

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

# REKATS



# UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 03	NOMER: 03	HALAMAN: 168- 174	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 *COPPER SLAG* SEBAGAI PENGANTI PASIR TERHADAP KUALITAS GENTENG BETON SESUAI SNI 0096:2007

**Dyah Wahyuningtyas**

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

Email: [dyahtyas92@gmail.com](mailto:dyahtyas92@gmail.com)

**Suprpto**

Dosen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

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

### Abstrak

*Copper slag* merupakan hasil sampingan dari peleburan tembaga yang memiliki sifat fisik meyerupai pasir. Namun, *copper slag* memiliki berat jenis yang lebih besar daripada pasir. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *copper slag* sebagai pengganti pasir terhadap kualitas genteng beton menurut SNI 0096:2007. Komposisi yang digunakan 0,80 PC : 0,20 FA : 3 PS dengan prosentase substitusi *copper slag* sebagai pasir sebanyak 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%.

Hasil penelitian menunjukkan berat jenis *copper slag* yang lebih besar daripada pasir mengakibatkan berat per volume genteng beton yang semakin besar. Berat per volume genteng beton memiliki keterkaitan dengan penyerapan air dan rembesan. Semakin besar berat per volume genteng beton maka angka penyerapan air pada genteng beton yang ada akan semakin kecil. Hal ini dibuktikan dengan angka penyerapan pada substitusi *copper slag* 5% sebesar 4,80% dan substitusi *copper slag* 25% sebesar 4,26%. Pada kelima variasi genteng beton dengan substitusi *copper slag* juga tidak ada rembesan air selama 20 jam  $\pm$  5 menit. Karakteristik beban lentur pada genteng beton dengan substitusi *copper slag* 5% sebesar 4900 N dan substitusi *copper slag* 20% sebesar 6150 N sedangkan pada substitusi *copper slag* 25% sebesar 5800 N.

**Kata Kunci:** Genteng beton, *copper slag*, pasir.

### Abstract

*Copper slag* is a by-product of a copper smelting that has physical properties similar as sand. However, *copper slag* has a greater density than sand. This study aims to determine the effect of using *copper slag* as a substitute of sand to the quality of concrete roof tile according to SNI 0096: 2007. Composition used 0.80 PC: 0.20 FA: 3 PS with percentage of *copper slag* substitution as sand as much as 5%, 10%, 15%, 20%, and 25%.

The results showed that the larger *copper slag* weight than sand resulted in higher weight per volume of concrete tile. Weight per volume of concrete roof tiles has relevance to water absorption and seepage. The greater the weight per volume of concrete roof tiles the water absorption rate on the concrete roof will be smaller. This is evidenced by the absorption rate in substitution of *copper slag* 5% by 4.80% and substitution of *copper slag* 25% by 4.26%. In the five variations of concrete roof tile with *copper slag* substitution there is also no seepage of water for 20 hours  $\pm$  5 minutes. The characteristic of bending load on concrete roof tile with substitution of *copper slag* 5% is 4900 N and substitution of *copper slag* 20% equal to 6150 N while in substitution of *copper slag* 25% equal to 5800 N.

**Keywords:** Concrete tile, *copper slag*, sand.

### PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan bahan konstruksi yang semakin beragam, modern dan memiliki kualitas yang baik akan menjadi sebuah pilihan dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Dengan banyaknya gedung-gedung yang akan dibangun, maka dibutuhkan bahan penutup

atap yang baik. Genteng merupakan salah satu komponen penting pembangunan perumahan yang memiliki fungsi untuk melindungi rumah dari suhu, hujan maupun fungsi lainnya. Agar kualitas genteng lebih optimal, maka daya serap air harus serendah mungkin, agar kebocoran dapat diminimalisir (Musabbikhah dan Sartono, P. 2007). Genteng beton merupakan salah satu material yang

memiliki kualitas yang baik sebagai atap karena dapat menahan rembesan air 20 jam  $\pm$  5 menit.

Menurut SNI 0096:2007, genteng beton adalah unsur bangunan yang dipergunakan untuk atap yang terbuat dari campuran merata antara *semen portland* atau sejenisnya dengan agregat dan air, dengan atau tanpa menggunakan pigmen. Genteng beton memiliki kelemahan yang sama dengan beton yaitu mempunyai sifat getas dan kurang mampu menahan tegangan tarik dan berat sendirinya besar. Usaha peningkatan kualitas beton sampai sekarang ini masih terus dilakukan, baik peningkatan kuat tekan, tarik maupun lentur, bahkan sampai upaya untuk membuat beton itu ringan tapi mempunyai kekuatan tinggi.

