 MPa. The range of wear out resistance has increased in each addition of iron slag, with the lowest range at the proportion of 0% was 0.086 mm/min and the highest range at the proportion of 100% iron slag was 0.305 mm/min. In water absorption test, the range of water absorption increased from the proportion of 20% was 6.438% to the proportion of 100% was 8.802%. The test of sodium sulfate resistance has no effect on paving block. The conclusion was the used of iron slag as a substitute for aggregate has conform SNI 03-0691-1996.

Keywords : aggregate, iron slag, *paving block*

PENDAHULUAN

Berkembangnya industri baja dan meningkatnya pemakaian produk baja dapat membawa dampak negatif terhadap pencemaran lingkungan, sebab industri baja ini menghasilkan limbah yang dapat dikategorikan sebagai limbah B3 (berbahaya, berbau, dan beracun). Menurut PP No 74 tahun 2001, tentang pengelolaan B3 dan PP no 18 dan 85 tahun 1999 tentang pengelolaan limbah B3, limbah yang dihasilkan oleh industri baja dan logam digolongkan sebagai limbah B3, sehingga harus mengikuti aturan,

seperti harus melalui proses *thermal*, stabilisasi, solidifikasi atau proses kimia, fisika dan biologi. (Rosita, 2013).

Sektor industri merupakan salah satu sektor penting dalam pembangunan perekonomian di Indonesia. Berbagai macam industri mengalami perkembangan yang cukup pesat. Salah satu bidang industri yang berkembang adalah industri konstruksi khususnya pembangunan infrastruktur dan properti yang membutuhkan material salah satunya adalah *paving block*.

Perencanaan dan panduan dalam pembuatan *paving block* diatur oleh Badan Standarisasi Nasional dalam SNI 03-1691 tahun 1996. Penggunaan *paving block* sebagai alternatif perkerasan jalan lingkungan mulai marak digunakan. Meningkatnya kebutuhan akan perkerasan jalan ini mengharuskan penelitian lebih lanjut untuk menghasilkan kualitas *paving block* yang lebih baik.

Limbah buangan hasil pengolahan baja di daerah industri Desa Batur, Kecamatan Ceper, Kabupaten Klaten selama ini hanya ditumpuk di tanah kosong atau digunakan sebagai bahan timbunan tanah yang kurang memiliki nilai ekonomis.

Limbah baja dihasilkan oleh produk sampingan dari proses produksi dapur tinggi dalam pengolahan baja. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Herlangga (2014) kandungan senyawa pada limbah baja adalah SiO₂ sebesar 35,19%, Fe₂O₃ 19,58%, Al₂O₃ 6,01%, MgO 2,95%, CaO 26,51%, Na₂O 3,21%. Pada penelitian tersebut, dapat diketahui kandungan Silika dioksida (SiO₂) yang cukup tinggi, sehingga dimungkinkan dapat bereaksi dengan semen. (Ardana, dkk, 2016).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah industri baja sebagai agregat terhadap kualitas *paving block* sesuai dengan SNI 03-1691-1996.

Tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui parameter yang berpengaruh terhadap nilai kuat tekan, ketahanan aus, penyerapan air, dan ketahanan terhadap Natrium Sulfat *paving block*,
2. Mengetahui pengaruh penambahan limbah industri baja pada agregat terhadap nilai kuat tekan, ketahanan aus, penyerapan air, dan ketahanan terhadap Natrium Sulfat *paving block*

Menurut Tjokrodinuljo (2004) terak baja (*slag*) adalah hasil sampingan dari proses pembakaran bijih besi pada tanur tinggi yang didinginkan di udara terbuka. Nilforoushan dan Reza (2005) menyatakan kandungan silika (SiO₂) dalam terak akan bereaksi dengan sisa hidrasi semen pertama yang akan membentuk proses hidrasi semen yang kedua. Proses reaksi lanjutan ini menghasilkan kekuatan beton terak meningkat dengan bertambahnya umur beton. (Ardana, dkk, 2016)

