

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

# REKATS



# UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 03	NOMER: 03	HALAMAN: 175- 180	SURABAYA 2017	ISSN: 2252-5009
-------------------------------	---------------	--------------	----------------------	------------------	--------------------

JURUSAN TEKNIK SIPIL-FAKULTAS TEKNIK-UNIVERSITAS NEGERI SURABAYA

## TIM EJOURNAL

### **Ketua Penyunting:**

Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T

### **Penyunting:**

1. Prof.Dr.E.Titiek Winanti, M.S.
2. Prof.Dr.Ir.Kusnan, S.E,M.M,M.T
3. Dr.Nurmi Frida DBP, MPd
4. Dr.Suparji, M.Pd
5. Hendra Wahyu Cahyaka, ST., MT.
6. Dr.Naniek Esti Darsani, M.Pd
7. Dr.Erina,S.T,M.T.
8. Drs.Suparno,M.T
9. Drs.Bambang Sabariman,S.T,M.T
10. Dr.Dadang Supryatno, MT

### **Mitra bestari:**

1. Prof.Dr.Husaini Usman,M.T (UNJ)
2. Prof.Dr.Ir.Indra Surya, M.Sc,Ph.D (ITS)
3. Dr. Achmad Dardiri (UM)
4. Prof. Dr. Mulyadi(UNM)
5. Dr. Abdul Muis Mapalotteng (UNM)
6. Dr. Akmad Jaedun (UNY)
7. Prof.Dr.Bambang Budi (UM)
8. Dr.Nurhasanyah (UP Padang)
9. Dr.Ir.Doedoeng, MT (ITS)
10. Ir.Achmad Wicaksono, M.Eng, PhD (Universitas Brawijaya)
11. Dr.Bambang Wijanarko, MSi (ITS)
12. Ari Wibowo, ST., MT., PhD. (Universitas Brawijaya)

### **Penyunting Pelaksana:**

1. Gde Agus Yudha Prawira A, S.T., M.T.
2. Krisna Dwi Handayani,S.T,M.T
3. Arie Wardhono, ST., M.MT., MT. Ph.D
4. Agus Wiyono,S.Pd,M.T
5. Eko Heru Santoso, A.Md

### **Redaksi:**

Jurusan Teknik Sipil (A4) FT UNESA Ketintang - Surabaya

**Website:** [tekniksipilunesa.org](http://tekniksipilunesa.org)

**Email:** [REKATS](mailto:REKATS)

## DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
• Vol. 03 Nomor 03/rekat/17 (2017)	
ANALISIS NILAI CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) TEST PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DENGAN STABILISASI KAPUR GAMPING GRESIK	
<i>Novi Dwi Pratama, Nur Andajani, .....</i>	01 – 08
ANALISIS HASIL PERHITUNGAN KONSTRUKSI GEDUNG GRAHA ATMAJA SURABAYA MENGGUNAKAN BEBAN GEMPA SNI 1726-2012 DAN PERHITUNGAN BETON SNI 2847-2013	
<i>Ferry Sandrian, Sutikno, .....</i>	09 – 16
MODIFIKASI PERENCANAAN GEDUNG KANTOR BNL PATERN SURABAYA MENGGUNAKAN METODE BALOK PRATEKAN DENGAN BERDASARKAN SNI 2847:2013	
<i>Tono Siswanto, Mochamad Firmansyah S., .....</i>	17 – 26
ANALISA PERBANDINGAN HASIL PERHITUNGAN KONSTRUKSI GEDUNG GRAHA ATMAJA SURABAYA MENGGUNAKAN SNI GEMPA 1726-2002 DAN SNI GEMPA 1726-2012	
<i>Erick Ryananda Yulistiya, Sutikno, .....</i>	27 – 32
ANALISIS PENINGKATAN RUAS JALAN MOJOSARI-PANDANARUM KM 42+435-51+732 KABUPATEN MOJOKERTO JAWA TIMUR	
<i>Andik Setiawan, Purwo Mahardi, .....</i>	33 – 38
PEMANFAATAN LIMBAH KULIT KERANG DARAH DAN <i>SLUDGE</i> INDUSTRI KERTAS SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR DAN PENAMBAHAN <i>CONPLAST</i> WP 421 DAN <i>MONOMER</i> PADA PEMBUATAN BATAKO	
<i>Thobagus Rodhi Firdaus, Mas Suryanto, .....</i>	39 – 46
ANALISIS PEMAMPATAN WAKTU TERHADAP BIAYA PADA PEMBANGUNAN <i>MY TOWER HOTEL &amp; APARTMENT PROJECT</i> DENGAN MENGGUNAKAN METODE <i>TIME COST TRADE OFF</i> (TCTO)	
<i>Aulia Putri Andhita, Hasan Dani, .....</i>	47 – 55
ANALISIS MANFAAT-BIAYA PEMBANGUNAN JALAN AKSES DAN JEMBATAN MASTRIP-JAMBANGAN	
<i>Irwan Fachri Muannas, Purwo Mahardi, .....</i>	56 – 62