Inovasi terhadap bahan yang digunakan sangat diperlukan untuk menghasilkan produk baru dengan kualitas yang lebih baik. Pasir merupakan salah satu bahan baku dalam pembuatan genteng beton yang berfungsi sebagai bahan pengisi. Selain itu, pasir juga berpengaruh terhadap sifat tahan susut, keretakan, dan kekerasan pada genteng beton. Pasir tersusun oleh beberapa unsur kimia yang meliputi C, O, Mg, Al, Si, S, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, dan Cu. Sebagian besar pasir mengandung unsur Fe (Nor Cahya Eka Darmayanti, 2000). Menurut PBI, pasir yang digunakan harus memenuhi beberapa syarat yaitu terdiri dari butir-butir kasar, tajam dan keras, serta mempunyai kekasaran yang sama.

*Copper slag* adalah bahan sisa peleburan terak tembaga, yang berbentuk butiran runcing (tajam) dan tersusun dari beberapa unsur kimia yaitu Si, S, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Rb, Os, dan Pb. Sebagian besar *copper slag* telah mengandung unsur besi (Fe) kurang lebih 74,97% dan Si kurang lebih 8,7%. *Copper slag* memiliki sifat kimia yang stabil dan sifat fisiknya hampir sama dengan pasir alami. Selama ini *copper slag* banyak digunakan sebagai pengganti agregat halus, karena dari penelitian yang sudah dilakukan (Aulia, 1999) mengenai pemakaian *copper slag* sebagai pengganti agregat halus pada komposisi 40% dari kebutuhan pasir yang dipakai terjadi peningkatan kuat tekan sebesar 10%.

Penelitian lain telah dilakukan oleh Maria Asunta Hana menunjukkan bahwa *copper slag* layak digunakan sebagai pengurang jumlah agregat halus dalam beton. Hal ini ditunjukkan dengan hasil yang diperoleh bahwa beton *copper slag* telah memenuhi kriteria beton normal, untuk nilai kuat tekannya mengalami kenaikan (meskipun tidak signifikan) untuk semua persentase jika dibandingkan dengan beton normal. Nilai kuat tekan dari beton *copper slag* lebih tinggi bila dibandingkan dengan beton normal. Kuat tekan beton *copper slag* umur 28 hari dengan persentase 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% berturut-turut sebesar 47,1974 MPa, 47,2105 MPa, 48,1530 MPa,

49,0068 MPa dan 47,2849 MPa. Sedangkan untuk beton normal umur 28 hari, kuat tekannya sebesar 47,1513 MPa.

Penelitian yang telah dilakukan Muhammad Syahrizal Mauladi menunjukkan bahwa kuat tekan beton pada umur masing-masing benda uji, yaitu 7, 21, dan 28 hari diperoleh hasil yang menunjukkan bahwa setiap masing-masing persentase campuran terak tembaga 10%, 20%, 30%, dan 35%, mengalami peningkatan kuat tekan dari beton normal. Kuat tekan rata-rata terbesar terdapat pada campuran terak tembaga adalah sebesar 30% pada tiap masing-masing umur. Akan tetapi, terjadi penurunan pada campuran terak tembaga 35% pada umur 7, 21, dan 28 hari, dengan penurunan sebesar 7,81%, 6,60%, dan 6,86%. Hal ini disimpulkan bahwa pengaruh penambahan terak tembaga pada penelitian ini hanya dapat bereaksi hingga batas optimal sebanyak 30%.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi *copper slag* sebagai pasir terhadap kualitas genteng beton sesuai dengan SNI 0096:2007.

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini antara lain adalah (1) sebagai salah satu wawasan dan sumber informasi untuk pengembangan ilmu teknologi bahan; (2) sebagai sumber informasi dan pengetahuan tentang penggunaan *copper slag* sebagai bahan pengganti pasir untuk industri genteng beton; (3) Sebagai sumber informasi dan referensi bagi para peneliti dan mahasiswa untuk melakukan penelitian-penelitian lebih lanjut tentang penggunaan *copper slag* sebagai substitusi pasir terhadap pembuatan genteng beton.

Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain adalah, (1) pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian beban lentur rata-rata, rembesan air, penyerapan air, dan ukuran genteng beton berdasarkan SNI 0096:2007; (2) *copper slag* yang digunakan berasal dari limbah hasil industri tembaga PT. Smelting Gresik; (3) *copper slag* sebagai bahan pengisi, tidak ditinjau dari rekasi kimia yang terjadi antara *copper slag* dan air; (4) genteng beton yang digunakan berasal dari UD. Batu Indah; (5) *fly ash* yang digunakan adalah *fly ash* kelas F yang berfungsi sebagai substitusi semen; (6) Komposisi material genteng beton yang digunakan adalah 0,80 Semen : 0,20 *Fly Ash* : 3 Pasir; (7) faktor air semen yang digunakan sebesar 0,25 dari berat semen; (8) variasi *copper slag* yang digunakan 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25% dari berat pasir; (9) tidak memperhitungkan faktor ekonomi; (10) genteng beton dipres dengan tekanan yang sama; (11) genteng beton yang diuji setelah benda uji berumur 28 hari; (12) pengujian sampel bertempat

di Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.

## METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu metode yang dilakukan dengan mengadakan kegiatan percobaan untuk mendapatkan data. Data tersebut diolah untuk mendapatkan suatu hasil perbandingan dengan syarat-syarat yang ada. Persyaratan dan prosedur yang dipakai mengacu kepada peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Langkah awal dalam pembuatan penelitian ini adalah menyiapkan material yang akan digunakan, kemudian dilakukan pengujian material terutama material *copper slag* dan pasir lumajang. Pada kedua material tersebut dilakukan uji kimia untuk mengetahui kandungan kimia yang ada pada setiap bahan tersebut dan dilakukan pengujian karakteristik fisik pada pasir lumajang dan *copper slag*. Tujuan dilakukannya pengujian kandungan kimia dan karakteristik fisik pada *copper slag* dan pasir lumajang adalah untuk mengetahui kesamaan antara *copper slag* dengan pasir lumajang. Sehingga, *copper slag* bisa digunakan sebagai agregat halus atau pengganti pasir.

Genteng beton dalam penelitian ini menggunakan komposisi 0,8 PC : 0,2 *fly ash* : 3 Pasir dengan substitusi *copper slag* sebesar 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Proses pembuatan benda uji dimulai dari persiapan material yang akan digunakan. Material yang akan digunakan meliputi *portland cement*, *fly ash*, pasir, *copper slag* dan air. *Copper slag* yang digunakan berasal dari hasil sampingan terak tembaga PT. Smelting Gresik. *Copper slag* yang digunakan dalam pembuatan genteng beton adalah *copper slag* dengan lolos ayakan no.16. Pasir yang digunakan dalam penelitian juga pasir yang lolos ayakan no.16.

Bahan penyusun genteng beton yang telah ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam molen pengaduk dan di campur sampai dalam keadaan homogen. Setelah itu, ditambahkan air sedikit demi sedikit dan tetap di dalam adukan sampai campuran homogen. Setelah campuran homogen maka langkah selanjutnya adalah pencetakan dan pengepresan genteng beton. Genteng beton dipres dengan beban pres yang sama. Setelah dicetak, maka genteng beton diangin-anginkan selama 24 jam dan setelah itu di rendam selam 24 jam. Sesudah perendaman selama 24 jam, genteng beton diangin-anginkan sampai genteng beton berumur 28 hari untuk dilakukan pengujian.

### Pengujian Material Penyusun Genteng Beton

Pengujian material penyusun genteng beton meliputi uji karakteristik kimia dan fisik pada *copper slag* dan

pasir lumajang. Pengujian karakteristik fisik meliputi uji analisis saringan, uji berat jenis, uji kadar lumpur, uji kandungan organik, dan uji berat per volume.

### Pengujian Benda Uji Genteng Beton

Pengujian pada genteng beton berdasarkan pada SNI 0096:2007 telah meliputi pengujian ukuran, penyerapan air, beban lentur minimum dan rembesan air.

Pengujian ukuran dilakukan dengan cara mengukur tebal genteng pada 5 tempat yang berbeda, mengukur panjang, lebar dan berat genteng. Kemudian mencatat semua hasil pengukuran tersebut dan dihitung rata-ratanya dari masing-masing jenis pengukuran.

