

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH TEKNIK SIPIL	VOLUME: 01	NOMER: 01	HALAMAN: 186 - 194	SURABAYA 2018	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

Email : REKATS

DAFTAR ISI

Halaman

TIM EJOURNAL	i
DAFTAR ISI	ii
• Vol. 01 Nomor 01/rekat/18 (2018)	
PENGARUH PERSENTASE COAKAN PADA DENAH BANGUNAN STRUKTUR FLATSLAB TERHADAP GAYA GESER DAN SIMPANGAN <i>Wahyu Putra Anggara, Bambang Sabariman,</i>	01 – 09
PENGARUH SUBSTITUSI FLY ASH DENGAN LIMBAH MARMER TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON GEOPOLIMER PADA NaOH 15M <i>Binti Nur Fitriahsari, Arie Wardhono,</i>	10 – 15
PENGARUH SUBSTITUSI LIMBAH MARMER PADA FLY ASH TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON GEOPOLIMER PADA MOLARITAS 10M <i>Imam Agus Arifin, Arie Wardhono,</i>	16 – 23
PERBANDINGAN HASIL PENGUKURAN TINGGI BADAN MANUSIA TERHADAP 3 KELOMPOK YANG BERBEDA <i>Anita Susanti, Ria Asih Aryani Soemitro, Hitapriya Suprayitno,</i>	24 – 33
PENGARUH PENAMBAHAN ABU DASAR (BOTTOM ASH) PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH SURABAYA BARAT TERHADAP NILAI POTENSIAL SWELLING <i>Oryn Wijaya, Machfud Ridwan,</i>	34 – 40
PENGARUH PENGGUNAAN ABU DASAR (BOTTOM ASH) PADA PAVING BLOCK DENGAN CAMPURAN LIMBAH KERANG SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN <i>Hilal Achmad Ghozali, Arie Wardhono,</i>	49 – 55
ANALISIS PRODUKTIVITAS ALAT BERAT PADA PEKERJAAN PENGURUKAN DI PROYEK JAVA INTEGRATED INDUSTRIAL PORTS AND STATE (JIPE) DI GRESIK - JAWA TIMUR (Studi Kasus : proyek pembangunan “Java Integrated Industrial Ports and State (JIPE), Gresik) <i>Laras Wulandari, Mas Suryanto,</i>	56 – 64
ANALISIS PRODUKTIVITAS PEMANCANGAN DENGAN ALAT JACK-IN PILE JENIS HYDROLIC STATIC PILE DRIVER PADA PROYEK APARTEMEN GRAHA GOLF SURABAYA <i>Brian Widyan Hadi-Mas Suryanto HS,</i>	65 – 72

ANALISIS PERBEDAAN VOLUME NAIK TURUN PENUMPANG DI TIAP-TIAP STASIUN PEMBERHENTIAN KA KOMUTER SURABAYA-SIDOARJO (SUSI) <i>Anita Susanti, Ria Asih Aryani Soemitro, Hitapriya Suprayitno,</i>	73 – 82
STUDI PENGGUNAAN CATALYST, MONOMER, FLY ASH DAN PENAMBAHAN SERAT POLYPROPYLENE SEBAGAI ALTERNATIF PEMBUATAN BETON RINGAN SELULER <i>Mita Sari, Muhammad Imaduddin,</i>	83 – 88
STUDI PENGGUNAAN SERAT POLYPROPYLENE, CATALYST, MONOMER DAN KAPUR SEBAGAI SUBSTITUSI MATERIAL PENYUSUN BETON RINGAN SELULER <i>Wahyu Wicaksono, Muhammad Imaduddin, Yogie Risdianto,</i>	89 – 94
PENGARUH PENGGUNAAN BGA (BUTON GRANULAR ASPHALT) PADA PERENCANAAN ASPAL BETON AC-WC PEN 60/70 DENGAN MENGGUNAKAN FLY-ASH SEBAGAI FILLER <i>Mohamad Yusup Awang Ma'ruf, Yogie Risdianto,</i>	95 – 101
PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK BATA RINGAN TERHADAP POTENSIAL SWELLING PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH WIYUNG SURABAYA <i>Rinaldy Bayuwirawan, Nur Andajani,</i>	102 – 109
PENGENDALIAN MUTU GENTENG BETON MENGGUNAKAN METODE STATISTICAL PROCESS CONTROL DI PT. VARIA USAHA BETON <i>Miftakhul Jannah, Hasan Dani,</i>	110 – 117
PENGARUH PENGGUNAAN BOTTOM ASH SEBAGAI SUBSTITUSI SEBAGIAN PASIR PADA PAVING BLOCK <i>Fitria Laila, Yogie Risdianto,</i>	118 – 122
PENGGUNAAN LAWELE GRANULAR ASPHALT (LGA) PADA PEMBUATAN ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE (AC-WC) PEN 60/70 DENGAN FLY ASH SEBAGAI FILLER <i>Diana Atminingtias, Yogie Risdianto,</i>	123 – 127

PEMODELAN BIAYA RUMAH TINGGAL BERDASARKAN HSPK KOTA SURABAYA

Vina Oktavia, Mas Suryanto HS, 128 - 133

ANALISIS PENAMBAHAN SERBUK BATU GAMPING TERHADAP NILAI POTENSIAL SWELLING PADA TANAH LEMPUNG EKSPANSIF DI DAERAH DRIYOREJO GRESIK

Ylma Yatif Sarotul Ynsiah, Nur Andajani, 134 – 140

ANALISA KONSEP CADANGAN WAKTU PADA PENJADWALAN PROYEK (STUDI KASUS : PROYEK HOTEL & APARTMENT CITY SQUARE MARGOREJO, SURABAYA)

Gumelar Sophia Maghfiroh, Mas Suryanto HS, 141 – 154

PENGARUH PENGGUNAAN *STEEL FIBER* PADA PEMBUATAN BETON MUTU NORMAL DENGAN SUBSTITUSI *COPPER SLAG* SEBAGAI PENGGANTI PASIR