PENGARUH SUHU PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLYMER BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DENGAN MOLARITAS 8 M DAN 10 M	
<i>Laras Sukmawati Yuwono, Arie Wardhono, .....</i>	63 – 69
PENGARUH SUHU PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLYMER BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DENGAN MOLARITAS 12 M DAN 14 M	
<i>Rifky Farandy Pramudita, Arie Wardhono, .....</i>	70 – 76
PENGARUH LAMA PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLYMER MEMANFAATKAN FLY ASH DENGAN MOLARITAS 8M DAN 10M	
<i>Danan Jaya Tri Yanuar, Arie Wardhono, .....</i>	77 – 83
ANALISA PERKIRAAN TOTAL WAKTU DAN BIAYA PROYEK DENGAN MENGGUNAKAN METODE COST SCHEDULE CONTROL SYSTEM CRITERIA (C/S-CSC) PADA PELAKSANAAN STRUKTUR PEMBANGUNAN FASUM (FASILITAS UMUM) DAN FASOS (FASILITAS SOSIAL) PT. INDUSTRI GULA GLENMORE KABUPATEN BANYUWANGI	
<i>Priestianti Diandra, Mas Suryanto HS., .....</i>	84 – 90
IDENTIFIKASI DAN ANALISA RISIKO KONSTRUKSI YANG MEMPENGARUHI MUTU DENGAN METODE FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS DAN FAULT TREE ANALYSIS PADA PROYEK PEMBANGUNAN APARTEMEN GRAND SINGKONO LAGOON SURABAYA	
<i>Trisna Anggi Prasetya, Mas Suryanto HS., .....</i>	91 – 98
PENGARUH LAMA PEMANASAN TERHADAP KUAT TEKAN MORTAR GEOPOLYMER DENGAN MOLARITAS TINGGI	
<i>Rizky Ismantoro Putra, Arie Wardhono., .....</i>	99 – 104
PENGARUH PENAMBAHAN ABU AMPAS TEBU ( <i>BAGASSE ASH</i> ) PADA KUAT TEKAN DAN KUAT LENTUR STRUKTUR BALOK	
<i>Aris Widodo, Sutikno, .....</i>	105 – 111
EFISIENSI BIAYA PEMBESIAN BERDASARKAN BESTAT PADA PEKERJAAN PIER JEMBATAN TOL SUMO MAIN ROAD STA 12+266.746 DI PT WIJAYA KARYA (Persero) Tbk.	
<i>Widhitya Haryoko, Bambang Sabariman, .....</i>	112 – 118

“PENERAPAN STATISTICAL <i>PROCESS CONTROL</i> UNTUK PENGENDALIAN MUTU SEMEN DI PT. SEMEN INDONESIA”	
<i>Dwi Sagti Nur Yunita, Hasan Dani, .....</i>	119 – 130
PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH MARMER TERHADAP POTENSIAL <i>SWELLING</i> PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH DRIYOREJO	
<i>Dian Rokhmatika Siregar, Nur Andajani, .....</i>	131 – 137
SUDI KELAYAKAN ASPEK FINANSIAL PEMBANGUNAN PASAR SAYUR BARU DI KABUPATEN MAGETAN	
<i>Syahrul Rizal Nur Afan, Mas Suryanto H.s, .....</i>	138 – 144
STUDI KELAYAKAN INVESTASI HUNIAN RUMAH SUSUN DI DESA MOJOSARIREJO KEC. DRIYOREJO KAB. GRESIK DITINJAU DARI ASPEK FINANSIAL	
<i>Nurlaili Khasanatus Salis, Mas Suryanto H.s, .....</i>	145 – 154
“PERENCANAAN STRUKTUR ATAS JEMBATAN <i>TROUGH PRATT TRUSS</i> TIGA TUMPUAN”	
<i>Reissa Rachmania, Sutikno, .....</i>	155 – 167
PENGARUH PENGGUNAAN <i>COPPER SLAG</i> SEBAGAI PENGGANTI PASIR TERHADAP KUALITAS GENTENG BETON SESUAI SNI 0096:2007	
<i>Dyah Wahyuningtyas, Suprpto, .....</i>	168 – 174
PENGARUH PENGGUNAAN <i>COPPER SLAG</i> SEBAGAI PENGGANTI PASIR ( <i>FINE AGGREGATE</i> ) PADA CAMPURAN <i>PAVING BLOCK</i>	
<i>Lianita Kurniawati, Suprpto, .....</i>	175 – 180

## PENGARUH PENGGUNAAN *COPPER SLAG* SEBAGAI PENGGANTI PASIR (*FINE AGGREGATE*) PADA CAMPURAN *PAVING BLOCK*

Lianita Kurniawati

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [lianita.kurn@gmail.com](mailto:lianita.kurn@gmail.com)

Suprpto

Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Email: [suprpto6591@gmail.com](mailto:suprpto6591@gmail.com)

### Abstrak

Produk sampingan yang dihasilkan oleh PT.Smelting berupa *copper slag*, dengan kandungan unsur besi (Fe) sebanyak 74,97%. Secara fisik hampir sama dengan karakteristik pasir, sehingga memungkinkan untuk digunakan sebagai substitusi pasir pada campuran *paving block*. Tujuannya adalah mengetahui pengaruh penggunaan *copper slag* terhadap kualitas paving, sesuai dengan SNI 03-0691-1996. Perbandingan komposisi antara semen dan agregat halus yang digunakan dalam campuran *paving block* sebanyak 1 PC : 3 Pasir.