Menurut Dewi, dkk (2012), terak baja adalah residu (limbah) pengecoran logam industri yang merupakan hasil dari endapan proses pembakaran baja yang dipanaskan pada suhu ± 1500° C. Terak memiliki bentuk menyudut, tajam, padat seperti batu, warnanya hitam mengkilap dan memiliki daya serap air yang kecil

Menurut SNI-03-0691-1996, bata beton (*paving block*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen *portland* atau bahan perekat hidraulis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa

bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu. Perkerasan yang menggunakan *paving block* ini diusahakan dalam hal pemasangan jangan sampai terjadi celah yang berakibat rusaknya struktur jalan tersebut. Kerusakan timbul dari celah antar *paving block* yang dapat menyerap air, sehingga bila terjadi beban dinamis yang melewati struktur jalan *paving block* dan struktur di bawahnya menjadi rusak

Syarat mutu *paving block* terdapat pada SNI-03-0691-1996 adalah sebagai berikut:

1. Sifat tampak

Bata beton harus mempunyai permukaan yang rata, tidak retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan jari tangan.

2. Ukuran

Bata beton harus mempunyai ukuran tebal minimum 60 mm dengan toleransi + 8%.

3. Sifat fisika

Bata beton diklasifikasikan menjadi 4 jenis mutu, yang dibedakan atas sifat dan penggunaannya. Bata beton mutu A digunakan untuk jalan, bata beton mutu B digunakan untuk peralatan parkir, bata beton mutu C untuk pejalan kaki, dan bata beton mutu D digunakan untuk taman dan penggunaan lain. Bata beton harus mempunyai sifat-sifat fisika seperti pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1 Sifat fisika *paving block*

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Ketahanan Aus (mm/menit)		Penyerapan Air Maksimal %
	Rata-rata	Min	Rata-rata	Min.	
A	40	35	0,09	0,103	3
B	20	17	0,13	0,149	6
C	15	12,5	0,16	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

Sumber: SNI-03-0691-1996

METODE PENELITIAN

Pembuatan *paving block* dilakukan secara konvensional di Dusun Dumpoh, Kelurahan Potrobangsari, Magelang, dengan menggunakan cetakan dan alat pres. Proporsi perbandingan semen dan agregat adalah 1:3 dan nilai fas 0,5 dengan variasi penambahan limbah baja sebesar 0%, 20%, 30%, 40%, 50% dan 100% yang masing-masing variasi berjumlah 8 buah benda uji. Pengujian kuat tekan, penyerapan air, dan ketahanan terhadap Natrium Sulfat dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tidar, dan pengujian ketahanan aus dilakukan di Laboratorium Bahan Bangunan, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Universitas Gadjah Mada.

Kuat tekan adalah besarnya beban per satuan luas, yang diuji menggunakan alat uji tekan pada umur 28 hari. Pada dasarnya *paving block* yang baik adalah *paving*

block yang memiliki kuat tekan yang tinggi. Persamaan yang digunakan dalam menghitung kuat tekan adalah sebagai berikut:

$$f_c' = \frac{P}{A} \quad (1)$$

dengan:

f_c' : kuat tekan *paving block* (MPa)

P : beban maksimum (N)

A : luas bidang tekan (mm²).

Pengujian ketahanan aus yang baik pada *paving block* adalah pada permukaan *paving block* rata, tidak kasar sehingga tahan terhadap keausan. Ketahanan aus *paving block* dihitung dengan persamaan berikut:

$$\text{Ketahanan Aus} = 1,26 \times \frac{W'}{T} + 0,0246 \quad (2)$$

dengan:

W' : selisih berat sebelum dan setelah diauskan (kg)

T : waktu pengausan (menit).