Yetty Asri Ovianti, Yogie Risdianto, 155 – 159

PENGARUH PASIR KUARSA SEBAGAI MATERIAL PENGGANTI SEMEN PADA CAMPURAN BETON *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC) TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON

Aka Asyhar Setiawan, Arie Wardhono, 160 – 166

PENGARUH ZEOLIT SEBAGAI MATERIAL PENGGANTI SEMEN PADA CAMPURAN BETON *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC) TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON

Ahmad Shofiul Iqbal, Arie Wardhono, 167 – 175

ANALISIS PRODUKTIVITAS DAN KOMBINASI ALAT BERAT PADA PEKERJAAN GALIAN TANAH PROYEK PEMBANGUNAN *ONE GALAXY MIXED USE DEVELOPMENT PHASE 1* SURABAYA

Andrean Wahyu Purbo Leksono, Mas Suryanto H.S., 176 – 185

PENGARUH *COPPER SLAG* SEBAGAI MATERIAL PENGGANTI PASIR PADA CAMPURAN BETON *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC) TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON

Dimas Satriyo Abrihananto, Arie Wardhono., 186 – 194

PENGARUH *COPPER SLAG* SEBAGAI MATERIAL PENGGANTI PASIR PADA CAMPURAN BETON *SELF COMPACTING CONCRETE* (SCC) TERHADAP KUAT TEKAN DAN POROSITAS BETON

Dimas Satriyo Abrihananto

Mahasiswa S1-Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: dimasabrihananto@gmail.com

Arie Wardhono

Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

Abstrak

Keandalan beton sebagai material konstruksi yang paling banyak digunakan tidak diragukan lagi. Pada proses pemadatan beton, diperlukan bantuan getaran dan tumbukan. Tetapi dapat terjadi penghambatan kerja ketika pengerjaan pada daerah-daerah atau tempat yang sempit yang tidak bisa dijangkau oleh alat pemadat beton. Salah satu pemecahan untuk mengurangi hambatan tersebut adalah dengan menggunakan SCC (*Self Compacting Concrete*). SCC (*Self Compacting Concrete*) sendiri dapat didefinisikan sebagai suatu jenis beton yang dapat dituang, mengalir dan menjadi padat dengan memanfaatkan berat sendiri, tanpa memerlukan proses pemadatan dengan getaran atau metode lainnya.

Penelitian ini akan memanfaatkan *copper slag* sebagai bahan pengganti pasir pada beton *self sompacting concrete*. Benda uji yang digunakan adalah silinder berukuran 15 x 30 cm³, berbahan dasar *portland cement*, *copper slag*, pasir lumajang, kerikil 5-10 mm, air dan *superplasticizer*. *Superplasticizer* yang digunakan adalah viscocrete dengan kadar 0,6%. Dalam penelitian ini kadar *copper slag* sebagai pengganti pasir adalah 0%, 20%, 40% dan 60% dengan usia beton 28 hari.

Kuat tekan yang dihasilkan dari penambahan *copper slag* 0% 34,14 MPa, *copper slag* 20% 30,55 MPa, *copper slag* 40% 25,65 MPa, *copper slag* 60% 23,77 MPa. Sedangkan nilai persentase porositas dari penambahan *copper slag* 0% yaitu 0,471 % , *copper slag* 20% yaitu 0,52%, *copper slag* 40% yaitu 0,61%, *copper slag* 60% yaitu 0,66%. Kuat tekan pada kadar *copper slag* 20% memiliki kuat tekan paling tinggi, berbanding lurus dengan nilai porositas terkecil pada kadar *copper slag* 20%.

Kata Kunci: *copper slag*, *superplasticizer*, kuat tekan, porositas.

Abstract

The reliability of concrete as the most widely used construction material is unquestionable. In the concrete compaction process, vibration and collision help is required. But it can happen inhibition of work when working on areas or places that are narrow that can not be reached by concrete compactor. One solution to reduce the barriers is to use SCC (Self Compacting Concrete). SCC (Self Compacting Concrete) it self can be defined as a type of concrete that can be poured, flow and beome solid by utilizing its own weight, without requiring a compaction process with vibration or other methods.

In this study will utilize copper slag as a substitute for sand on the concrete self compacting concrete. The specimens used are cylinders 15 x 30 cm³, portland cement, copper slag, lumajang sand, 5-10 mm gravel, water and superplasticizer. Superplasticizer used is viscocrete with a content of 0.6%. In this study copper slag content as a substitute for sand is 0%, 20%, 40% and 60% with 28 days of concrete.

The compressive strength resulting from the addition of copper slag 0% 34.14 MPa, copper slag 20% 30.55 MPa, copper slag 40% 25.65 MPa, copper slag 60% 23.77 MPa. While the value of porosity percentage from the addition of copper slag 0% is 0.471%, copper slag 20% is 0.52%, copper slag 40% is 0.61%, copper slag 60% is 0.66%. Strong strength at 20% copper slag has the highest compressive strength, directly proportional to the smallest porosity value at 20% copper slag level.

Keyword: *copper slag*, *superplasticizer*, compressive strength, porosity.

PENDAHULUAN

Keandalan beton sebagai material konstruksi yang paling banyak digunakan tidak diragukan lagi. Sampai saat ini secara material beton masih lebih jauh lebih murah dari pada baja. Tidak hanya faktor ekonomis saja, para peneliti dibidang energi juga telah memperhatikan faktor energi dalam memberikan penilaian material beton yang lebih ramah lingkungan. Pada proses pemadatan beton, diperlukan bantuan getaran dan tumbukan. Tetapi dapat menyulitkan ketika pengerjaan pada daerah-daerah atau tempat yang sempit yang tidak bisa dijangkau oleh alat pemadat beton. Seperti yang telah kita ketahui bahwa dalam era globalisasi kita dituntut untuk mengikuti perkembangan teknologi yang ada. Hal ini disebabkan kebutuhan manusia akan teknologi semakin besar. Hal yang serupa juga terjadi pada teknologi beton. Perkembangan dunia teknologi beton saat ini mengarah pada beton dengan tingkat fluiditas yang tinggi sehingga tidak perlu lagi bantuan pemadatan yaitu *Self Compacting Concrete* (SCC). Beton *Self Compacting Concrete* (SCC) pertama kali dikembangkan di Jepang pada pertengahan tahun 1980-an dan mulai digunakan pada konstruksi beton pada awal tahun 1990-an (Okamura et.al. 2003).