Pembuatan benda uji dilakukan dengan mensubstitusi *copper slag* pada presentase 30%, 35%, 40%, 45%, dan 50%. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan *copper slag* pada *paving block*, maka dilakukan pengujian pada kualitasnya berdasarkan acuan SNI 03-0691-1996. Pengujian yang dilakukan meliputi penyerapan air, kuat tekan, dan keausan pada umur 28 hari.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin banyak substitusi *copper slag* yang digunakan, dapat mempengaruhi kepadatan *paving block*. Penggunaan *copper slag* hingga pada proporsi 50% mengindikasikan peningkatan berat volume, penurunan penyerapan air, peningkatan kuat tekan, dan penurunan pada nilai keausan. Dengan demikian dapat dikatakan substitusi *copper slag* terhadap pasir menghasilkan *paving block* yang berkualitas dan sesuai dengan standar SNI.

**Kata Kunci:** Paving block, copper slag, penyerapan air, kuat tekan, keausan.

### Abstract

*By-product have been produced by Smelting industry in the form of copper slag, with iron (Fe) content as much as 74.97%. Physically almost the same as the sand, So it is possible to use as sand substitution on concrete paving blocks admixture. The objective is to know the effect of copper slag on the quality of paving, accordance with Indonesian Standard SNI 03-0691-1996. Comparison of the composition between cement and fine aggregate used in paving block admixture of 1 PC : 3 Sand.*

*Preparation of paving block is done by substituting copper slag with 30%, 35%, 40%, 45%, and 50% percentage. As determine the effect of using copper slag on paving block, then tested on its quality based on reference Indonesian Sandard SNI 03-0691-1996. Tests were performed include water absorption, compressive strength and abrasion resistance on 28 days.*

*The results showed that the more copper slag substitution have used, it can affect the density of paving block. Using of copper slag up to 50% proportion indicates increased volume weight, decreased water absorption, increased compressive strength, and decreased abrasion resistance. Thus, it can be said that copper slag substitution to sand produces a quality paving block and in accordance with the national standard of Indonesia.*

**Keywords:** Paving block, copper slag, water absorption, compressive strength, abrasion resistance.

## PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi saat ini dikembangkan dalam segala aspek kegiatan manusia. Berbagai macam penelitian telah dilakukan baik dalam bidang informasi maupun bidang konstruksi dengan tujuan menghasilkan

produk yang tepat guna dan efisien dalam pengerjaan serta ekonomis. Dalam pembangunan infrastruktur, tidak dapat dipungkiri bahwa kualitas dari suatu infrastruktur tidak lepas dari kualitas material-material penunjangnya.

*Paving block* merupakan material yang sering digunakan dalam bidang konstruksi dengan berdasarkan

pertimbangan masyarakat dari tingkat kemudahan pengerjaan, kemudahan mendapatkan serta tingkat ekonomis. Seperti yang dapat diketahui bahwa jalan-jalan yang ada di perumahan, kampung, terminal, maupun jalan umum kini menggunakan *paving block* sebagai bahan untuk perkerasan jalan. Hal tersebut menyebabkan kebutuhan paving semakin meningkat dan kebutuhan material juga akan semakin meningkat untuk memproduksi paving dalam jumlah banyak.

Pada umumnya komposisi paving terdiri dari semen, agregat halus, dan air. Penggunaan material dalam pembuatan campuran *paving block* harus sesuai dengan syarat dan proporsi yang telah ditentukan. Salah satu komponen penting dalam pembuatan *paving block* adalah pasir. Pasir yang umumnya digunakan dalam campuran beton adalah pasir Lumajang. Material tersebut mengandung unsur kimia besi (Fe) sebanyak 44,1% sehingga menyebabkan pasir Lumajang memiliki karakteristik fisik berwarna hitam pekat.

Peningkatan kebutuhan bahan dapat memicu terjadinya penambangan pasir dengan skala besar dan membuat ketersediaan pasir sebagai bahan pembuatan *paving block* semakin terbatas. Untuk itu sangat diperlukan alternatif lain yang dapat mengurangi maupun menggantikan fungsi pasir sebagai bahan pengisi dalam pembuatan *paving block*. Alternatif tersebut dapat dilakukan dengan memanfaatkan limbah yang ada di lingkungan, misalnya limbah hasil industri. Pengolahan limbah tersebut akan sangat membantu dalam menghemat penggunaan bahan baku.

PT. Smelting merupakan pabrik pelebur bijih tembaga yang berada di Gresik, Jawa Timur, menghasilkan produk sisa berupa terak tembaga (*copper slag*). Terak tembaga (*copper slag*) yang dihasilkan PT. Smelting setiap tahunnya mencapai 300-500 ton (Soandrijanie, 2011). Sangat disayangkan apabila hasil produksi sampingan dengan kapasitas berlimpah tersebut pemanfaatannya masih minim. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya dampak tersebut adalah memaksimalkan pemanfaatan sisa hasil produksi sebagai campuran dalam material konstruksi seperti *paving block*.