Pengujian penyerapan air dilakukan pada umur 28 hari. Bahan utama *paving block* yang sangat berpengaruh pada penyerapan air adalah agregat halus (pasir) karena sifatnya yang mudah menyerap air. Penyerapan air dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Penyerapan air} = \frac{W_A - W_B}{W_B} \times 100\% \quad (3)$$

dengan:

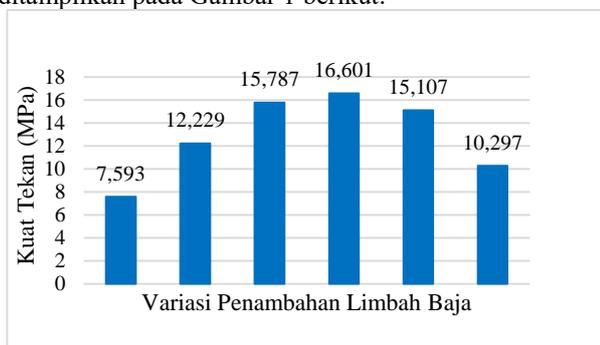
W_A : berat basah benda uji (gr)

W_B : berat kering benda uji (gr).

Pengujian ketahanan terhadap Natrium Sulfat bata beton untuk lantai tidak boleh retak-retak/cacat dan kehilangan berat yang diperkenankan maksimum 1%

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian kuat tekan rata-rata *paving block* ditampilkan pada Gambar 1 berikut:

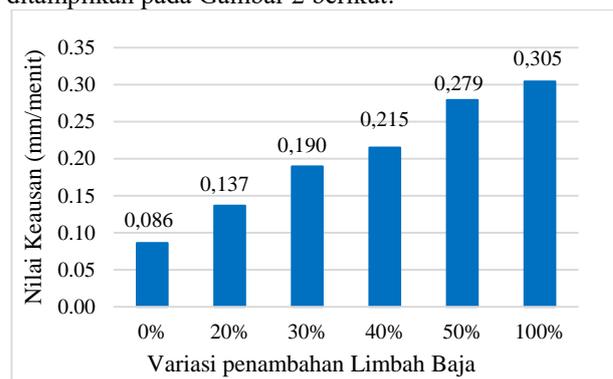


Gambar 1 Grafik perubahan kuat tekan

Berdasarkan Gambar 1, hasil pengujian kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi campuran 4 dengan penambahan limbah baja 40% yang memiliki nilai rata-rata kuat tekan sebesar 16,601 MPa, dan nilai kuat tekan

terkecil terdapat pada variasi campuran 1 dengan penambahan limbah baja 0% yang memiliki nilai rata-rata kuat tekan sebesar 7,593 MPa. Dari data hasil pengujian tersebut bahwa nilai kuat tekan *paving block* akan terus meningkat dengan bertambahnya penambahan limbah baja sampai pada persentase 40%, kemudian nilai kuat tekan turun pada persentase 50% dan 100%, hal ini terjadi karena sifat limbah baja yang lebih keras dari pasir, karena limbah baja ini mengandung berbagai unsur logam, diantaranya adalah logam Ferro, Alumunium, Magnesium, Kalsium dan Natrium sehingga kuat menahan tekanan, namun pada penambahan limbah baja yang memiliki proporsi sama atau lebih dari persentase pasir, nilai kuat tekan akan mengalami penurunan yang disebabkan ikatan pada limbah baja yang kurang kuat dengan pasir dan semen, sehingga mudah tergerus dan mudah retak pada proses pengujian kuat tekan.