Pada umumnya komposisi beton terdiri dari semen, agregat halus, agregat kasar dan air. Penggunaan material dalam pembuatan beton harus sesuai dengan syarat dan proporsi yang telah ditentukan. Salah satu komponen penting dalam pembuatan beton 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 beton semakin terbatas. Untuk itu sangat diperlukan alternatif lain yang dapat mengurangi maupun menggantikan fungsi pasir sebagai bahan pengisi dalam pembuatan beton. 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*). *Copper slag* yang dihasilkan PT. Smelting setiap tahunnya mencapai 300-500 ton (Soandrianjanie, 2011). Sangat disayangkan apabila sisa hasil produksi dengan kapasitas berlimpah tersebut pemanfaatannya masih minim. Jika produk sisa tersebut dibiarkan saja, semakin lama akan memberikan dampak yang negatif bagi

lingkungan sekitar contohnya dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya dampak tersebut adalah memaksimalkan pemanfaatan sisa hasil produksi sebagai campuran dalam material konstruksi seperti beton SCC.

Dalam penelitian ini mengusulkan tentang penggunaan *copper slag* sebagai bahan pengganti pasir pada campuran beton SCC. Penelitian ini berdasarkan alasan bahwa sisa hasil produksi tembaga (*copper slag*) memiliki karakteristik yang hampir sama dengan pasir. 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 25kg/m³ beton pada zone 2 (PBI 1971).

Self Compacting Concrete (SCC) sendiri dapat didefinisikan sebagai suatu jenis beton yang dapat dituang, mengalir dan menjadi padat dengan memanfaatkan berat sendiri, tanpa memerlukan proses pemadatan dengan getaran atau metode lainnya, selain itu beton segar jenis *self-compacting concrete* bersifat kohesif dan dapat dikerjakan tanpa terjadi segregasi atau *bleeding*. SCC adalah suatu beton yang memiliki sifat kecairan (*fluidity*) yang tinggi sehingga mampu mengalir dan mengisi ruang-ruang di dalam cetakan tanpa proses pemadatan atau hanya sedikit sekali memerlukan getaran untuk memadatkannya. Hal ini dapat mengurangi waktu proses pemadatan. Dengan tingkat kecairan yang tinggi, maka SCC mampu diangkat dan dibawa dengan mudah melalui pompa ke tingkat yang tinggi pada pengecoran bangunan berlantai banyak. Salah satu bahan kimia yang mempengaruhi kemampuan SCC untuk mengalir adalah *superplastisizer* (Papayianni et. al, 2005).

Beton memadat mandiri (*self compacting concrete*, SCC) adalah beton yang mampu mengalir sendiri yang dapat dicetak pada bekisting dengan tingkat penggunaan alat pemadat yang sangat sedikit atau bahkan tidak dipadatkan sama sekali. Beton ini, memanfaatkan pengaturan ukuran agregat, porsi agregat dan *admixture superplastisizer* untuk mencapai kekentalan khusus yang memungkinkannya mengalir sendiri tanpa bantuan alat pemadat. Sekali dituang ke dalam cetakan, beton ini akan mengalir sendiri mengisi semua ruang mengikuti prinsip grafitasi, termasuk pada pengecoran beton dengan tulangan pembesian yang Sangat rapat. Beton ini akan mengalir ke semua celah di tempat pengecoran dengan memanfaatkan berat sendiri campuran beton (Ladwing, et.al. 2001).

Superplasticizer juga mempunyai pengaruh yang besar dalam meningkatkan workabilitas bahan ini merupakan sarana untuk menghasilkan beton mengalir tanpa terjadi pemisahan (*segregasi/bleeding*) yang umumnya terjadi pada beton dengan jumlah air yang besar, maka bahan ini berguna untuk pencetakan beton ditempat-tempat yang sulit seperti tempat pada penulangan yang rapat. *Superplasticizer* dapat memperbaiki *workabilitas* namun tidak berpengaruh besar. dalam meningkatkan kuat Tekan beton untuk faktor air semen yang diberikan. Namun kegunaan *superplasticizer* untuk beton mutu tinggi secara umum sangat berhubungan dengan pengurangan jumlah air dalam campuran beton. Pengurangan ini tergantung dari kandungan air yang digunakan, dosis dan tipe dari *superplasticizer* yang dipakai.

Copper slag adalah hasil limbah industri peleburan tembaga, berbentuk pipih dan runcing (tajam) dan sebagian besar mengandung oksida besi dan silikat serta mempunyai susunan kimia *Silicon Dioxide* (SiO₂) sekitar 30 – 36%, *Iron Oxide* (FeO) mencapai 45 – 55%, *Calcium Oxide* (CaO) sekitar 2 – 7 %, *Aluminium Oxide* (Al₂O₃) sekitar 3 – 6%. (PT. Smelting, Gresik, Jawa Timur). Pertimbangan pemakaian *copper slag* dalam penelitian ini dikarenakan *copper slag* dalam campuran beton di duga mempunyai beberapa keuntungan antara lain meningkatkan kekuatan beton dan ketahanan terhadap sulfat dalam air laut, mengurangi panas hidrasi, menurunkan suhu dan memperkecil porositas, mengurangi serangan alkali-silika dan klorida. *Copper slag* merupakan limbah yang dihasilkan oleh PT. Smelting Company Gresik dalam jumlah sangat banyak.