Salah satu cara untuk mencegah terjadinya dampak tersebut adalah dengan memaksimalkan pemanfaatan sisa hasil produksi sebagai campuran dalam material konstruksi seperti *paving block*. Secara fisik *copper slag* memiliki bentuk agak pipih dengan tekstur permukaan tajam dan bersudut, serta berwarna kehitaman sama seperti bentuk fisik pasir yang pada umumnya digunakan dalam pembuatan campuran beton. Terkait dalam hal gradasi, *copper slag* termasuk dalam zone 2 yaitu agak kasar. Pencapaian suatu kekuatan beton tertentu pada umumnya diperoleh penghematan semen sebanyak 25 kg/m<sup>3</sup> beton pada zone 2 (PBI 1971).

*Copper slag* tergolong dalam agregat halus yang baik dengan fungsi sebagai bahan pengisi. Kandungan kimia yang dimiliki terdiri dari unsur Fe yang mendominasi sebanyak 74,97%. Kandungan besi (Fe) yang tinggi yang dimiliki *copper slag* sangat mirip dengan kandungan yang terdapat dalam pasir. Dengan demikian, sangat memungkinkan bahwa *copper slag* dapat digunakan sebagai pengganti pasir (agregat halus) baik penuh maupun secara parsial pada campuran *paving block*. Apabila *copper slag* digunakan dalam pembuatan campuran paving, akan dimungkinkan untuk dapat memperbaiki kualitas paving sehingga didapatkan mutu yang baik sesuai dengan SNI 03-0691-1996.

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah bagaimana pengaruh penggunaan *copper slag* pada campuran *paving block* terhadap kualitas paving sesuai SNI 03-0691-1996? Sedangkan tujuan yang ingin dicapai berdasarkan dari rumusan masalah adalah mengetahui pengaruh penggunaan *copper slag* pada campuran *paving block* terhadap kualitas paving sesuai dengan SNI 03-0691-1996.

Manfaat yang dapat diperoleh antara lain: (1) Memberikan informasi ilmiah terkait pemanfaatan *copper slag* sebagai material pengganti pada campuran *paving block*; (2) Memberikan informasi tentang pengaruh pembuatan *paving block* dengan *copper slag* terhadap kualitas *paving block*; (3) Menambah wawasan tentang formulasi efektif dari penggunaan *copper slag* sebagai pengganti agregat dalam campuran *paving block*.

Batasan-batas yang digunakan, antara lain: (1) Pengujian kualitas *paving block* sesuai SNI 03-0691-1996 ditinjau dari kuat tekan, ketahanan aus, dan penyerapan air; (2) *Copper slag* yang digunakan adalah hasil industri tembaga PT. Smelting, Gresik; (3) Menggunakan portland semen tipe I; (4) *Paving block* yang akan diteliti berbentuk balok dengan dimensi rusuk-rusuknya sebesar 21 x 10,5 x 6 cm; (5) Komposisi *paving block* yang digunakan yaitu 1 Semen : 3 Pasir; (6) Penggunaan *Copper Slag* difungsikan sebagai bahan pengisi dan tidak ditinjau reaksi kimia antara *Copper Slag* dengan semen atau air; (7) Variasi penggunaan *copper slag* dalam campuran sebanyak 30%, 35%, 40%, 45% dan 50% sebagai agregat halus; (8) Faktor air semen yang digunakan dalam campuran sebesar 15% dari berat semen; (9) Tekanan (*pressing*) yang diberikan sebesar 300 kg/cm<sup>2</sup>; (10) Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur 28 hari; (11) Penelitian ini tidak mengkaji aspek ekonomi atau finansial.

## METODE

Pendekatan penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen yaitu suatu metode dengan

melakukan kegiatan percobaan untuk mendapatkan suatu hasil. Penelitian ini meneliti tentang pengaruh dari penggunaan *copper slag* sebagai pengganti pasir (*fine aggregate*) dalam campuran *paving block*. Tahapan-tahapan yang dilakukan terdiri dari beberapa kegiatan dari perencanaan pembuatan benda uji hingga tahap pengujian.

Bahan yang digunakan untuk pembuatan benda uji meliputi semen *portland*, pasir Lumajang, *copper slag*, dan air. *Copper slag* yang digunakan merupakan hasil sampingan dari PT. Smelting di Gresik. *Copper slag* yang didapat memiliki gradasi lebih kasar daripada pasir, sehingga perlu diayak terlebih dahulu dengan menggunakan ayakan No. 16 agar tingkat kehalusannya mirip dengan pasir.

Sebelum digunakan sebagai substitusi pasir, perlu dilakukan pengujian terhadap karakteristik kedua bahan antara *copper slag* dengan pasir. Pengujian karakteristik meliputi: uji kandungan kimia, berat jenis dan penyerapan, analisa ayakan, berat volume, kadar lumpur, dan kadar organik. Dengan demikian *copper slag* harus memiliki syarat mutu yang hampir sama dengan pasir. Proporsi *copper slag* yang digunakan sebanyak 30%, 35%, 40%, 45%, dan 50% dari berat pasir. Sedangkan perbandingan komposisi antara semen dan agregat halus adalah 1 PC : 3 Pasir.