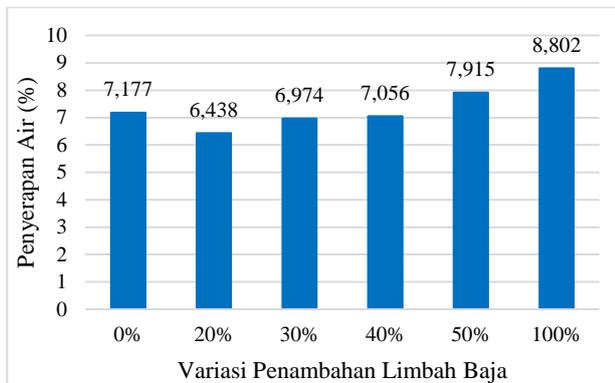
Hasil pengujian ketahanan aus rata-rata *paving block* ditampilkan pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2 Grafik perubahan ketahanan aus

Berdasarkan Gambar 2, nilai keausan terkecil terdapat pada penambahan proporsi limbah baja 0% sebesar 0,086 mm/menit dan meningkat hingga nilai tertinggi terdapat pada penambahan limbah baja 100% sebesar 0,305 mm/menit. Hasil ini menunjukkan bahwa penambahan limbah baja pada *paving block* dapat mengurangi mutu *paving block* dalam pengujian keausan, karena semakin banyak penambahan limbah baja, maka semakin banyak gerusan yang terjadi saat proses pengujian sehingga nilai keausan semakin meningkat.

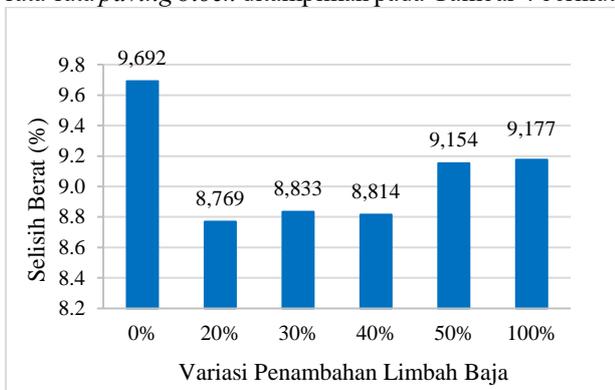
Hasil pengujian penyerapan air rata-rata *paving block* ditampilkan pada Gambar 3 berikut



Gambar 3 Grafik perubahan penyerapan air

Berdasarkan Gambar 3, hasil pengujian penyerapan air terkecil terdapat pada penambahan limbah baja 20% sebesar 6,438%, sedangkan nilai penyerapan air tertinggi terdapat pada penambahan limbah baja 100% sebesar 8,802%. Pada persentase penambahan limbah baja 20% sampai 100% terus mengalami kenaikan penyerapan air, dan dapat disimpulkan bahwa sifat limbah industri baja memiliki kemampuan menyerap air yang lebih tinggi daripada agregat pasir sehingga semakin besar persentase penambahan limbah baja, maka semakin besar nilai penyerapan air.

Hasil pengujian ketahanan terhadap Natrium Sulfat rata-rata *paving block* ditampilkan pada Gambar 4 berikut:



Gambar 4 Grafik perubahan ketahanan terhadap Natrium Sulfat

Berdasarkan Gambar 4, hasil pengujian ketahanan terhadap Natrium Sulfat mengalami kenaikan dan penurunan pada semua campuran, dan dapat disimpulkan bahwa penambahan limbah baja tidak mempengaruhi dalam ketahanan terhadap Natrium Sulfat *paving block*