Copper slag sebagai bahan pengganti atau pengsubstitusi pasir dilakukan pada 0%, 20%, 40% dan 60% dari berat pasir. Sampel yang digunakan berbentuk silinder 15 cm x 30 cm. Sampel diuji pada umur 28 hari. Besarnya nilai persentase *copper slag* yang dapat menggantikan peran pasir pada beton dilihat dari hasil uji kuat Tekan umur 28 hari.

Dalam penelitian ini memanfaatkan *copper slag* sebagai pengganti pasir dalam pembuatan beton *self compacting concrete* dan penggunaan *superplasticizer* untuk peningkat *workability* beton.

Tujuan dari penelitian ini antara lain :

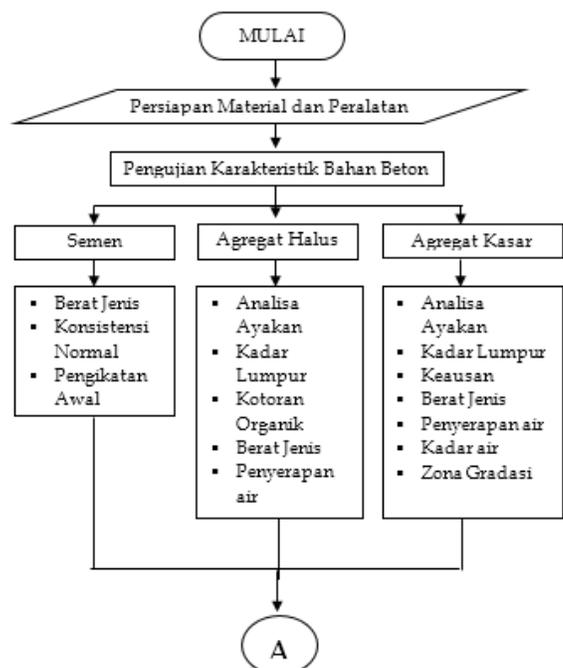
1. Mendapatkan desain campuran beton *self compacting concrete* dengan penggunaan *copper slag* sebagai bahan pengganti agregat halus yang optimum.
2. ntuk mengetahui pengaruh penggunaan *copper slag* sebagai bahan pengganti agregat halus dalam beton *self compacting concrete* terhadap kuat tekan dan porositas beton SCC dibandingkan dengan beton *self compacting concrete* konvensional.

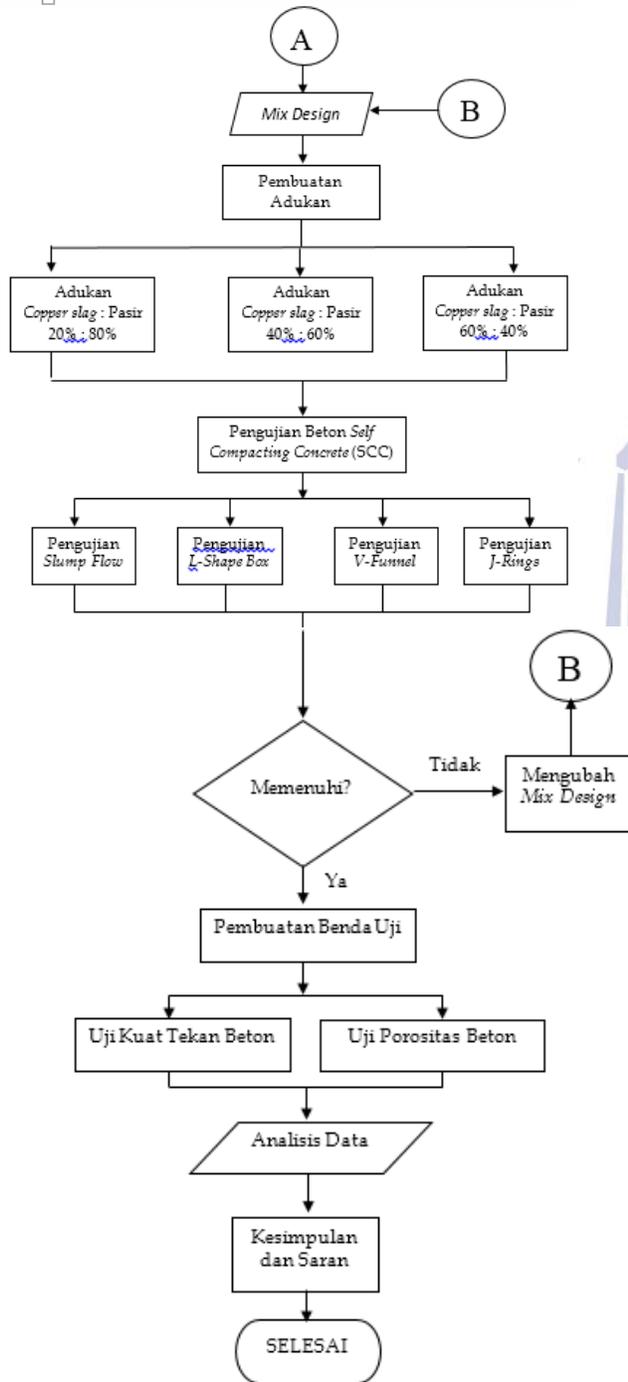
METODE

Metode penelitian ini menggunakan uji laboratorium. Penelitian ini menggunakan *copper slag* akan dijadikan sebagai bahan pengganti pasir pada pembuatan campuran *Self Compacting Concrete* (SCC) dengan komposisi tertentu. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium PT. Merak Jaya Beton. Pelaksanaan penelitian ini dilakukan mulai Oktober 2017 sampai dengan selesai. Langkah-langkah penelitian eksperimen yang dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. *Survey* dan observasi
2. Mencari literature yang berhubungan dengan masalah penelitian yang akan dilakukan.
3. Menentukan masalah yang didapatkan dari hasil *Survey* dan observasi.
4. Menentukan batasan-batasan masalah dalam penelitian.
5. Membatasi dan membuat rumusan masalah.
6. Menyusun rencana penelitian secara lengkap meliputi: menentukan variable penelitian, menentukan dan menyiapkan bahan yang akan digunakan, menentukan dan pembuatan sampel, melakukan pengujian di laboratorium, pengumpulan data, dan analisis data.
7. Melakukan pengujian kemampuan mekanis terhadap kuat tekan dan porositas pada benda uji beton *Self Compacting Concrete* (SCC).

