

## Studi Kuat Tekan Pemanfaatan *Copper Slag* sebagai Substitusi Pasir untuk Batako Pejal

Rizki Medy Prasetyo<sup>1</sup>, Novi Eka Mayangsari<sup>1\*</sup>, Moch. Luqman Ashari<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Program Studi D4 Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya

Email :noviekam@ppns.ac.id

### Abstrak

*Copper slag* merupakan salah satu limbah dari proses Industri peleburan dan pemurnian tembaga yang memiliki karakteristik fisik dan kimiawi menyerupai agregat halus pasir. Tercatat pada tahun 2021, salah satu industri peleburan tembaga di Jawa Timur menghasilkan limbah tembaga (*Copper slag*) sebanyak 665.000 ton per tahun yang belum dimanfaatkan seluruhnya. Berdasarkan beberapa penelitian, penggunaan *Copper slag* sebagai material penyusun beton banyak dilakukan. Salah satunya adalah dengan menggunakan teknik solidifikasi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pengaruh penggunaan material *Copper slag* sebagai bahan pengganti agregat halus batako pejal. Perbandingan semen dan pasir yang digunakan pada penelitian ini adalah 1:5, FAS (0,45), dengan 4 variasi substitusi limbah *Copper slag* 0%,10%,15% dan 20%. Tiap variasi di uji kuat tekan setelah benda uji berusia 28 hari. Pengujian karakteristik *Copper slag* dilakukan melalui pengujian XRF dan SEM. Hasil dalam penelitian ini didapatkan nilai kuat tekan pada umur 28 hari untuk komposisi 0%, 10%, 15%, 20% masing-masing sebesar 105,83 kg/cm<sup>2</sup>; 112,92 kg/cm<sup>2</sup>; 143,89 kg/cm<sup>2</sup>; dan 103,19 kg/cm<sup>2</sup>. Kuat tekan optimum yang memenuhi mutu tingkat B2 pada substitusi limbah 15%.

**Keywords** : *Copper slag*, Batako Pejal, Substitusi, Kuat Tekan

### 1. PENDAHULUAN

Beberapa tahun ini, pemanfaatan limbah di industri banyak dilakukan. Salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai alternatif bahan baku beton adalah slag tembaga. *Copper slag* atau slag tembaga adalah limbah yang dihasilkan dari peleburan tembaga. Limbah tembaga (*copper slag*) merupakan hasil peleburan tembaga berbentuk runcing (tajam) yang memiliki karakteristik hampir sama dengan pasir (Yusuf, 2008). Tercatat pada tahun 2021, dari salah satu industri peleburan tembaga di Jawa Timur menghasilkan limbah tembaga (*copper slag*) sebanyak 655.000 ton per tahun yang belum dimanfaatkan seluruhnya (Komisi VII DPR RI, 2021).

Limbah *copper slag* yang dihasilkan dari industri pemurnian dan peleburan tembaga termasuk jenis limbah B3 dari sumber spesifik khusus dengan kategori bahaya 2 dan kode limbah B401 menurut PP No.22 Tahun 2021. Adapun karakteristik dari limbah B3 kategori 2 yakni merupakan limbah B3 yang mengandung B3, memiliki efek tunda (*delayed effect*), dan dapat berdampak tidak langsung terhadap manusia dan lingkungan hidup serta memiliki toksisitas sub-kronis atau kronis (PP No.22 Tahun 2021). Sektor yang mendorong pemanfaatan limbah *slag* adalah bidang pembangunan konstruksi. Pemanfaatan dapat dilakukan dengan melakukan teknik solidifikasi. Solidifikasi adalah proses ditambakkannya bahan yang dapat memadatkan limbah agar terbentuk massa limbah yang padat (Trihadiningrum, 2016).