Pengujian penyerapan air dilakukan dengan cara merendam genteng tersebut di dalam air selama 24 jam. Selanjutnya, genteng beton ditimbang dalam keadaan basah dengan menyeka permukaan genteng beton terlebih dahulu dengan lap. Genteng beton dioven pada suhu  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , selanjutnya ditimbang dalam keadaan kering oven. Penyerapan air genteng beton dapat dihitung dengan cara mencari selisih berat genteng dalam keadaan basah dengan kering kemudian dibagi berat genteng dalam keadaan kering.

Pengujian beban lentur dilakukan dengan cara meletakkan benda uji di atas pisau penumpu pada mesin uji sehingga pisau pembebanan berada di tengah-tengah pisau penumpu dengan jarak tumpu sesuai dengan jarak reng pada genteng. Selanjutnya, melakukan pembebanan dengan penambahan beban yang tetap dengan kecepatan pembebanan maksimum  $2 \text{ kg/cm}^2/\text{detik}$  dan ketelitian 0,1 kg, sampai genteng patah.

Pengujian rembesan air dilakukan dengan membuat bejana berbentuk persegi panjang yang terbuat dari seng dengan ketinggian 10 cm. Bejana tersebut direkatkan pada genteng beton dengan bantuan perekat yaitu lilin. Setelah benar-benar merekat dan tidak ada celah, selanjutnya di dalamnya diberi air setinggi 5 cm. Kemudian dидiamkan selama 20 jam  $\pm$  5 menit dan dilihat apakah genteng beton tersebut terjadi rembesan. Pengukuran penurunan air dalam bejana dilakukan selama 1 jam sekali.

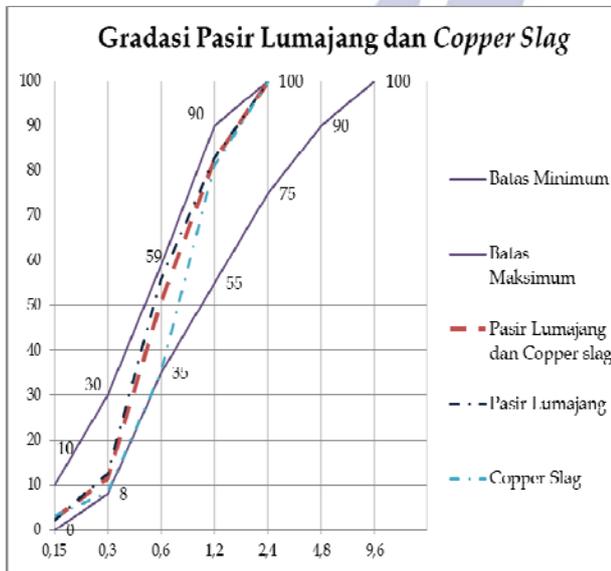
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang didapatkan dari hasil penelitian, kemudian dianalisis sesuai dengan SNI 0096:2007

### Hasil Pengujian Material

Berdasarkan hasil uji kimia yang dilakukan, kandungan kimia terbesar dari *copper slag* adalah besi (Fe) yaitu sebesar 74,97 %. Sehingga *copper slag* dapat digunakan sebagai bahan pengganti pasir lumajang. Berdasarkan hasil uji kimia, pasir lumajang memiliki kandungan kimia besi (Fe) sebesar 44,1%

Hasil uji analisa ayakan pada pasir lumajang dan *copper slag* terdapat pada zona 2. Hasilnya analisa ayakan pada pasir lumajang gradasinya masuk ke dalam zona 2 yang tergolong agak halus. Nilai FM (Fineness Modulus) yang dihasilkan =  $246,8 : 100 = 2,46$ . Analisa ayakan pada *copper slag* gradasinya masuk ke dalam zona 2 yang tergolong agak kasar. Nilai FM (Fineness Modulus) yang dihasilkan =  $272,6 : 100 = 2,726$ . Untuk mengetahui gradasi campuran antara *copper slag* dan pasir lumajang, maka digunakan pada komposisi substitusi *copper slag* yang paling besar, yaitu 25% dari berat pasir. Berdasarkan dari analisis, campuran tersebut tergolong dalam agregat halus zona 2 dengan nilai FM (Fineness Modulus) yang dihasilkan =  $253 : 100 = 2,53$  ini menunjukkan baik karena menurut buku teknologi beton Kardijono Tjokrodimulyo adalah antara 1,50-3,80.