Pembuatan *paving block* menggunakan bantuan mesin cetak paving hidrolik. Paving ditekan dengan kapasitas beban press yang sama sebesar 300 kg/cm<sup>2</sup> pada masing-masing variasi. Benda uji dibuat berdasarkan pada proporsi campuran yang telah ditentukan dengan faktor air semen (FAS) sebanyak 15% dari berat semen yang dibutuhkan. Setelah dilakukan proses pengepressan pada *paving block*, dilakukan proses perawatan (*curing*). *Curing* pada *paving block* menggunakan metode penyiraman sebanyak satu kali sehari selama 28 hari dan setelah mencapai umur 28 hari, maka akan dilakukan pengujian terhadap kualitas *paving block*.

Pengujian pada *paving block* mengacu pada SNI 03-0691-1996, yaitu meliputi: uji kuat tekan, penyerapan air, dan keausan. Pengujian kuat tekan, dilakukan dengan cara memotong benda uji menjadi dua bagian berbentuk kubus. Benda uji ditekan dengan mesin penekan UTM. Pengujian kuat tekan dapat dihitung dari besarnya gaya tekan yang diterima oleh paving, dibagi dengan luas permukaan *paving block*.

Pengujian penyerapan air, dapat diperhitungkan dari nilai berat kondisi jenuh dengan berat kondisi kering. Berat kondisi jenuh diperoleh dengan merendam paving utuh dalam air selama 24 jam dan menimbang dalam keadaan jenuh. Setelah itu dikeringkan dalam oven selama 24 jam dengan suhu 105°C dan ditimbang dalam keadaan

kering. Uji penyerapan air dapat dihitung dari berat kondisi jenuh, dikurangi dengan berat kering, kemudian dibagi berat kering paving, dan dikalikan 100% sehingga diperoleh presentase penyerapan air pada *paving block*.

Pengujian keausan, didapatkan dengan mengauskan atau menggosok permukaan *paving block*. Pengausan dilakukan dengan menggunakan mesin bor duduk yang pada ujung mata bornya diganti dengan menggunakan gerinda amplas. Paving yang telah dipotong menjadi dua bagian berbentuk kubus, digosok dengan menggunakan alat tersebut selama 1 menit. Nilai keausan dihitung dari tebal paving sebelum diauskan, dikurangi dengan tebal setelah diauskan, dan dibagi dengan waktu pengausan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data dari hasil pengujian dianalisis sehingga dapat ditarik kesimpulan. Beberapa pengujian-pengujian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

### Hasil Pengujian Karakteristik Material

Substitusi bahan dapat dilakukan apabila antara bahan utama dan bahan pengganti memiliki karakteristik yang hampir sama. Dengan demikian perlu dilakukan pengujian terhadap karakteristik antara pasir dan *copper slag*. Karakteristik suatu bahan juga dapat diketahui dari kandungan kimia yang tersusun didalamnya.

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%.

Tabel 1. Hasil uji XRF *copper slag*

Unsur	Kadar (%)	Unsur	Kadar (%)
Fe	74,97	Rb	0,47
Si	8,7	Ti	0,29
Ca	5,72	Mn	0,20
Pb	2,3	Cr	0,12
K	2,29	Os	0,1
Cu	2,02	S	0,08
Zn	1,77	V	0,02
Ni	1,02		

Tabel 2. Hasil uji XRF pasir Lumajang

Unsur	Kadar (%)	Unsur	Kadar (%)
Fe	44,1	P	0,51
Ca	19,7	Re	0,5
Si	19,4	Ba	0,4
Al	6,9	Cu	0,37
K	2,04	Eu	0,3
Ti	1,87	V	0,13
Sr	1,5	Cr	0,082
Ni	1,39	Zn	0,07
Mn	0,84		

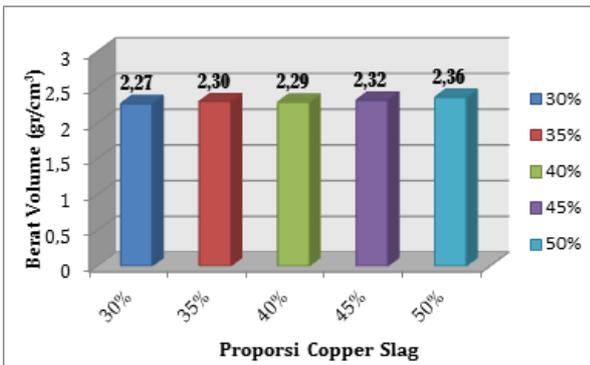
Sedangkan untuk hasil uji material yang dilakukan terhadap *copper slag* dan pasir Lumajang sesuai dengan standar SNI, dapat dikatakan bahwa terdapat kemiripan antara *copper slag* dan pasir Lumajang. Adapun hasil pengujian material disajikan dalam Tabel karakteristik material.

