

PENGARUH SUBSTITUSI STEEL SLAG TERHADAP KUAT TEKAN DAN DAYA SERAP AIR PADA PAVING BLOK

Nur Silvia Arafik¹, Dr. Suprpto, S.Pd., M.T.²

¹Mahasiswa D4 Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya.

²Dosen D4 Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya.

Email: nursilvia.20054@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Peningkatan aktivitas industri baja menghasilkan limbah yang tergolong limbah B3 (berbahaya, beracun, dan berbau), sehingga berpotensi merusak lingkungan. Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 74 Tahun 2001 dan Peraturan Pemerintah Nomor 18 dan 85 Tahun 1999, limbah dari industri baja harus dikelola dengan benar melalui metode seperti proses termal, stabilisasi, solidifikasi, serta pengolahan kimia, fisika, dan biologi untuk meminimalkan dampaknya. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan benda uji, yaitu paving blok yang di buat dengan mengganti sebagian agregat halus dengan agregat halus buatan dari steel slag Penelitian ini menggunakan substitusi steel slag sebesar 0%, 10%, 15%, dan 20% dari pasir, dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh terhadap kuat tekan, daya serap air, serta proporsi steel slag paling optimum pada paving blok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi steel slag hingga 10% meningkatkan kuat tekan dan menurunkan daya serap paving blok, dengan hasil terbaik pada proporsi 10%. Melebihi 10%, kuat tekan menurun dan daya serap meningkat. Jadi, proporsi optimal steel slag adalah 10%.

Kata Kunci: Daya Serap, Kuat Tekan, Paving Blok, Steel Slag

Abstract

The increase in steel industry activity produces waste that is classified as B3 waste (hazardous, toxic, and odorous), so it has the potential to damage the environment. In accordance with Government Regulation Number 74 of 2001 and Government Regulation Number 18 and 85 of 1999, waste from the steel industry must be managed properly through methods such as thermal processes, stabilization, solidification, and chemical, physical, and biological processing to minimize its impact. The research method used is an experimental method with test objects, namely paving blocks made by replacing some of the fine aggregate with artificial fine aggregate from steel slag. This study used steel slag substitution of 0%, 10%, 15%, and 20% of sand, with the aim of determining the effect on compressive strength, water absorption, and the most optimum proportion of steel slag in paving blocks. The results showed that steel slag substitution of up to 10% increased compressive strength and decreased the absorption capacity of paving blocks, with the best results at a proportion of 10%. Exceeding 10%, compressive strength decreased and absorption capacity increased. So, the optimal proportion of steel slag is 10%.

Keywords: Absorption Capacity, Compressive Strength, Paving Blocks, Steel Slag

PENDAHULUAN

Peningkatan aktivitas perusahaan baja menghasilkan limbah dengan tergolong limbah B3 (berbahaya, beracun, dan berbau), sehingga berpotensi merusak lingkungan. Sesuai terhadap Peraturan Pemerintah Nomor 18 dan 85 Tahun 1999 serta Peraturan Pemerintah Nomor 74 Tahun 2001, limbah dari industri baja harus dikelola dengan benar melalui metode seperti proses termal, stabilisasi, solidifikasi, serta pengolahan kimia, fisika, dan biologi untuk meminimalkan dampaknya (Saleh et al., 2019).

Steel slag menjadi limbah padatan yang diperoleh pada aktifitas peleburan besi dan baja, berupa campuran berbagai zat kimia dan mineral. Limbah ini terbentuk selama proses oksidasi, di mana material yang tidak diinginkan mengapung di permukaan cairan logam dan membentuk lapisan yang dikenal sebagai slag. Di Indonesia, produksi steel slag yang dihasilkan mencapai ribuan ton setiap bulan. Salah satu perusahaan, PT. Ispat Indo, memproduksi sekitar ± 9.000 ton maupun ± 3.000 m³ steel slag setiap bulannya (PT. Ispat Indo, 2008). Jumlah yang besar ini tidak dimanfaatkan dengan optimal, sehingga

menumpuk dan menjadi tantangan yang memerlukan solusi.