Gambar 1. Hasil Analisa Ayakan Pasir Lumajang dan *Copper Slag*

Berdasarkan dari grafik di atas, dapat diketahui bahwa pada campuran 75% pasir lumajang dan 25% *copper slag* terjadi perbaikan gradasi. Pasir lumajang memiliki nilai FM yang lebih kecil daripada *copper slag*. Pasir lumajang yang cenderung lebih halus mengisi rongga pada *copper slag* yang cenderung agak kasar. Sehingga, campuran pada genteng beton akan lebih padat dikarenakan rongga antar *copper slag* diisi dengan pasir lumajang yang memiliki nilai FM lebih kecil.

Berdasarkan uji kandungan organik, baik pasir lumajang maupun *copper slag*, keduanya tidak mengandung kandungan organik. Hal ini ditunjukkan dari warna cairan pada pasir lumajang dan *copper slag* jauh lebih bening daripada warna standart.

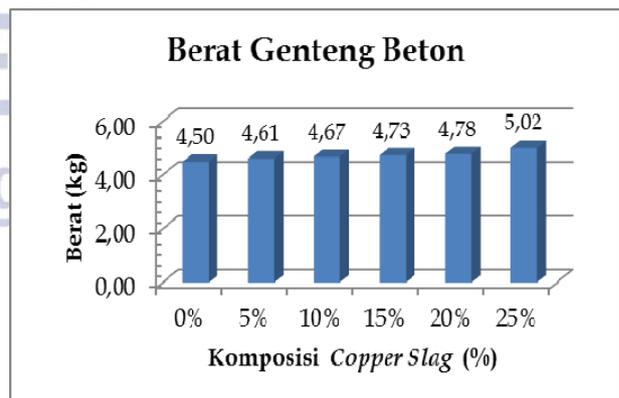
Berat jenis pasir lumajang =  $2,60 \text{ gram/cm}^3$  menunjukkan bahwa pasir memenuhi syarat sebagai agregat halus sesuai peraturan yang menyatakan bahwa berat jenis agregat halus minimal  $2,0-2,7 \text{ gram/cm}^3$ . Penyerapan pasir sebesar 4,16% menunjukkan bahwa lebih kecil dari 5% baik untuk pembuatan beton. Berat jenis *copper slag* =  $3,45 \text{ gram/cm}^3$  menunjukkan bahwa *copper slag* telah memenuhi syarat sebagai agregat halus sesuai peraturan Pd T-04-2005-B yang menyatakan bahwa berat jenis agregat halus *slag* minimal  $3,3 \text{ gram/cm}^3$ . Penyerapan *copper slag* 0,81% menunjukkan bahwa lebih kecil dari 5% baik untuk pembuatan beton.

Berat isi pasir lumajang  $1,757 \text{ gram/cm}^3$  dan berat isi *copper slag*  $2,094 \text{ gram/cm}^3$ . Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa pasir lumajang dan *copper slag* dapat digunakan dalam beton normal karena memiliki berat per volume  $1,0-2,0 \text{ gram/cm}^3$ .

Berdasarkan dari hasil uji di atas, maka dapat disimpulkan bahwa *copper slag* dapat digunakan sebagai pengganti agregat halus. Hal itu dibuktikan dengan hasil uji kimia antara pasir dan *copper slag* yang sama dan juga karakteristik fisik pasir dan *copper slag* yang hampir sama.

### Hasil Pengujian Karakteristik Genteng Beton Uji pengukuran

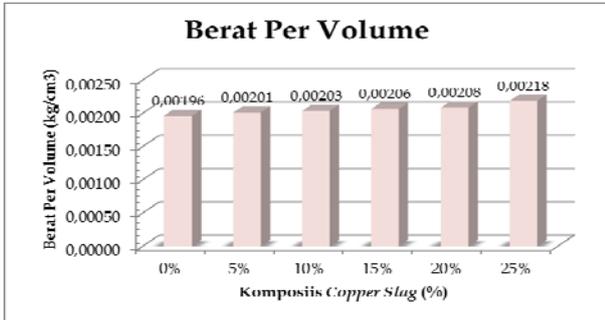
Hasil pengukuran menunjukkan, bahwa setiap variasi genteng beton memiliki ukuran yang sama, yaitu dengan panjang 41,77 cm, lebar 37,7 cm, dan tebal 1,46 cm. Sedangkan hasil pengukuran berat genteng beton dipengaruhi oleh besarnya komposisi penambahan *copper slag*. Berikut adalah hasil pengukuran berat genteng beton setiap variasi.