Penelitian oleh Hapsari (2020), meneliti pengaruh pemanfaatan *slag* baja sebagai pengganti agregat halus terhadap kuat tekan batako. Dalam penelitiannya, benda uji yang dibuat adalah batako pejal ukuran 30 x 15 x 10 cm dengan variasi 0%,10%,15%,20%, dan 25%. Hasil yang didapatkan dalam penelitiannya yakni kuat tekan tertinggi terdapat pada persentase 25% dengan nilai 95,06 kg/cm<sup>2</sup>.

Penelitian oleh (Karimah dkk., 2016), meneliti pengaruh penggunaan *copper slag* sebagai agregat halus beton terhadap berat isi beton, kuat tekan dan kuat tarik belah beton. Dalam penelitiannya, bentuk benda uji yang dibuat adalah berbentuk silinder dengan variasi 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%. Dari hasil penelitiannya didapatkan hasil yakni semakin besar persentase agregat *copper slag* maka berat isinya semakin bertambah. Kemudian kuat tekan dan kuat tarik maksimum terjadi pada variasi 60% yaitu sebesar 35,73 MPa dan 3,12 MPa.

Penggunaan *copper slag* sebagai substitusi agregat halus dilakukan karena adanya beberapa

pertimbangan tambahan. Dalam penelitian oleh Kurniawati (2017), menjelaskan bagaimana unsur penyusun agregat halus berupa pasir lumajang dan unsur penyusun *copper slag*. Kandungan senyawa kimia yang tersusun dalam *copper slag* dan pasir Lumajang mengindikasikan kesamaan. Untuk mengetahui kandungan kimia pada bahan tersebut dapat dilakukan uji XRF material. Berdasarkan hasil uji XRF, diketahui bahwa unsur kimia yang dominan dalam kandungan *copper slag* adalah unsur besi (Fe) sebanyak 74,97%. Begitu juga dengan pasir lumajang yang mengandung unsur besi (Fe) sebanyak 44,1%. Selain unsur besi, terdapat unsur-unsur dominan lainnya yang memiliki kesamaan. Unsur silika antara *copper slag* dan pasir lumajang masing-masing adalah 8,7% dan 19,4%.

Berdasarkan pemaparan di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk menganalisis kuat tekan dan penyerapan air dalam pemanfaatan *copper slag*. Pemanfaatan *copper slag* digunakan sebagai substitusi agregat halus pada bata beton pejal. Harapan dari adanya penelitian ini adalah adanya pemanfaatan limbah B3 terutama *copper slag* agar dapat lebih optimal.

## 2. METODE PENELITIAN

### A. Pengujian Karakteristik *Copper Slag*

Pengujian karakteristik *copper slag* dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari limbah *copper slag*. Pengujian yang dilakukan adalah melalui uji XRF (*X-Ray Fluorescence*) dan Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*),

### B. Pengujian Material

Tahap ini dilakukan pengujian material pada agregat halus yang digunakan yakni *copper slag* dan pasir lumajang. Pengujian material yang dilakukan berupa analisis berat jenis agregat halus, analisis kadar air resapan agregat halus, analisis kelembaban agregat halus, analisis gradasi agregat halus, analisis kandungan lumpur untuk agregat halus, dan analisis kandungan bahan organik agregat halus. Hal ini dilakukan untuk menghitung mix design pembuatan batako pejal.

### C. Perhitungan Mix Design dan Pembuatan Benda Uji Batako Pejal

Tahap ini dilakukan perhitungan kebutuhan semen, pasir, dan *copper slag* untuk membuat benda uji batako dengan mutu beton yang diharapkan adalah mutu B2. Perhitungan dilakukan mengacu pada hasil pengujian material dengan menghitung dari berat jenis bahan dan volume bahan yang akan digunakan. Setelah didapatkan mix design, mixing atau pencampuran seluruh material pembentuk beton, dimana agregat halus, semen, air, dan material substitusi *copper slag* dicampur menjadi satu sampai homogen. Lalu selanjutnya adalah meletakkan adonan tersebut ke dalam cetakan batako pejal ukuran 30 cm x 15 cm x 10 cm.