Berikut merupakan flow chart dari penelitian ini adalah sebagai berikut:





Gambar 1. Flow Chart Penelitian

A. Instrumen Penelitian

Instrumen pengumpulan data adalah alat bantu yang dipilih dan digunakan oleh peneliti dalam kegiatannya mengumpulkan agar kegiatan tersebut menjadi sistematis dan dipermudah olehnya (Suharsimi, 2004). Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Alat

- Satu set alat untuk pengujian bahan dan pembuatan benda uji
- Satu set alat untuk pengujian benda uji :
 - Slump Cone
 - L-Shape Box
 - V-Funnel
 - J-Ring
 - Universal Testing Machine (UTM).
 - Alat tulis dan stopwatch untuk mencatat hasil pengujian.

2. Bahan

- Semen
Semen yang digunakan adalah semen OPC merk semen Gresik jenis I yang diproduksi oleh PT. Semen Gresik.
- Agregat halus
Agregat halus yang digunakan adalah pasir lumajang yang dijual di wilayah Surabaya.
- Agregat kasar
Agregat kasar yang digunakan adalah kerikil dengan ukuran maksimal 10mm.
- Air
Air yang digunakan yaitu air yang berasal dari PDAM yang berada di Laboratorium Beton dan Bahan, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.
- Copper slag (terak tembaga)
Copper slag (terak tembaga) yang digunakan untuk campuran beton self compacting concrete sebagai bahan tambah yang direduksi dari jumlah penggunaan pasir adalah limbah dari PT. Smelting Gresik.

3. Mix Design

Metode perhitungan digunakan adalah SNI 03-2834-2000 yang kemudian akan dipadukan dengan konsep beton self compacting concrete (SCC). Proses perencanaan pembuatan mix design ini memiliki 4 variasi campuran penambahan copper slag dengan kadar prosentase 0%, 20%, 40%, dan 60% dari berat semen serta penambahan superplasticizer berdasarkan kebutuhan binder yang digunakan pada beton self compacting concrete.

Tabel 1. Proporsi per m³ campuran

Bahan Campuran	Variasi Campuran per m ³			
	Campuran Dasar (Kg)	Campuran 1 (Kg)	Campuran 2 (Kg)	Campuran 3 (Kg)
Air	205	205	205	205
Semen	455	455	455	455
Copper Slag	-	199,6	399,2	598,8
Kerikil	817	817	817	817
Pasir	998	798,4	598,8	399,2
Superplasticizer	5,46	5,46	5,46	5,46

4. Pengujian Beton Self Compacting Concrete

Pengujian campuran dilakukan untuk melihat apakah campuran beton memenuhi kriteria sebagai beton SCC, pengujian campuran meliputi:

a. *Slumpflow* dan *Slump*

Slump flow digunakan untuk menilai aliran bebas horizontal dari SCC tanpa adanya penghalang. *Slump* digunakan sebagai indikator campuran apakah terjadi segregasi. Semakin tinggi nilai *slump-flow*, semakin baik kemampuan beton untuk mengisi bekisting dengan berat sendirinya. Nilai *slump-flow* kurang lebih 650 mm dibutuhkan untuk mencapai SCC.

b. *L-Box*

Peralatan terdiri dari kotak penampang persegi dengan bentuk huruf L dengan penampang vertikal dan horizontal dipisahkan oleh sekat penutup yang berada di depan rangkaian tulangan vertikal. Penampang vertikal kemudian diisi dengan beton dan selanjutnya sekat penutup dibuka dan beton dibiarkan mengalir ke penampang horizontal. Setelah aliran berhenti, tinggi beton pada ujung penampang horizontal menunjukkan jumlah beton yang tersisa pada penampang vertikal.

c. *V-Funnel*

Tes *V-Funnel* digunakan untuk menentukan kemampuan pengisian beton dengan ukuran agregat maksimum 20mm. Corong diisi sekitar 12 liter beton dan dihitung waktu aliran melalui bagian bawah corong. Setelah pengujian *V-Funnel* dapat digunakan kembali setelah dibiarkan selama 5 menit. Jika beton menunjukkan segregasi maka waktu aliran beton akan meningkat secara signifikan. Semakin pendek waktu pengaliran semakin baik kemampuan alirannya. Untuk SCC waktu aliran 10 detik dianggap layak.

d. *J-Ring*

Tes ini digunakan untuk menentukan kemampuan beton melewati tulangan. Peralatan terdiri dari plat dasar persegi panjang (30mm x 25mm) dengan lingkaran tulangan terbuka dan tulangan vertikal seperti pada tulangan terpasang. Bagian tulangan bisa menggunakan diameter

tulangan yang berbeda dan dengan jarak yang berbeda, berdasarkan persyaratan tulangan normal, 3x ukuran agregat maksimal diperbolehkan. Diameter lingkaran tulangan vertikal adalah 300mm dengan tinggi 100mm.

e. Uji Kuat Tekan Beton

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kuat tekan hancur dari silinder beton yang mewakili spesimen beton dalam mix design menggunakan alat Universal Testing Machine (UTM). Pengujian ini dilakukan pada saat beton berusia 28 hari dengan masing-masing sebanyak 3 benda uji.

f. Uji Porositas

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya persentase ruang-ruang kosong atau besarnya kadar pori yang terdapat pada beton dan merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kekuatan beton.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Beton Segar SCC

Berikut adalah analisa keterkaitan penambahan kadar *copper slag* sebagai pengganti pasir dengan penggunaan *superplasticizer* dengan variasi yang berbeda-beda mengikuti kebutuhan binder sebesar 0,6%-1,2% dari berat semen terhadap *workability* beton segar SCC yang meliputi uji *slump flow*, *J-ring*, *L-box* dan *V-funnel*