Gambar 2. Berat genteng beton

Berdasarkan dari grafik di atas, terjadi peningkatan berat genteng beton setiap penambahan 5% *copper slag* dalam setiap variasi. Hal itu menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan *copper slag* maka berat genteng beton semakin besar. Berat genteng beton terbesar

terdapat pada penambahan copper slag sebanyak 25%, yaitu 5,02 kg. Berat genteng beton dari variasi kontrol yaitu genteng normal tanpa substitusi *copper slag* sampai dengan substitusi *copper slag* 20% sebesar 5% dan 10% pada substitusi *copper slag* 25%. Berat genteng beton yang semakin besar dan volume genteng yang tetap akan mempengaruhi berat per volume genteng beton. Berikut adalah hasil perhitungan berat per volume genteng beton:

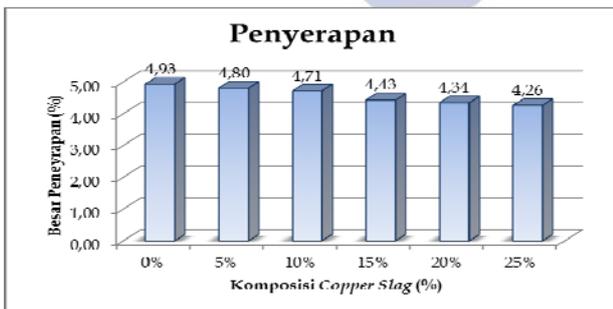


Gambar 3. Berat per volume genteng beton

Berdasarkan dari grafik di atas, dapat diketahui bahwa berat volume terbesar terdapat pada substitusi *copper slag* sebesar 25%, yaitu 0,00218 kg/cm<sup>3</sup>. Sedangkan pada substitusi *copper slag* 0%, berat per volume genteng beton sebesar 0,00196 kg/cm<sup>3</sup>. Selisih berat per volume genteng beton normal dengan *copper slag* 25% sebesar 0,00023 kg/cm<sup>3</sup>.

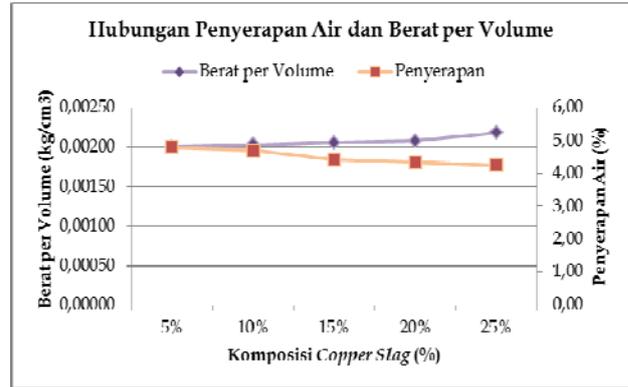
#### Uji penyerapan

Hasil uji penyerapan dari genteng normal sampai dengan genteng beton dengan substitusi *copper slag* 25% adalah 4,93%; 4,80%; 4,71%; 4,43%; 4,34%; dan 4,26%.



Gambar 4. Penyerapan air genteng beton

Berdasarkan grafik di atas, penyerapan air terkecil terdapat pada variasi 5 yaitu dengan substitusi *copper slag* sebesar 25%. Dengan substitusi *copper slag* pada setiap komposisi mempengaruhi besar daya serap air pada genteng beton. Semakin banyak *copper slag* yang disubstitusikan sebagai bahan pengganti pasir lumajang, maka daya serap air semakin kecil. Hal itu di tunjukkan pada variasi 25% *copper slag* memiliki angka penyerapan 4,26%.

