

JURNAL REKAYASA TEKNIK SIPIL

REKATS



UNESA

Universitas Negeri Surabaya



JURNAL ILMIAH
TEKNIK SIPIL

VOLUME:
02

NOMER:
02

HALAMAN:
101 - 108

SURABAYA
2016

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. Drs.Ir.Karyoto,M.S
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 EJURNAL.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
• Vol 2 Nomer 2/rekat/16 (2016)	
PEMANFAATAN LUMPUR LAPINDO DAN <i>FLY ASH</i> SEBAGAI BAHAN CAMPURAN PADA PEMBUATAN BATA BETON RINGAN	
<i>Wenny Masita Rosanti, E. Titiek Winanti,.....</i>	01 – 07
PRODUKTIVITAS KELOMPOK KERJA TUKANG BESI UNTUK PEKERJAAN PEMBESIAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG BERTINGKAT DI SURABAYA DAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PRODUKTIVITAS	
<i>Yudha Karismawan, Hasan Dani,.....</i>	08 – 14
KAJIAN KUALITAS <i>CROSSWALK</i> PADA JALUR PEJALAN KAKI BERDASARKAN PEDESTRIAN ENVIROMENTAL <i>QUALITY INDEX</i> (PEQI) (STUDI KASUS : JALAN PAHLAWAN KOTA SEMARANG)	
<i>amanda Pattisinai,.....</i>	15 – 22
PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KERANG TERHADAP WAKTU PENGIKATAN AWAL, <i>WORKABILITY</i> , DAN KUAT TEKAN PADA PEMBUATAN BETON <i>GEOPOLYMER</i> DENGAN TEMPERATUR NORMAL	
<i>Onny Liangsari, Arie Wardhono,.....</i>	23 – 30
STUDI RESPON HARMONIS PONDASI MESIN TIPE PORTAL DENGAN SISTEM PERLETAKAN JEPIT DAN SSI	
<i>Muhammad Imaduddin,</i>	31 – 43
ANALISA HUBUNGAN TEGANGAN-REGANGAN DAN MODULUS ELASTISITAS BETON <i>GEOPOLYMER</i> BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DAN SLAG SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEMEN PADA TEMPERATUR NORMAL	
<i>Dini Wulan Ramadhan, Arie Wardhono,</i>	44 – 52

PENGARUH PENAMBAHAN SLAG TERHADAP WAKTU PENGIKATAN AWAL, WORKABILITY, DAN KUAT TEKAN PADA PEMBUATAN BETON GEOPOLYMER PADA TEMPERATUR NORMAL
Dynie Siputri Titi, Arie Wardhono, 53 – 61

PENGARUH DIAMETER PEMOTONGAN PROFIL (D) TERHADAP KEKUATAN LENTUR *CASTELLATED BEAM* BUKAAN LINGKARAN (*CIRCULAR*) UNTUK STRUKTUR BALOK
Nita Ratna Sari, Suprapto, 62 – 68

PENGARUH TINGGI PEMOTONGAN PROFIL (H) TERHADAP KEKUATAN LENTUR *CASTELLATED BEAM* BUKAAN BELAH KETUPAT (*RHOMB*) UNTUK STRUKTUR BALOK
Astri Putri Rahayu, Suprapto, 69 – 75

PENGARUH JARAK BAUT SAMBUNGAN BATANG TARIK TERHADAP KUAT TARIK DAN KUAT GESEN KUDA-KUDA *DOUBLE PROFIL BAJA RINGAN*
Moh. Hudan Manggala, Suprapto, 76 – 83

ANALISA KAPASITAS TAMPUNGAN PADA SUNGAI PUCANG KABUPATEN SIDOARJO DALAM MENAMPUNG DEBIT BANJIR
Evi Rahmawati , Nurhayati Aritonang, 84 – 92

ANALISA PENERAPAN ISO 9001:2008 PADA PROYEK APARTEMEN *VENETIAN GRAND SUNGKONO LAGOON* DI SURABAYA OLEH PT. PEMBANGUNAN PERUMAHAN (Persero) Tbk
Ratna Novitasari, Mas Suryanto H.S, 93 – 100

PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK CANGKANG KERANG TERHADAP POROSITAS DAN PERMEABILITAS BETON *GEOPOLYMER* BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DAN NAOH 10 MOLAR
Linda Oktafianti, Arie Wardhono, 101 - 108