Tabel 4. Karakteristik material

No.	Uraian	Copper Slag	Pasir Lumajang	Standart SNI
1	Berat Jenis	3,455 gr/cm <sup>3</sup>	2,635 gr/cm <sup>3</sup>	Min. 2,5
2	Penyerapan Air	0,81%	4,17%	< 5%
3	Analisa Ayakan	Zona 2	Zona 2	-
4	Berat Volume	2,04 gr/cm <sup>3</sup>	1,76 gr/cm <sup>3</sup>	1,5 - 2,0 gr/cm <sup>3</sup>
5	Kotoran Organik	Lebih bening	Lebih bening	Standart
6	Kadar Lumpur	2,46%	4,17%	< 5%

**Hasil Pengujian Paving Block**

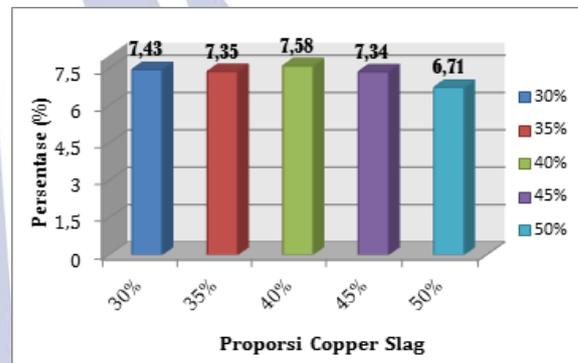
Pengaruh dari penggunaan *copper slag* tidak hanya dapat diketahui secara bentuk fisik maupun pengujian sesuai dengan SNI 03-0691-1996, akan tetapi dapat diketahui melalui pengukuran berat volume *paving block*. Muhammad Syahrizal tahun 2014, menyebutkan terjadi perubahan berat beton pada setiap presentase penggunaan *copper slag*. Penggunaan *copper slag* dengan presentase yang semakin besar mengakibatkan peningkatan terhadap berat volume beton.



Gambar 1. Rata-rata berat volume

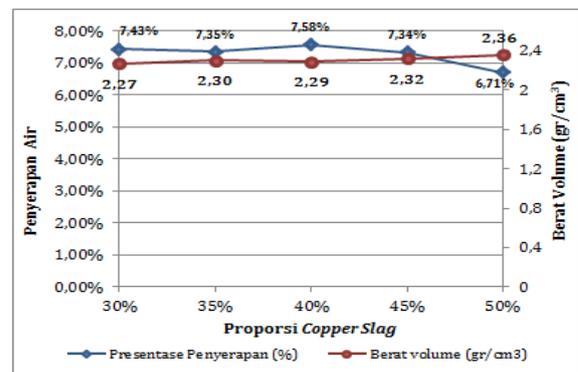
Diagram diatas menunjukkan berat volume rata-rata pada setiap variasi. Dari proporsi campuran 30% *copper slag* dengan berat volume sebesar 2,27 gr/cm<sup>3</sup>. Menjadi 2,36 gr/cm<sup>3</sup> pada proporsi *copper slag* 50%. Kecenderungan peningkatan berat volume ini disebabkan oleh besarnya berat jenis *copper slag*. Sehingga semakin banyak *copper slag* yang digunakan maka *paving block* akan semakin berat.

Terkait dengan pengujian kualitas paving yang mengacu pada SNI 03-0691-1996, meliputi pengujian terhadap kuat tekan, penyerapan air, dan keausan. Hasil yang diperoleh adalah pada uji penyerapan air menunjukkan bahwa proporsi substitusi *copper slag* yang digunakan mempengaruhi nilai penyerapan air. Semakin banyak proporsi *copper slag* akan membuat penyerapan *paving block* semakin kecil.



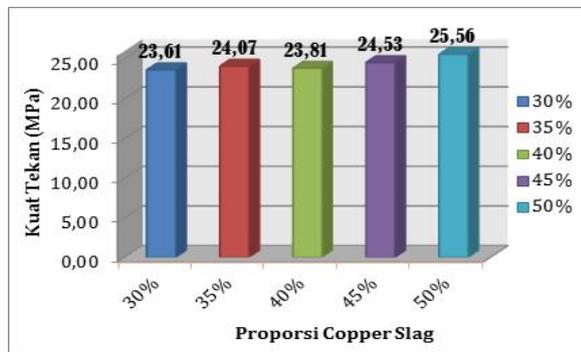
Gambar 2. Rata-rata penyerapan air

Adanya substitusi *copper slag* pada *paving block* mengindikasi penurunan nilai penyerapan air. Hal ini ditunjukkan dari proporsi *copper slag* 30% sebesar 7,43% menjadi 6,71% pada proporsi *copper slag* sebanyak 50%. Rata-rata presentase penyerapan air tersebut memiliki nilai dibawah paving normal (kontrol) dengan penyerapan air sebesar 7,68%. Berkaitan dengan pengujian sebelumnya, antara nilai penyerapan air dan berat volume memiliki keterkaitan. Semakin banyak *copper slag* yang digunakan mengakibatkan rendahnya penyerapan air dan berat volume yang semakin besar.