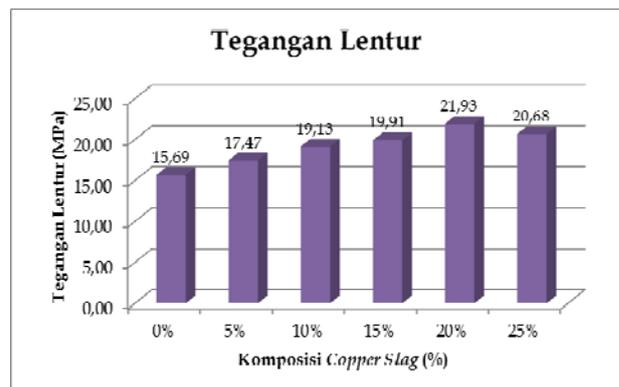


Gambar 5. Hubungan penyerapan air dan berat per volume

Berdasarkan dari grafik di atas, angka penyerapan genteng beton dari komposisi *copper slag* 5% sampai 25% mengalami penurunan. Dengan semakin besarnya berat volume genteng beton, maka angka penyerapan air semakin kecil. Hal ini dibuktikan dengan angka penyerapan pada substitusi *copper slag* 5% sebesar 4,80% dan berat per volume 0,00201 kg/cm<sup>3</sup>, angka penyerapan pada substitusi *copper slag* 25% sebesar 4,26% dan berat per volume 0,00218 kg/cm<sup>3</sup>. Kecilnya penyerapan air pada komposisi 25% disebabkan oleh berat per volume genteng beton yang semakin besar. Semakin besar berat per volume genteng beton maka pori-pori pada genteng beton semakin kecil karena ikatan antara pengikat dan agregat halus yang menutupi rongga pada genteng beton.

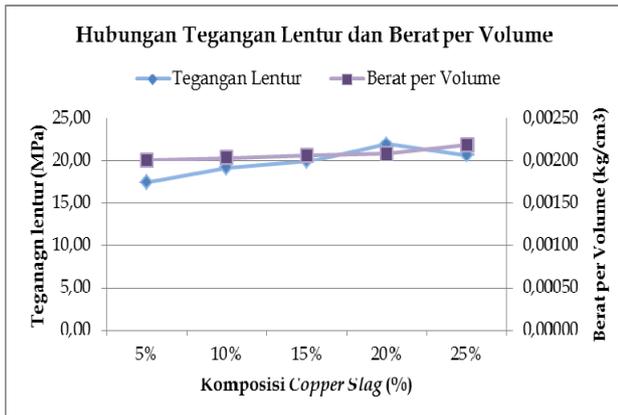
#### Uji beban lentur

Beban lentur yang didapatkan pada setiap variasi substitusi *copper slag* dari 0% samapi 25% adalah 4400 N, 4900 N, 5367 N, 5583 N, 6150 N, dan 5800 N. Berdasarkan dari data di atas, beban lentur yang didapatkan sesuai dengan SNI 0096:2007, yaitu lebih dari 2000 N. Untuk mengetahui pengaruh penambahan *copper slag* pada genteng beton, beban lentur yang didapatkan dari hasil pengujian dihitung tegangan lenturnya.



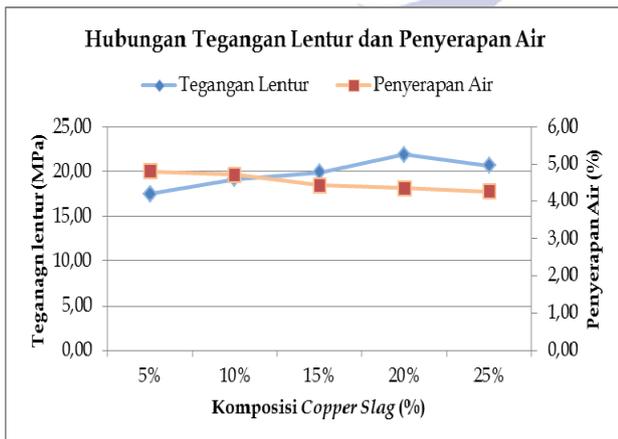
Gambar 6. Tegangan lentur genteng beton

Berdasarkan analisa di atas, maka dapat disimpulkan bahwa tegangan lentur maksimal berada pada variasi 4 dengan substitusi *copper slag* sebesar 20%, yaitu senilai 21,93 MPa. Hal ini juga mengalami penurunan tegangan lentur apabila substitusi *copper slag* lebih dari 20% yang dapat ditunjukkan pada substitusi *copper slag* 25% terdapat penurunan tegangan lentur. Tegangan lentur pada substitusi *copper slag* 20% senilai 21,93 MPa namun pada substitusi *copper slag* 25% sebesar 20,68 MPa.