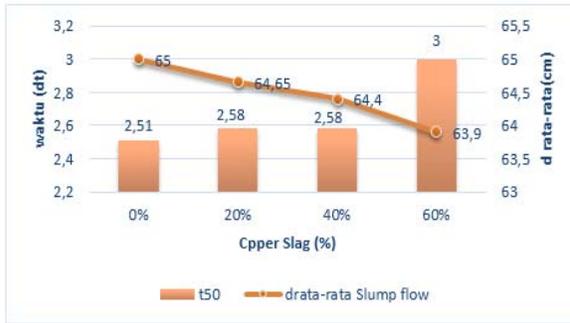
1. *Slump Flow Test*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui *flowability* (kemampuan alir) dan stabilitas SCC. Adapun hasil yang ditinjau dari uji ini adalah diameter akhir aliran beton serta waktu aliran beton saat mencapai diameter 50 cm. Berikut ini adalah data hasil yang di dapatkan dari uji *slump flow*

Tabel 2. Hasil pengujian *slump flow*

Jenis Pengujian	Parameter	Hasil Uji Pada Beton Segar			
		CS 0%	CS 20%	CS 40%	CS 60%
<i>Slump flow test</i>	d1 (mm)	66	65,5	65,3	64,8
	d2 (mm)	64	63,8	63,5	63
	d rata-rata (mm)	65	64,65	64,4	63,9
	T50 (dt)	2,51	2,58	2,58	3

(Sumber: Hasil Pengujian dari Laboratorium, EFNARC 2002)



Gambar 2. Grafik hasil slump flow

Berdasarkan hasil pengujian ini, diameter sebaran beton segar SCC semakin mengecil seiring bertambahnya kadar *copper slag* didapat pada beton dengan kadar *copper slag* 60% yaitu 63,90. Sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai diameter 50cm semakin bertambah seiring penambahan kadar *copper slag* dengan waktu terlalu lama yaitu 3 detik pada beton dengan kadar *copper slag* 60%.

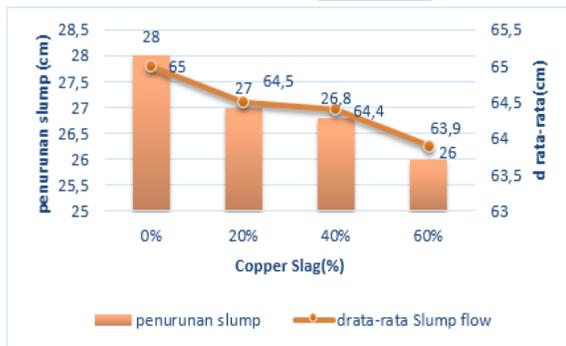
2. Slump Test

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui penurunan slump dari beton segar SCC. Adapun hasil yang ditinjau dari uji ini adalah besar penurunan slump pada beton segar SCC.

Tabel 3. Hasil pengujian slump

Jenis Pengujian	Parameter	Hasil Uji Pada Beton Segar			
		CS 0%	CS 20%	CS 40%	CS 60%
Slump test	Slump (cm)	28	27	26,8	26

(Sumber: Hasil Pengujian dari Laboratorium)



Gambar 3. Grafik hasil slump test

Berdasarkan grafik diatas dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar *copper slag* maka penurunan slump beton segar akan semakin rendah, ditunjukkan pada beton segar dengan kadar *copper slag* 60% yaitu sebesar 26 cm hal ini berbanding lurus dengan pengurangan diameter yang terjadi pada uji slump flow test, sehingga disimpulkan bahwa *flowability* beton segar SCC

akan semakin menurun seiring dengan penambahan kadar *copper slag*.

3. J-Ring Test

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui *passing ability* dan kemampuan terhadap *blocking* beton SCC. Adapun hasil yang ditinjau dari uji ini adalah diameter akhir aliran beton serta waktu aliran beton saat mencapai diameter 50 cm. berikut hasil yang peneliti dapatkan.

Tabel 4. Hasil pengujian j-ring

Jenis Pengujian	Parameter	Hasil Uji Pada Beton Segar			
		CS 0%	CS 20%	CS 40%	CS 60%
J-ring test	d1 (cm)	66	64,6	64,44	64,1
	d2 (cm)	64	64,4	64,2	63,5
	d rata-rata (cm)	65	64,5	64,32	63,8
	T50 (dt)	2,57	3,04	3,07	3,15

(Sumber: Hasil Pengujian dari Laboratorium, ASTM C1621)



Gambar 4. Grafik hasil j-ring

Berdasarkan grafik diatas dapat dilihat bahwa semakin besar kadar *copper slag* maka diameter yang dapat dicapai beton segar akan semakin kecil serta bertambahnya waktu beton segar untuk mencapai diameter 50 cm. Sehingga, dengan penambahan *copper slag* maka *flowability* beton segar SCC akan semakin menurun.

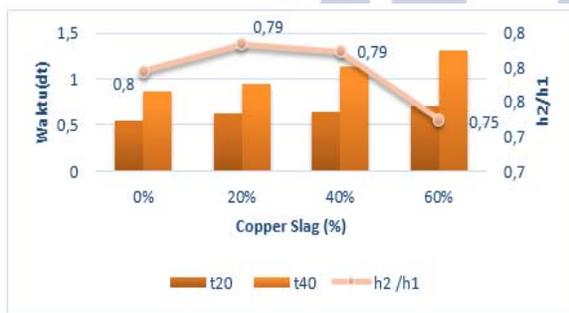
4. L-Box Test

Pengujian ini bertujuan untuk mengamati karakteristik beton segar terhadap *flowability*, *blocking*, dan *segregation*. Adapun hasil yang ditinjau dalam uji ini adalah T20 dan T40 yaitu waktu yang didapatkan saat beton mencapai garis 20cm dan 40 cm. Selain itu adalah H1 dan H2 yaitu kedalaman beton pada 2 sisi untuk menghitung rasio kedalaman pada *L box test*. Berikut hasil yang didapatkan peneliti dalam uji *L-box test*:

Tabel 5. Hasil pengujian L-Box

Jenis Pengujian	Parameter	Hasil Uji Pada Beton Segar			
		CS 0%	CS 20%	CS 40%	CS 60%
L-box test	T20 (dt)	0,54	0,63	0,64	0,71
	T40 (dt)	0,87	0,95	1,14	1,31
	H1 (cm)	9	9,2	9,5	9,3
	H2 (cm)	7	7,3	7,5	7
	H2/H1	0,8	0,79	0,79	0,75

(Sumber: Hasil Pengujian dari Laboratorium, EFNARC 2002)



Gambar 5. Grafik hasil L-Box

Dari hasil yang didapatkan berdasarkan grafik diatas penambahan kadar *copper slag* menunjukkan pengaruh yaitu semakin tingginya waktu yang diperlukan beton untuk mencapai panjang sebaran t20 cm dan t40 cm. Campuran beton dengan kadar 60% menunjukan waktu terlambat yaitu 0,71 dan 1,31 detik.

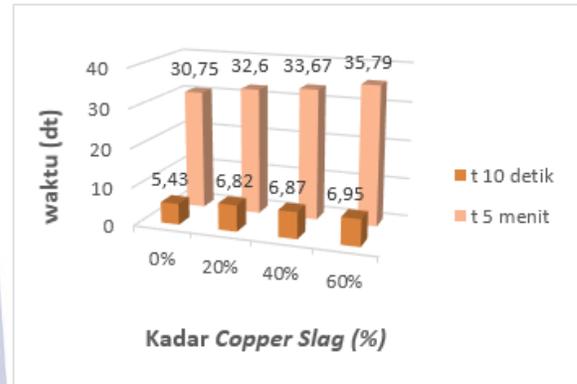
5. V-Vunnel Test

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui *passing ability* dan stabilitas SCC. Adapun hasil yang ditinjau dari uji ini adalah waktu yang diperlukan beton untuk turun sampai habis dari corong V dalam keadaan setelah beton didiamkan 10 detik (T10detik) dan 5 menit (T5menit). Berikut ini adalah hasil yang peneliti dapatkan dari uji V-funnel:

Tabel 6. Hasil pengujian V-Vunnel

Jenis Pengujian	Parameter	Hasil Uji Pada Beton Segar			
		CS 0%	CS 20%	CS 40%	CS 60%
V-funnel	T10detik (dt)	5,43	6,82	6,87	6,95
	T5menit (dt)	30,75	32,6	33,67	35,79

(Sumber: Hasil Pengujian dari Laboratorium, As'ad 2006, EFNARC 2002)



Gambar 6. Grafik hasil V-funnel

Dari hasil yang didapatkan berdasarkan grafik dengan penambahan kadar *copper slag* ini, yang memiliki waktu penurunan campuran beton lebih cepat yaitu pada variasi penambahan kadar *copper slag* 20% dengan catatan waktu 6,82 detik. Sedangkan pada variasi diatas 20% naik hingga 6,95 detik pada uji V-funnel t10 detik. Pada uji t5 menit waktu yang dicapai juga tercepat 32,6 detik dengan penambahan kadar *copper slag* 20% pula, kadar penambahan diatasnya selanjutnya mengikuti naik hingga angka 35,79 detik. Dapat disimpulkan bahwa penambahan kadar *copper slag* dengan tambahan *superplasticizer* tidak dapat menambah *passing ability* serta stabilitas beton segar SCC.

B. Uji Kuat Tekan & Porositas Beton Umur 28 Hari

Dalam pengujian beton umur 28 hari uji yang digunakan adalah kuat tekan dan porositas hal ini disebabkan karena porositas suatu beton sangat mempengaruhi kuat tekan beton itu sendiri dikarenakan porositas beton menyebabkan rongga rongga di dalam beton yang dapat menyebabkan menurunnya kuat tekan beton. Berikut adalah data hasil pengujian kuat tekan beton dan porositas beton umur 28 hari yang diuji di PT. Merak Jaya Beton, Surabaya.

Tabel 7. Kuat tekan dengan pengganti *copper slag*

Presentase <i>Copper Salg</i>	Nomor benda uji	Kuat Tekan (MPa)	Rata-Rata (MPa)
0%	1	33,95	34,14
	2	35,08	
	3	33,38	
20%	1	30,55	30,55
	2	32,82	
	3	28,29	
40%	1	29,42	25,65
	2	28,29	
	3	19,24	
60%	1	21,50	23,77
	2	28,30	
	3	21,50	

Tabel 8. Hasil pengujian porositas

Presentase <i>Copper Slag</i>	Nomor benda uji	Porositas (%)	Rata-Rata Porositas (%)
0%	1	0,38	0,47
	2	0,57	
20%	1	0,57	0,52
	2	0,47	
40%	1	0,66	0,61
	2	0,57	
60%	1	0,66	0,66
	2	0,66	



Gambar 7. Grafik hasil uji kuat tekan dan porositas

Berdasarkan grafik diatas menunjukkan bahwa kuat tekan rata-rata beton umur 28 hari menurun seiring penambahan kadar *copper slag* hingga 60% menunjukkan angka tertinggi pada beton dengan kadar *copper slag* 20% yaitu 30,55 MPa. Terjadi penurunan kuat tekan pada beton SCC dengan kadar *copper slag* 60% menjadi 23,77 MPa. Sedangkan porositas beton meningkat seiring penambahan kadar *copper slag* hingga 60% tetapi terjadi penurunan pada saat penambahan kadar *copper slag* 20% disebabkan

karena beton segar dengan kadar *copper slag* 60% terjadi segregasi.