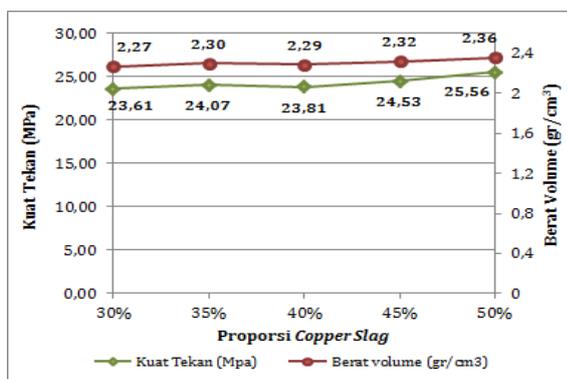
Gambar 3. Hubungan penyerapan dan berat volume

Ditinjau dari hasil uji kuat tekan, menunjukkan adanya pengaruh dari proporsi *copper slag* terhadap peningkatan kualitas nilai kuat tekan *paving block*. Setiap variasi dapat menahan kapasitas beban yang berbeda-beda sehingga nilai kuat tekan yang dihasilkan dari masing-masing variasi juga berbeda.



Gambar 4. Rata-rata kuat tekan

Diagram tersebut dapat memperjelas bahwa adanya kecenderungan peningkatan kuat tekan pada setiap penambahan proporsi *copper slag* disetiap variasi. Hal ini dibuktikan dari proporsi *copper slag* 30% dengan kuat tekan sebesar 23,61 MPa menjadi 25,56 MPa pada proporsi *copper slag* 50%. Hal tersebut sebagai akibat dari tingginya kandungan besi (Fe) pada *copper slag* sehingga meningkatkan performa kuat tekan paving. Seperti yang disebutkan D. Brindha dan S. Nagan, 2011 bahwa penggunaan *copper slag* dalam beton dapat meningkatkan kekuatan beton. Jika dibandingkan pada pengujian sebelumnya, tingkat kepadatan struktur paving menyebabkan adanya hubungan antara nilai kuat tekan terhadap berat volume dan penyerapan air. Hubungan tersebut saling mempengaruhi satu sama lain. Hal ini dikarenakan *copper slag* mengisi rongga-rongga pada *paving block* sehingga membuat struktur paving semakin padat. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa semakin besar nilai kuat tekan, maka nilai berat volume akan semakin tinggi dan nilai penyerapan air akan semakin rendah, begitu juga sebaliknya.

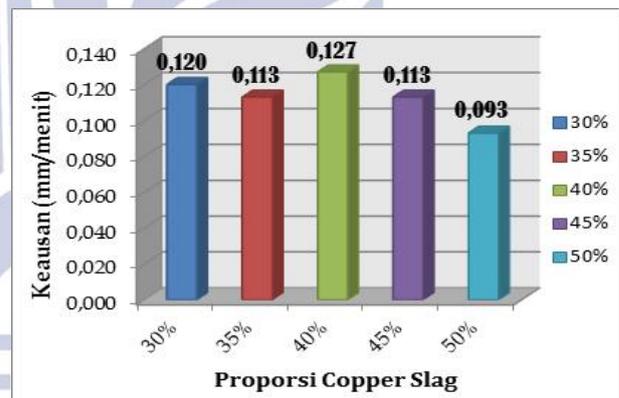


Gambar 5. Hubungan kuat tekan dan berat volume



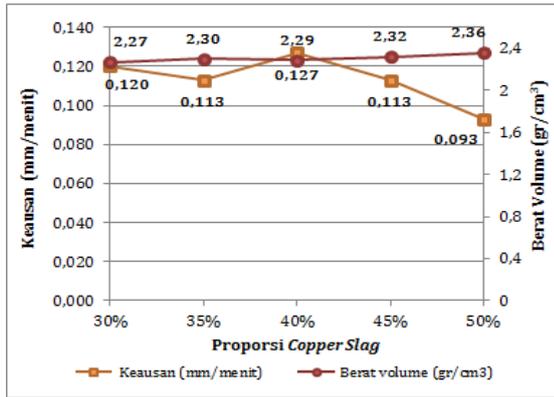
Gambar 6. Hubungan kuat tekan dan penyerapan

Ditinjau dari keausan *paving block*, hasil pengujian yang diperoleh menunjukkan adanya kecenderungan penurunan keausan paving pada masing-masing proporsi campuran. Penurunan nilai keausan *paving block* dipengaruhi oleh tingkat kerapatan dari struktur paving. Jika proporsi *copper slag* yang digunakan semakin banyak, maka struktur *paving block* akan semakin rapat. Struktur paving yang padat akan mengalami sedikit kehilangan sedikit lapisan permukaan ketika adanya gesekan pada permukaan *paving block*.