PENGARUH PENAMBAHAN SERBUK CANGKANG KERANG TERHADAP POROSITAS DAN PERMEABILITAS BETON *GEOPOLYMER* BERBAHAN DASAR ABU TERBANG DAN NAOH 10 MOLAR

Linda Oktafianti

Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

Oktalind10@gmail.com

Abstrak

Pembangunan di dunia konstruksi menyebabkan kebutuhan beton semakin meningkat yang menyebabkan kebutuhan semen akan meningkat pula. Adanya proses produksi semen menghasilkan gas CO_2 dalam jumlah banyak, untuk menyederhanakan 1 ton semen dapat menghasilkan 1 ton CO_2 (Davidovits, 1994). Pembuatan beton *geopolymer* berbahan dasar *fly ash* dan serbuk cangkang kerang biasanya menggunakan pemanasan suhu tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi pemanasan suhu tinggi pada beton *geopolymer* dengan penambahan CaO dan bagaimana pengaruhnya terhadap porositas dan permeabilitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan 10% serbuk cangkang kerang merupakan campuran yang optimum karena memperoleh nilai porositas dan nilai permeabilitas paling optimum.

Kata kunci : *geopolymer*, abu terbang, kulit kerang, porositas, permeabilitas

Abstract

The increasing of concrete material has led to the increasing needs of cement. However, the production of cement releases CO_2 in large quantities in the proportion of 1 ton of cement produces 1 ton of CO_2 (Davidovits, 1994). Fly ash geopolymer concrete usually produced at high temperature. The purpose of this research is to eliminate the heat curing requirement of geopolymer concrete by using CaO addition. The porosity and permeability tests were carried out to evaluate the performance of geopolymer concrete. The results showed that optimum mixture was achieved by the addition 10% of oyster shell due on the low value of porosity and permeability.

Keywords: *geopolymer, fly ash, oyster shell, porosity, permeability*

PENDAHULUAN

Penggunaan beton di dunia sekitar 8,8 juta ton untuk setiap tahunnya, berbanding lurus dengan penggunaan beton, kebutuhan material juga akan meningkat dari tahun ke tahun seiring dengan maraknya pembangunan (Metha, 1997 dalam Manuahe, 2014)

Penggunaan semen sebagai jenis material penyusun beton yang dibutuhkan dalam jumlah banyak akan mengganggu keseimbangan lingkungan mengingat dengan adanya produksi 1 ton semen dapat menghasilkan 1 ton CO_2 (Davidovits, 1994)

Solid material adalah salah satu komponen sistem anorganik *geopolymer*. Solid material yang digunakan dapat berupa material alami seperti kaolin, tanah liat, mika dan lain sebagainya. Alternatif lain yang dapat digunakan adalah material yang berasal dari produk sampingan industri seperti

fly ash, silica fume, slag, rice husk ash dan lain-lain (Manuahe, 2014)

Proses polimerisasi umumnya lebih cepat pada suhu tinggi dibandingkan dengan suhu ruangan (Vijai et al., 2010) dalam hal ini efek menguntungkan diperoleh dari kandungan kalsium, jumlah kalsium oksida (CaO) ditemukan memiliki dampak yang signifikan untuk pengerasan beton *geopolymer*. Tambahan CaO membentuk produk terhidrasi seperti kalsium silikat hidrat (CSH), bersama dengan jaringan *geopolymer* alumino-silikat (Granizo et al, 2002; Yip et al, 2008) peningkatan kekuatan diperoleh dengan meningkatnya kadar CaO (Diaz et al, 2010 dalam Nath dan Sarker, 2012)

Kulit kerang jika dimanfaatkan dapat menjadi pengganti semen karena senyawa kimia dari kulit kerang mengandung silika, alumina, dan zat kapur (CaO) kurang lebih 66,70% yang bersifat pozzolan (Siregar, 2009) untuk itu penelitian ini

luas yang dihasilkan oleh mesin tekan (Manuahe, 2014).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan di Laboratorium Beton Fakultas Teknik Jursan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya. Tahapan pelaksanaan penelitian yaitu.

1. Tahap persiapan alat dan bahan
2. Tahap pengujian bahan

Adalah segala bahan material penyusun beton dilakukan pengujian agar diketahui pemenuhan persyaratan pada bahan yang dilakukan pengujian.