Hal ini yang menyebabkan meningkatnya porositas beton karena sifat *copper slag* yang tidak menyerap air sehingga menyebabkan penyerapan air dan pengikatan agregat beton SCC menjadi berkurang dan menurunkan nilai kuat tekan dan menaikkan nilai porositas karena butiran *copper slag* lebih bersifat keras dan tidak terlalu baik dalam pengikatan campuran beton.

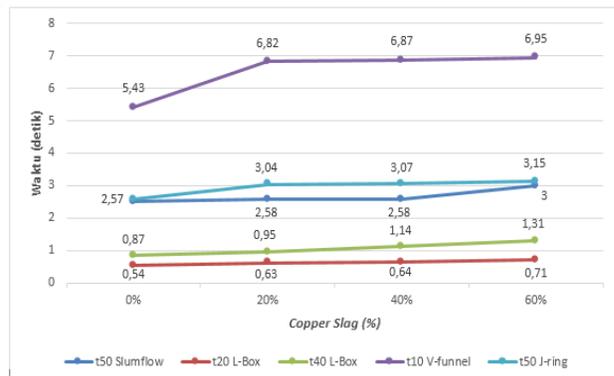
Hal ini mengindikasikan bahwa semakin kecil presentasi porositas suatu beton maka akan semakin baik kuat tekan yang akan dihasilkan beton tersebut dikarenakan rongga-rongga beton tersebut lebih sedikit.

C. Hubungan Tiap Uji SCC Terhadap *Workability*

Dari data yang didapatkan dari pengujian campuran beton segar SCC dengan penggunaan *copper slag* sebagai bahan pengganti pasir dan hasil pengujian kuat tekan serta pengujian porositas, maka dapat dianalisa pola hubungan perubahan masing-masing nilai berdasarkan penambahan variasi *copper slag* dalam campuran beton SCC sebagai berikut:

Tabel 9. Hasil pengukuran waktu tiap uji SCC

Parameter	Variasi Campuran			
	Copper Slag 0%	Copper Slag 20%	Copper Slag 40%	Copper Slag 60%
T ₅₀ Slumpflow (detik)	2,51	2,58	2,58	3
T ₂₀ L-Box (detik)	0,54	0,63	0,64	0,71
T ₄₀ L-Box (detik)	0,87	0,95	1,14	1,31
T ₁₀ V-Funnel (detik)	5,43	6,82	6,87	6,95
T ₅₀ J-Ring (detik)	2,57	3,04	3,07	3,15



Gambar 8. Grafik keterkaitan waktu tiap uji SCC

Berdasarkan hasil penelitian diatas penambahan *copper slag* hingga 60% dengan menggunakan *superplasticizer* pada beton SCC tidak mampu memperbaiki atau meningkatkan *workability* beton segar SCC. Sedangkan terhadap kuat tekan beton kadar *copper slag* sebesar 20%, 40% dan 60% tidak dapat menghasilkan kuat tekan beton SCC yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan atau tanpa penambahan *copper slag*.

Terjadi penurunan kuat tekan beton hingga kadar penambahan *copper slag* 60% hal ini sejalan dengan peningkatan nilai porositas beton dengan kadar *copper slag* 60% hal ini disebabkan konsistensi kepadatan beton mulai menurun sehingga terjadi rongga rongga udara di dalam beton yang berpengaruh pada kuat tekan beton.

Tidak sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyebutkan bahwa penggunaan *copper slag* yang mampu meningkatkan kuat tekan beton, pada penelitian ini penambahan *copper slag* justru menunjukkan penurunan kuat tekan beton. Hasil pengujian menunjukkan penambahan kadar *copper slag* tidak meningkatkan kuat tekan benda uji. Dikarenakan sifat *copper slag* yang tidak menyerap air sehingga menyebabkan penyerapan air dan pengikatan agregat beton SCC menjadi berkurang dan menurunkan nilai kuat tekan dan menaikkan nilai porositas karena butiran *copper slag* lebih bersifat keras dan tidak terlalu baik dalam pengikatan campuran beton.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan tujuan yang mendahului dan hasil penelitian pengaruh *copper slag* sebagai material pengganti pasir pada campuran beton *Self Compacting Concrete (SCC)* terhadap kuat tekan dan porositas beton, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu sebagai berikut :

1. Desain proporsi campuran beton *self compacting concrete* dengan variasi penggunaan *copper slag* sebagai bahan pengganti pasir yang terbaik adalah pada kadar variasi *copper slag* 20% dengan nilai kuat tekan 30,55 MPa dan nilai porositas 0,52%.
2. Pengaruh penambahan *copper slag* 20% tidak dapat menambah nilai kuat tekan beton SCC dan dapat mengurangi nilai porositas beton SCC jika dibandingkan dengan beton SCC tanpa penambahan *copper slag*.

Saran

Setiap penelitian tidak lepas dari kekurangan, untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih baik lagi pada penelitian selanjutnya, berikut saran yang dapat digunakan :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada pengaruh penambahan *copper slag* pada beton *Self Compacting Concrete (SCC)* dengan jarak presentase yang lebih kecil.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi pengaruh *superplasticizer*.

DAFTAR PUSTAKA

- Ladwing, H.M., Woise, F., Hemrich, W. and Ehrlich, N. 2001. *Der neue Beton (Beton jenis bary) – Selbstverdichtender Beton (Beton memadat sendiri)*, *Beton Fertigteil (BHF)*, No.7 July 2001.
- L. J. Parrot. 1998. *A Literature Review of High Strength Concrete Properties*. British Cement Association (BCA), Wexham Springs, UK.
- Okamura, H., and Ozawa, K., 1995. "Mix-design for self-compacting concrete". *Concrete Library of JSCE*.
- Papayianni et.al, 2005. *Influence of superplasticizer type and mix desain parameters on the performance of them in concrete mixture*. *Cem Concr Compos*, 27, 217222 <http://www.dx.doi.org>.
- Suharsimi. 2004. *Prosedur Penelitian: Suatu pendekatan Praktek*. Bandung: Rineka Cipta.