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan limbah industri baja dalam campuran bahan *paving block* dapat mempengaruhi nilai kuat tekan, ketahanan aus, penyerapan air, dan ketahanan terhadap Natrium Sulfat *paving block*,
2. Nilai kuat tekan *paving block* mengalami peningkatan dari penambahan limbah baja 0% sampai tertinggi terdapat pada penambahan limbah baja 40%, yang telah memenuhi nilai kuat tekan minimal *paving block* mutu C, dan mengalami penurunan pada penambahan limbah baja 50% dan 100%. Nilai keausan terkecil terdapat pada persentase penambahan limbah baja 0%, sedangkan nilai keausan terbesar terdapat pada persentase 100%. Semakin besar persentase limbah baja, maka permukaan *paving block* akan mudah aus dan tergerus. Pada penambahan limbah baja, nilai keausan terkecil didapat pada penambahan limbah baja 20%, yang telah memenuhi syarat *paving block* mutu B. Penyerapan air mengalami kenaikan pada penambahan limbah baja 20% hingga penambahan limbah baja 100%, yang menunjukkan bahwa limbah baja memiliki daya serap lebih besar dari pada pasir. Pada penambahan limbah baja 20%, *paving block* telah memenuhi syarat penyerapan air mutu C. Nilai ketahanan terhadap natrium sulfat mengalami kenaikan dan penurunan pada semua variasi campuran, dan dapat disimpulkan bahwa penambahan limbah industri baja sebagai agregat tidak mempengaruhi ketahanan terhadap Natrium Sulfat pada *paving block*.

Berdasarkan simpulan dan hasil penelitian, maka dapat dikemukakan saran sebagai berikut:

1. Perlu adanya penelitian lanjutan tentang penggunaan limbah industri baja pada proses pengecoran logam baja.
2. Dapat dilanjutkan penelitian sejenis dengan bahan yang sama, namun dengan perbandingan semen agregat yang berbeda dan dengan persentase penambahan limbah industri baja yang berbeda

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, A., 2009, *Kajian Beton Mutu Tinggi menggunakan Slag sebagai Agregat Halus dan Agregat Kasar dengan Aplikasi Superplasticier dan Silicafume*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Ardana, A., D., dkk, 2016, *Studi Eksperimen Pergantian Agregat Kasar dengan Terak Baja terhadap Kuat Tekan Beton Normal*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Bata Beton (*Paving Block*), 1996, SNI 03-0691-1996, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Dewi, T., Ida, N., S., dan Rima, S., A., 2012, *Pengaruh Penggunaan Terak sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Lentur dan Berat Jenis pada Beton*

- Normal dengan Perbandingan 1:2:3*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Gaol, T., A., M., L., dan Karolina, R., 2016, *Perbandingan Pengaruh Penggunaan Steel Slag sebagai Agregat Halus terhadap Kuat Tekan dan Lentur pada Beton Bertulang dengan Beton Normal (Studi Eksperimental)*, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Oka, I., G., M., 2007, *Optimalisasi Pemanfaatan Limbah Baja sebagai Beton Berat (High Density Concrete)*, Universitas Tadulako, Palu.
- Paryati, N., 2015, *Kuat Tekan Beton dengan Penambahan Serbuk Besi dan Baja*, Universitas Islam, Bekasi.
- Rajagukguk, A., dan Surbakti, B., 2016, *Pengaruh Penambahan Limbah Debu Pengelolaan Baja (Dry Dust Collector) dan Penambahan Serat Polypropylene terhadap Sifat Mekanis Beton*, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Rosita, 2013, *Pengelolaan Limbah B3 pada Industri Besi/Baja*, Pusat Teknologi Lingkungan, Kedeputian TPSA, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta.
- Semen Portland, 2004, SNI 15-2049-2004*, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.
- Simatupang, R., dkk, 2013, *Pengaruh Penggunaan Limbah Baja terhadap Kuat Karakteristik Beton*, Universitas Kristen Maranatha, Bandung.
- Suhanda, F., 2017, *Pemanfaatan Slag Nikel dan Abu Sekam Padi sebagai Bahan Pembuatan Paving Block*, Universitas Halu Oleo, Kendari.
- Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (Beta Version), 2002, SNI 03-2847-2002*, Bandung.
- Tjokrodinuljo, K., 1996, *Teknologi Beton*, Buku Ajar Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Yahya, M., 2013, *Pemanfaatan Limbah Industry Baja (Blast Furnance Iron Slag) sebagai Bahan Bangunan*, Universitas Hasanuddin, Makassar.