### D. Perawatan (*Curing*) & Pengujian Batako Pejal

Tahap selanjutnya merupakan salah satu tahap perawatan (*curing*) dari batako pejal dengan penyiraman sebanyak satu kali sehari secara rutin atau ditutup dengan karung basah selama 28 hari (Kurniawati, 2017). Media air yang digunakan pada penelitian kali ini menggunakan air PDAM kota Surabaya. Proses *curing* dilakukan selama 28 hari, kemudian dilakukan pengujian kuat tekan. Pengujian kuat tekan batako pejal dilakukan setelah proses *curing* telah selesai yaitu pada usia 28 hari.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Pengujian Karakteristik *Copper Slag*

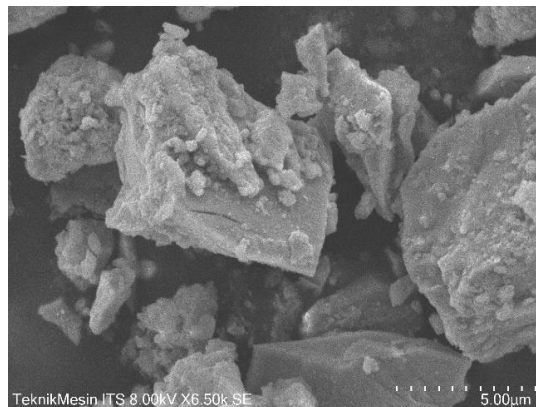
Pengujian karakteristik *copper slag* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik serta kemiripan antara bahan yang menjadi substituent yakni *copper slag* dengan bahan yang akan di substitusi yaitu agregat halus pasir. Pengujian yang dilakukan antara lain adalah uji XRF (*X-Ray Fluorescence*), uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*), dan uji TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*). Hasil pengujian karakteristik *copper slag* disajikan pada **Tabel 1** dan **Gambar 1**.

Berdasarkan hasil uji XRF, diketahui bahwa unsur kimia yang dominan dalam kandungan *copper slag* adalah unsur besi sebanyak 75,81%. Dapat dilihat pada tabel di atas selain kandungan unsur besi, penyusun tertinggi lainnya pada limbah *copper slag* ini adalah silika sebanyak 9,69% dan kalsium sebanyak 5,08%. Kurniawati (2017) dalam penelitiannya melakukan pengujian XRF pada pasir lumajang.

**Tabel 1.** Hasil Analisis XRF Limbah Copper Slag

Unsur yang terkandung		Oksida yang terkandung	
Unsur	Konsentrasi	Oksida	Konsentrasi
Si	9,69%	SiO <sub>2</sub>	15,7%
K	0,97%	K <sub>2</sub> O	0,85%
Ca	5,08%	CaO	5,11%
Cr	0,10%	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,11%
Mn	0,12%	MnO	0,11%
Fe	75,81%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	71,04%
Cu	1,97%	CuO	1,55%
Zn	1,37%	ZnO	1,07%
Rb	0,43%	Rb <sub>2</sub> O	0,29%
Mo	2,4%	MoO <sub>3</sub>	2,7%
La	0,16%	La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,13%
Pb	1,9%	PbO	1,3%

Hasil XRF yang didapatkan yakni kandungan unsur besi pada pasir lumajang sebanyak 44,1%, kalsium sebanyak 19,7%, dan silika sebanyak 19,4%. Dari penjelasan tersebut, dapat dikatakan bahwa terdapat kemiripan antara *copper slag* dengan bahan yang akan disubstitusi yaitu pasir lumajang. Dari hasil XRF *copper slag* didapatkan nilai oksida tertinggi yakni Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> sebanyak 71,04%, SiO<sub>2</sub> sebanyak 15,7%, dan CaO sebanyak 5,11%. Senyawa-senyawa tersebut merupakan senyawa yang terdapat pada semen Portland sehingga dapat membantu semen sebagai bahan pengikat.