Gambar 7. Hubungan tegangan lentur dan berat per volume

Berdasarkan dari grafik di atas, diketahui bahwa tegangan lentur maksimal pada substitusi *copper slag* sebesar 20% dengan berat volume genteng sebesar 0,00208 kg/cm<sup>3</sup>. Tegangan lentur mengalami penurunan pada substitusi *copper slag* sebesar 25% dengan berat volume sebesar 0,00218 kg/cm<sup>3</sup>. Sedangkan, pengaruh berat volume terhadap penyerapan air dapat dilihat dalam grafik di bawah ini.



Gambar 8. Hubungan tegangan lentur dan penyerapan air

Grafik di atas menunjukkan, tidak adanya keterkaitan tegangan lentur dengan penyerapan air. Hal ini dapat dibuktikan dengan semakin besar tegangan lentur yang didapatkan, maka semakin kecil angka penyerapan yang diperoleh. Namun, dalam komposisi *copper slag* 25% tegangan lentur menurun dan angka penyerapan kecil. Hal

ini disebabkan karena terdapat unsur besi yang banyak dalam genteng beton sehingga angka penyerapan kecil. Namun, hal tersebut tidak berlaku untuk tegangan lentur.

### Uji rembesan

Pengujian ketahanan terhadap rembesan air dilakukan selama lebih dari 20 jam, dengan benda uji setiap variasi substitusi *copper slag* sebanyak 3 buah sampel. Dari hasil sampel yang diuji, menunjukkan bahwa tidak ada rembesan selama 20 jam ± 5 menit. Hasil pengujian rembesan air untuk kelima variasi substitusi *copper slag* terhadap pasir, telah memenuhi persyaratan SNI 009:2007. Hal ini dapat dipengaruhi oleh penambahan *copper slag* yang menyebabkan air tidak bisa masuk ke pori-pori genteng beton.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan di atas, maka dapat diambil kesimpulan bahwa hasil pengujian pengukuran tidak menunjukkan perbedaan ukuran. Namun berat genteng beton akan semakin besar dengan semakin banyaknya substitusi *copper slag*. Pada pengujian penyerapan, jika semakin banyak *copper slag* yang disubstitusikan, maka semakin kecil angka penyerapan genteng beton. Sedangkan pada pengujian beban lentur, pada substitusi *copper slag* 5% sampai 20%, dapat meningkatkan beban lentur. Namun pada substitusi *copper slag* lebih dari 20% terdapat penurunan beban lentur. Terakhir, tidak adanya rembesan pada kelima variasi genteng beton dengan substitusi *copper slag* sebagai pasir

### Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut: (1) hasil sampingan berupa *copper slag* dapat diaplikasikan dalam perindustrian genteng beton sebagai substitusi pasir sebesar 5% sampai 20%; (2) sehingga pada penelitian selanjutnya, sebaiknya menggunakan komposisi yang lebih bervariasi.; dan (3) pada penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan presentase copper slag dengan range yang lebih kecil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aulia Hamzah. 1999. "Sifat Fisik dan Mekanik Beton Mutu Tinggi dengan Campuran Copper Slag". Tugas akhir tidak diterbitkan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Maria Asunta Hana, Siswadi. 2008. "Studi Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Dengan Agregat Halus Copper Slag". hal. 505-516.

- Muhammad Syahrizal Mauludi. 2014. “Pemanfaatan Copper Slag Sebagai Substitusi Pasir Pada Campuran Beton K-225”. Vol. 2 (1): hal.188-195.
- Musabbikhah, Sartono Putro. 2007. “Variasi Komposisi Genteng Soka Untuk Mendapatkan Daya Serap Air Yang Optimal”. Vol. 8(2): hal.59-64.
- Nor Cahya Eka Darmayanti, Azwar Manaf, Bodi Briyatmoko. 2000. “Identifikasi Senyawa Kandungan Kimia Pada Pasir Mineral”. hal. 40-43.
- SNI 0096. (2007). *Genteng Beton*. Jakarta.
- Tjokrodinuljo, K. (1996). “Teknologi Beton”. Dalam Tyas, Saktianawati Harum Cahyani. 2010. *Analisis Genteng Beton Dengan penambahan Serat Agel Dan Pengurangan Pasir*. Skripsi. Skripsi tidak diterbitkan. Jogjakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.