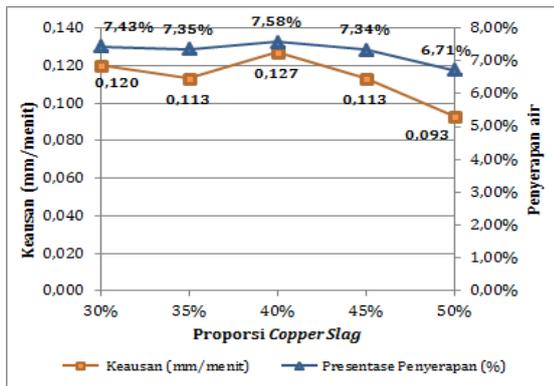


Gambar 7. Rata-rata keausan

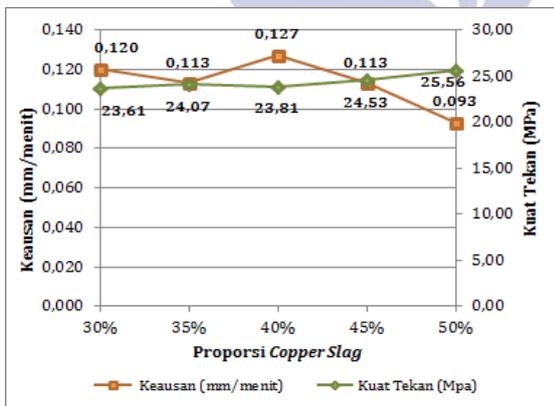
Semakin banyaknya proporsi *copper slag* pada penelitian ini maka semakin kecil tingkat keausan *paving block*. Hal ini ditunjukkan dari proporsi *copper slag* 30% sebesar 0,120 mm/menit menjadi 0,093 mm/menit pada proporsi *copper slag* 50%. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan sebelumnya, terdapat hubungan yang saling mempengaruhi dari masing-masing pengujian. Pengaruh yang disebabkan dari perbedaan proporsi *copper slag* yaitu semakin kecil nilai keausan, maka nilai berat volume akan semakin besar dan nilai kuat tekan semakin tinggi. Namun sebaliknya, nilai penyerapan air akan semakin rendah.



Gambar 8. Hubungan keausan dan berat volume



Gambar 9. Hubungan keausan dan penyerapan



Gambar 10. Hubungan keausan dan kuat tekan

### Hasil Fisik Paving Block

Adanya pengaruh *copper slag* dalam campuran *paving block*, terwujud dalam data hasil pengujian. Hasil pengujian yang menyatakan bahwa butiran *copper slag* mengisi ruang atau rongga dalam *paving block*, dikarenakan secara fisik dari paving tersebut terdapat titik-titik hitam pada penampangnya. Hal ini diakibatkan terjadi perbaikan gradasi antara *copper slag* dengan pasir Lumajang. Hasil campuran keduanya menghasilkan gradasi yang baik, sehingga didapatkan *paving block* dengan struktur yang lebih padat.

## PENUTUP

### Simpulan

Penggunaan *copper slag* memiliki pengaruh pada karakteristik mutu *paving block* sesuai dengan SNI 03-0691-1996. Ditinjau dari penyerapan air, menunjukkan bahwa semakin besar proporsi *copper slag*, semakin kecil nilai penyerapan air. Sedangkan ditinjau dari kuat tekan, mengindikasikan peningkatan nilai kuat tekan *paving block*. Semakin besar proporsi *copper slag*, semakin tinggi nilai kuat tekan. Apabila ditinjau dari nilai keausan, menunjukkan adanya kecenderungan menurunkan keausan. Semakin besar proporsi *copper slag*, maka semakin kecil nilai keausan. Sehingga dapat dikatakan bahwa, campuran *paving block* dengan menggunakan *copper slag* sebesar 50% dapat diklasifikasikan dalam mutu paving kelas C.

### Saran

Dari hasil penelitian ini terkait pengaruh penggunaan *copper slag* terhadap campuran *paving block*, terdapat beberapa saran, yaitu: (1) Hasil sampingan berupa *copper slag* dapat diaplikasikan sebagai *paving block* dengan komposisi lebih dari 50%; (2) Perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan menambah *range* proporsi *copper slag* lebih dari 50%. Sehingga didapatkan presentase maksimum *copper slag* yang dapat digunakan dalam campuran *paving block*; (3) Untuk penelitian selanjutnya dapat menambahkan agregat lain seperti kerikil pada campuran *paving block*.; (4) Dapat mencoba untuk memvariasikan *copper slag* dengan material lain, dalam suatu campuran berbasis beton.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971)*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum Dan Tenaga Listrik.
- \_\_\_\_\_. 1996. *SNI 03-0691-1996 Tentang Bata Beton (Paving Block)*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- L, JF Soandrijanie. 2011. "Pengaruh *Copper Slag* Pada Beton Aspal". Makalah disajikan dalam *Seminar Nasional, 1 BMPTSSI, KoNTekS 5*, Universitas Sumatera Utara, Medan, 14 Oktober.
- Mauludi, Muhammad Syahrizal. 2014. "Pemanfaatan *Copper Slag* Sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Mutu Beton K-225". *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. Vol. 2 (1): hal. 188-195.
- Brindha, D. and Nagan, S. 2011. "Durability Studies on *Copper Slag* Admixed Concrete". *Asian Journal of Civil Engineering (Building and Housing)*. Vol. 12 (5): pp 563-578.