**Gambar 1.** Hasil Analisis SEM *Copper Slag* perbesaran 6.500X

Bentuk morfologi *copper slag* dari hasil pengujian SEM (**Gambar 1.**) adalah agregat halus yang bersudut. Agregat ini mempunyai sudut-sudut yang tampak jelas, yang terbentuk di tempat-tempat perpotongan bidang- bidang dengan permukaan kasar. Rongga udara pada agregat ini berkisar antara 38% - 40%, sehingga membutuhkan lebih banyak lagi pasta semen agar mudah di kerjakan. Beton yang dihasilkan dari agregat ini cocok untuk struktur yang menekankan pada kekuatan atau untuk beton mutu tinggi karena ikatan antaragregatnya baik (kuat) (Tomayahu, 2016).

### 3.2 Hasil Pengujian Material

Pengujian analisis material batako dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sifat dan karakteristik agregat yang akan digunakan. Hasil analisa material disajikan pada **Tabel 2.**

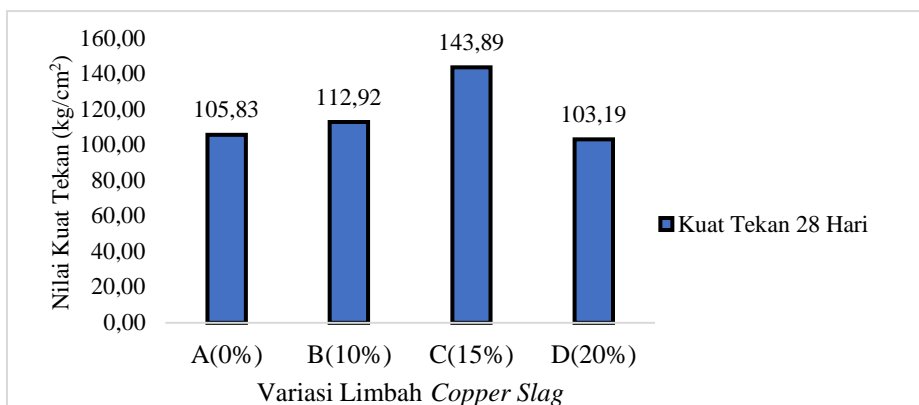
**Tabel 2.** Hasil Analisis Material Agregat Halus

No.	Uraian	<i>Copper Slag</i>	Pasir Lumajang	Standar
1	Berat Jenis	3,3 gr/cm <sup>3</sup>	2,75 gr/cm <sup>3</sup>	ASTM C128-93
2	Kadar Air Resapan	1,10%	1,35%	ASTM C128-93
3	Analisis Ayakan	Zona 2	Zona 2	ASTM C-33-86
4	Kelembaban	1,76%	2,11%	ASTM C 566-71
5	Kotoran Organik	Bening	Bening	ASTM C-40-99
6	Kadar Lumpur	1,3%	1,6%	ASTM C-117-95

**Tabel 2** menunjukkan bahwa hasil analisis agregat halus yakni *copper slag* dan pasir lumajang memiliki kemiripan sehingga mendukung substitusi penggunaan *copper slag* sebagai pengganti pasir lumajang. Selanjutnya, analisis material yang telah dilakukan nantinya akan digunakan untuk data pendukung dalam menghitung mix design batako pejal, yaitu berat jenis pasir dan berat jenis *copper slag*.