Pemanfaatan steel slag menjadi isu penting yang perlu diperhatikan. Salah satu upaya dalam menyelesaikan permasalahan ini merupakan dengan menggunakan steel slag sebagai bahan tambahan dalam campuran beton untuk konstruksi. Di berbagai negara, penggunaan steel slag telah menjadi praktik umum. Sebagai contoh, di Thailand, steel slag digunakan untuk perkerasan jalan. Selain itu, material ini juga dimanfaatkan dalam pembangunan gedung, sebagai pengganti ballast, dalam produksi pupuk, dan berbagai aplikasi lainnya (Iswardoyo, 2016).

Paving blok menjadi salah satu bahan bangunan yang dimanfaatkan untuk pemadatan permukaan jalan. Umumnya, paving blok terbuat pada gabungan semen portland, air, serta agregat halus, memanfaatkan bahan tambahan maupun tidak, selama tidak menurunkan kualitasnya (Jauzi et al., 2014). Steel slag memiliki karakteristik seperti kekuatan tinggi, porositas rendah, dan kemampuan daur ulang yang baik, sehingga berpotensi meningkatkan kualitas paving blok. Berdasarkan karakteristik tersebut, penelitian ini akan mengkaji penambahan steel slag dalam pembuatan paving blok. Penelitian ini terdapat tujuan yaitu untuk menganalisis pengaruh perbandingan steel slag terhadap pasir terhadap kuat tekan dan daya serap air dan untuk mengetahui proporsi steel slag paling optimal pada paving blok.

METODE

Metode penelitian yang diterapkan merupakan metode eksperimen menggunakan benda uji, yaitu paving blok yang di buat dengan mengganti sebagian agregat halus dengan agregat halus buatan dari *steel slag*. Tahapan pada penelitian ini yaitu menyiapkan bahan, pemeriksaan bahan, mencampurkan bahan, percetakan benda uji, perawatan benda uji, pengujian paving blok dan analisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Bahan

Pada penelitian ini, pembuatan paving blok menggunakan bahan utama seperti semen, pasir, air, dengan steel slag sebagai pengganti sebagian pasir. Hasil pemeriksaan bahan yang dilaksanakan pada penelitian ini yaitu seperti di bawah ini:

1. **Semen Portland**
Semen Portland yang dimanfaatkan untuk penelitian ini merupakan merek Gresik. Untuk hasil pengujian berat jenis didapatkan sejumlah 3,03 t/m³ untuk nilai berat jenis. Dikategorikan memenuhi ketentuan SNI 15–2531–1991 yang menyebutkan bahwa berat jenis semen yang ditetapkan dalam rentang 3,00–3,20 t/m³.
2. **Berat Jenis serta Penyerapan Air**
Agregat yang dimanfaatkan untuk penelitian ini merupakan pasir Lumajang. Menurut hasil pengujian penyerapan agregat halus serta berat jenis, didapatkan sejumlah 2,659 gr/cm³ untuk nilai berat jenis, sementara penyerapan air tercatat sebesar 2,459%. Nilai ini mencukupi ketentuan dalam SNI 03–1970–1990, dengan menjelaskan mengenai berat jenis untuk agregat halus normal terdapat diantara 2,58 - 2,83, dengan maksimum sebesar 3% untuk penyerapan airnya.
3. **Kadar Lumpur Pasir**
Beberapa tahapan pengujian kadar lumpur pada agregat halus dilaksanakan sesuai dengan SNI 03–1970–1996. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh rata-rata kandungan lumpur sebesar 1,6%. Hasil ini membuktikan mengenai kandungan lumpur pada agregat halus tersebut sudah mencukupi persyaratan yang ditetapkan dalam SNI 03-6821-2002, yang menyebutkan bahwa kandungan lumpur maksimum pada agregat halus sebesar 5%.
4. **Air**
Air yang digunakan adalah air sumber. Hasil pemeriksaan berdasarkan visual membuktikan mengenai air tersebut mencukupi kriteria dalam dimanfaatkan pada pembuatan paving blok, dikarenakan air tersebut jernih, tidak berbau, serta tidak memiliki warna
5. **Steel Slag**
Steel slag yang dimanfaatkan untuk penelitian ini diperoleh dari PT. Putro Lingkungan Indonesia dengan ukuran 100 mesh. Material ini berfungsi sebagai pengganti pasir dalam campuran paving blok. Berdasarkan hasil uji, steel slag memiliki berat jenis sejumlah 3,497 gr/cm³ serta daya serap air sejumlah 2,459%. Nilai tersebut memenuhi syarat berat jenis minimal $\geq 2,5$ dengan maksimal 3% untuk penyerapan airnya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa steel slag terdapat berat jenis dengan lebih tinggi daripada pasir, begitu pula campuran