### 3.3 Hasil Kuat Tekan Batako Pejal

Setelah dilakukan perawatan benda uji selama 28 hari, dilakukan pengujian kuat tekan terhadap batako pejal. Hasil pengujian kuat tekan batako pejal dapat dilihat pada **Gambar 2**



**Gambar 2** Hasil Pengujian Kuat Tekan Batako Pejal dengan Substitusi Copper Slag

Substitusi variasi limbah *copper slag* 10% dan 15% dapat meningkatkan nilai kuat tekan. Hal ini terjadi karena selain sifat filler juga sifat kimiawi *copper slag* yang mengandung SiO<sub>2</sub> sehingga membantu kinerja semen sebagai bahan pengikat, sehingga dapat dihasilkan kuat tekan yang semakin tinggi (Karimah, 2016). Namun pada substitusi variasi limbah *copper slag* 20% terjadi penurunan kuat tekan. Hal ini disebabkan karena penyebaran *copper slag* kurang merata, karena perbedaan berat jenis dan volume agregat yang besar, sehingga cenderung menyebabkan terjadinya segregasi (kecenderungan pemisahan bahan – bahan pembentuk beton) (Karimah, 2016).

**Tabel 3.** Persyaratan Fisik Bata Beton Pejal

Bata Beton Pejal (mutu)	Kuat Tekan Minimum*)		Penyerapan Air Maksimum (% volume)
	Rata-rata pengujian bata (kg/cm <sup>2</sup> )	Masing-masing bata (kg/cm <sup>2</sup> )	
A1	25	21	-
A2	40	35	-
B1	70	65	35
B2	100	90	25

(Sumber : PUBI,1982)

Persyaratan fisik dari pembuatan bata beton pejal harus memenuhi persyaratan mutu menurut Persyaratan Umum Bangunan di Indonesia (PUBI) 1982 seperti yang tercantum pada **Tabel 3**. Nilai kuat tekan yang didapatkan pada pengujian kuat tekan selanjutnya akan dibandingkan dengan acuan standar yang berlaku untuk bata beton pejal. Hal ini dilakukan untuk mengetahui mutu bata beton pejal yang telah dibuat.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa nilai kuat tekan batako pejal mengalami kenaikan pada persentase substitusi 10% dan 15%, lalu turun pada persentase substitusi 25% . Kuat tekan tertinggi didapatkan oleh persentase substitusi sebesar 15%. Seluruh nilai kuat tekan batako pejal telah memenuhi mutu B2 pada standar Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI), 1982.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

Hapsari, N., Bayuaji, R., Ashari, M.L., (2020). Pemanfaatan Limbah Slag Baja sebagai Pengganti Agregat Halus terhadap Kuat Tekan Batako. *National Conference Proceeding on Waste Treatment Technology*, 3(1), 12-16.

- Karimah, R., & Wahyudi, Y. (2016). Kajian Penggunaan Copper slag sebagai Agregat Halus Beton. *Media Teknik Sipil*, 14(2), 206–210.
- Kurniawati, L. (2017). Pengaruh Penggunaan Copper slag sebagai Pengganti Pasir (Fine Aggregate) pada Campuran Paving Block. *Rekayasa Teknik Sipil Vol.*, 3(3), 175-180.
- Peraturan Pemerintah Nomor 22. *Tentang Pedoman Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*. (2021). Jakarta: Republik Indonesia.
- Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia ( P U B I 1 9 8 2 ). (1982). Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan.
- RI, K. V. D. (2021). *Laporan Hasil Kunjungan Kerja Spesifik Komisi VII DPR RI Ke PT Smelting Gresik, di Provinsi Jawa Timur*. 4(1), 6.
- Tomayahu, Y. (2016). Analisis Agregat Terhadap Kuat Tekan Beton Pada Pembangunan Jalan Isimu-Paguyaman (Pavement Rigid). *RADIAL: Jurnal Peradaban Sains, Rekayasa dan Teknologi*, 4(2), 139-146.
- Trihadiningrum, Y. (2016). *Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3)*. Yogyakarta: Teknosain.
- Yusuf, D. (2008). *Pengaruh Substitusi Agregat Halus dengan 30% Copper slag Terhadap Mix Desain Beton Normal dan Kemampuan Kuat Tekan Beton*.