antara pasir dan steel slag menunjukkan berat jenis secara lebih besar daripada campuran yang hanya memanfaatkan pasir. Hal ini menunjukkan bahwa semakin padat bahan pengisi, semakin tinggi kepadatan campuran, yang berkontribusi pada peningkatan kekuatan material.

Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan paving blok dilaksanakan berdasarkan standar SNI 03-0691-1996. Untuk penelitian ini, pengujian dilaksanakan terhadap paving blok yang sudah sampai pada waktu 14 hari, dalam Jumlah sampel uji yang digunakan adalah 5 buah untuk setiap variasi. Paving blok yang awalnya terdapat ukuran 200 mm x 100 mm x 60 mm dipotong hingga mencapai ukuran 60 mm x 60 mm x 60 mm dengan alat pemotong.



Gambar 1. Kuat Tekan
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Hasil pengujian kuat tekan paving blok yang sudah dijalankan mampu ditunjukkan dalam tabel berikut ini.

Tabel 1 Perhitungan Kuat Tekan Dengan Steel Slag 0%

Kode Sampel	Luas (mm ²)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
A1	3720	62000	16,667	15,371
A2	3600	55000	15,278	
A3	3600	51000	14,167	

Tabel 2 Perhitungan Kuat Tekan Dengan Steel Slag 10%

Kode Sampel	Luas (mm ²)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
B1	3480	75000	21,156	22,630
B2	3180	75000	23,585	
B3	3240	75000	23,149	

Tabel 3 Perhitungan Kuat Tekan Dengan Steel Slag 15%

Kode Sampel	Luas (mm ²)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
C1	3300	54000	16,364	17,345
C2	3306	63000	19,057	
C3	3190	53000	16,615	

Tabel 4 Perhitungan Kuat Tekan Dengan Steel Slag 20%

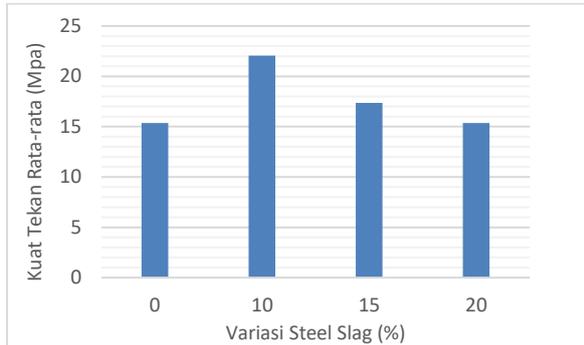
Kode Sampel	Luas (mm ²)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (Mpa)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)
D1	3240	44000	13,581	15,120
D2	3300	57000	17,273	
D3	3240	47000	14,507	

Hasil perhitungan kuat tekan rata-rata untuk masing-masing variasi selanjutnya digunakan untuk menentukan klasifikasi mutu paving blok sejalan terhadap SNI 03-0691-1996. Klasifikasi kualitas paving blok untuk semua variasi ditunjukkan pada tabel berikut ini:

Tabel 5 Perhitungan Kuat Tekan Rata-rata dan Mutu Paving Blok

Variasi (0%)	Kuat Tekan Rata-rata (Mpa)	Mutu Paving Blok Berdasarkan SNI	Fungsi Paving Blok
0	15,371	C	Pejalan Kaki
10	22,630	B	Lahan Parkir
15	17,345	B	Lahan Parkir
20	15,120	C	Pejalan Kaki

Grafik menunjukkan hasil rata-rata kuat tekan paving blok untuk semua variasi substitusi beberapa bagian pasir menggunakan steel slag dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Grafik Kuat Tekan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa paving blok dengan substitusi 10% steel slag memiliki nilai kuat tekan rata-rata secara lebih besar dari pada paving blok tanpa substitusi. Namun, ketika substitusi steel slag melebihi 10%, terdapat penurunan kuat tekan. Hal tersebut dipengaruhi dari ketidakseimbangan campuran material, di mana steel slag berlebih menggantikan agregat utama dan mengurangi kandungan semen sebagai bahan pengikat. Akibatnya, ikatan antar partikel melemah, porositas meningkat, dan terjadi reaksi kimia tidak menguntungkan, seperti ekspansi lambat dari senyawa MgO dan CaO dalam steel slag, yang memicu keretakan internal. Oleh karena itu, batas optimal penggunaan steel slag adalah 10%, di mana kontribusinya maksimal dalam meningkatkan kekuatan tekan tanpa mengganggu stabilitas struktur paving blok.

Daya Serap

Pengujian daya serap air untuk paving blok dilaksanakan sejalan terhadap standar SNI 03-0691-1996. Pengujian untuk penelitian ini dilaksanakan sesudah paving blok memiliki waktu 14 hari, untuk setiap variasi menggunakan 5 sampel uji. Paving blok yang awalnya terdapat ukuran 200 mm x 100 mm x 60 mm dipotong hingga ukuran 60 mm x 60 mm x 60 mm memanfaatkan alat pemotong. tahapan pengujian daya serap air paving blok untuk penelitian ini mampu ditunjukkan dalam gambar berikut ini.



Gambar 3. Daya Serap
Sumber: Dokumentasi Pribadi

Hasil pengujian daya serap air untuk paving blok yang sudah dilaksanakan mampu ditunjukkan pada tabel berikut ini:

Tabel 6 Perhitungan Penyerapan Air Dengan Steel Slag 0%

Kode Sampel	B. Basah (w2)	B. kering (w1)	W2-W1 (gr)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata (%)
A1	532	515	17	3,301	3,33
A2	545	527	18	3,416	
A3	505	489	16	3,272	

Tabel 7 Perhitungan Penyerapan Air Dengan Steel Slag 10%

Kode Sampel	B. Basah (w2)	B. kering (w1)	W2-W1 (gr)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata (%)
B1	509	493	16	3,245	3,23
B2	477	462	15	3,247	
B3	548	531	17	3,202	

Tabel 8 Perhitungan Penyerapan Air Dengan Steel Slag 15%

Kode Sampel	B. Basah (w2)	B. kering (w1)	W2-W1 (gr)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata (%)
C1	518	502	16	3,187	3,30
C2	495	480	15	3,125	
C3	489	472	17	3,602	

Tabel 9 Perhitungan Penyerapan Air Dengan Steel Slag 20%

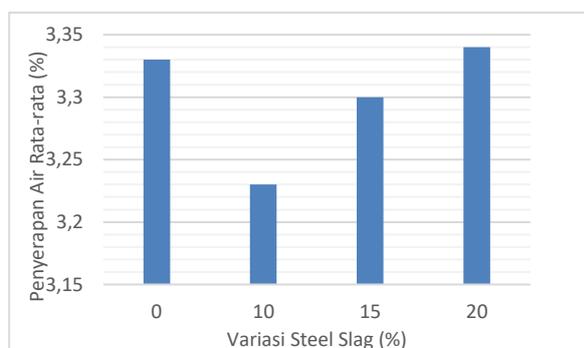
Kode Sampel	B. Basah (w2)	B. kering (w1)	W2-W1 (gr)	Penyerapan Air (%)	Rata-rata (%)
D1	549	531	18	3,390	3,34
D2	473	458	15	3,275	
D3	521	504	17	3,373	

Hasil perhitungan rata-rata penyerapan air untuk setiap variasi selanjutnya digunakan untuk menentukan klasifikasi kualitas paving blok sejalan terhadap SNI 03-0691-1996. Klasifikasi mutu paving blok untuk semua variasi disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 10 Perhitungan Penyerapan Air Dengan Rata-rata dan Mutu Pving Blok

Variasi (0%)	Penyerapan Air Rata-rata (Mpa)	Mutu Paving Blok Berdasarkan SNI	Fungsi Paving Blok
0	3,33	B	Lahan Parkir
10	3,23	B	Lahan Parkir
15	3,30	B	Lahan Parkir
20	3,34	B	Lahan Parkir

Grafik menunjukkan rata-rata hasil penyerapan air pada paving blok untuk seluruh variasi substitusi sebagian pasir menggunakan steel slag, yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 4. Grafik Penyerapan Air

Berdasarkan data dan analisis yang diperoleh, rata-rata nilai penyerapan air pada paving blok dengan penggantian sebagian pasir menggunakan steel slag termasuk dalam kategori mutu B. Pada

variasi 10% steel slag, penyerapan air lebih rendah, menunjukkan struktur yang lebih padat dengan pori-pori material yang berkurang, sehingga meningkatkan ketahanan terhadap beban tekan. Sebaliknya, pada variasi 15% dan 20%, penyerapan air lebih tinggi, mencerminkan adanya lebih banyak pori-pori dalam material yang mempermudah penetrasi air dan membuat paving blok lebih rentan terhadap kerusakan akibat beban. Untuk variasi 0% tanpa steel slag, pori-pori cenderung lebih banyak karena tidak ada material pengisi, sehingga daya serap air lebih besar dibandingkan variasi 10%. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan steel slag dalam jumlah kecil dapat meningkatkan kualitas paving blok.

SIMPULAN

Menurut hasil serta pembahasan pada penelitian yang telah dilaksanakan, didapatkan beberapa kesimpulan diantaranya:

1. Pengaruh substitusi steel slag sampai dengan 10% meningkatkan kuat tekan paving blok, setelah melebihi 10% kuat tekan menurun.
2. Pengaruh substitusi steel slag sampai dengan 10% daya serap menurun dimana hasil daya serap paling baik, tetapi setelah melebihi 10% daya serap meningkat.
3. Berdasarkan hasil penelitian bahwa proporsi steel slag yang paling optimal adalah 10%

SARAN

Menurut hasil penelitian serta pembahasan di atas, berikut adalah saran yang dapat disampaikan:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai variasi persentase steel slag dengan interval yang lebih rapat setelah variasi 10%, yang menjadi variasi optimal, untuk masing-masing pengujian kualitas paving blok yang dimanfaatkan menjadi pengganti sebagian pasir untuk paving blok.
2. Steel slag memiliki sifat yang keras dan berat, sehingga pengolahan awal, seperti penghalusan hingga mencapai ukuran yang sesuai dengan agregat halus, sangat penting. Hal ini bertujuan untuk memastikan steel slag dapat tercampur merata dan mengurangi risiko terbentuknya pori-pori.

REFERENSI

- Aprilia, V. D., Setiawan, D., & Indrawati, T. (2022). Analisis Struktur, Perilaku Dan Kinerja Industri Paving Block Di Kota Pekanbaru. *Jurnal Economica*, 10(2), 136–146.
- Hayati, A. G. (2017). *Pengaruh Penggunaan Steel Slag (Limbah Baja) Sebagai Pengganti Agregat Tertahan Saringan 1/2” Dan 3/8” Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Ac-Wc*. 1–9.
- Iswardoyo, J. (2016). Studi Pemanfaatan Steel Slag Sebagai Bahan Bangunan Sabodam. *Studi Pemanfaatan Steel Slag Sebagai Bahan Bangunan Sabodam (Jati Iswardoyo)*, 7(2), 131–146.
<https://jurnalth.pusairpu.go.id/index.php/jth/article/download/564/440>
- Muzayyanah, N. (2021). *Pemanfaatan Limbah Abu Aluminium Sebagai Substitusi Semen Dalam Pembuatan Paving Block*.
- Saleh, L. R., Arnandha, Y., & Rakhmawati, A. (2019). Pengaruh Penambahan Limbah Industri Baja Sebagai Agregat Terhadap Kualitas Paving Block. *Jurnal Rekayasa Infrastruktur Sipil*, 1(1), 1–5.