- a. Pengujian agregat halus dan agregat kasar yang meliputi : kadar lumpur, pemeriksaan gradasi, dan *specific gravity*.
- b. Pengujian fly ash dan sebuk cangkang kerang yaitu pengujian XRF untuk mengetahui kandungan unsur kimia material.
3. Tahap pembuatan benda uji
 - a. Perencanaan pembuatan *mix design*
 - b. Pembuatan adukan beton
 - c. Pemeriksaan *nilai slump*
 - d. Pencetakan
 - e. Pelepasan cetakan
 - f. Perawatan (*Curing*)
4. Tahap pengujian benda uji
 - a. Pengujian porositas
 - b. Pengujian permeabilitas
5. Tahap analisis data
6. Kesimpulan hasil penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Material

1. Pengujian Fly Ash

Material *fly ash* diperoleh dari CV. Dwi Mitra Surya Menganti Gresik. Dilakukan pengujian XRF (*X-Ray Fluorescence*) pada material *fly ash* di Laboratorium Sentral

Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Negeri Malang (UM). Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian XRF *fly ash*

Coumpound	Conc (%)	Methods
Al2O3	4,8	
SiO2	17,9	
SO3	0,89	
K2O	0,72	
CaO	12,7	
TiO2	0,94	
V2O5	0,02	
Cr2O3	0,11	
MnO	0,59	
Fe2O3	59,08	
NiO	0,13	
CuO	0,059	
Br	0,14	
Rb2O	0,2	
SrO	0,37	
BaO	0,49	
Eu2O3	0,58	
Re2O7	0,32	XRF

2. Pengujian Serbuk cangkang kerang

Serbuk cangkang kerang diperoleh dari UD. Rukun Jaya perusahaan penggilingan cangkang kerang Desa Balonggabus, Candi, Sidoarjo. Hasil pengujian XRF dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian XRF Serbuk Cangkang Kerang

Coumpound	Conc (%)	Methods
SiO2	2.3+-0.07	
K2O	0.21+-0.03	
CaO	92.81+-0.58	
TiO2	0.25+-0.02	
MnO	0.28+-0.02	
Fe2O3	2.56+-0.04	
CuO	0.043+-0.001	
SrO	1.01+-0.02	
ZrO2	0.1+-0.04	
MOO3	0.85+-0.04	
Eu2O3	0.2+-0.04	
Yb2O3	0.52+-0.02	XRF

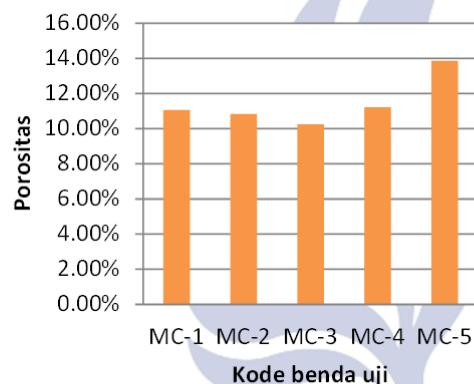
Pengujian Porositas

Pengujian porositas dilakukan pada sampel silinder Ø10 cm tinggi 20 cm dengan merendam

sampel dalam air selama 24 jam kemudian melakukan penimbangan berat dalam air lalu dimasukkan ke oven dan mendapatkan berat kering oven. Pengujian porositas dilakukan pada umur beton 3, 7, 14, 21 dan 28 hari. Berikut adalah hasil pengujian porositas untuk umur 28 hari:

Tabel 3 Porositas beton usia 28 hari

Kode	Campuran	Porositas (%)
MC-1	OPC	11,07
MC-2	100% <i>Fly ash</i>	10,83
MC-3	90%FA+10%SCK	10,25
MC-4	70%FA+30%SCK	11,22
MC-5	50%FA+50%SCK	13,86



Gambar 1 Porositas beton usia 28 hari

Dari hasil diatas menunjukkan bahwa porositas MC-2, MC-4, dan MC-5 lebih besar jika dibandingkan dengan MC-3. Hal ini dapat diartikan bahwa semakin bertambahnya kadar serbuk cangkang kerang dalam beton *geopolymer* maka semakin meningkat pula jumlah kadar pori dalam beton yang menyebabkan beton semakin poros. Dan dari hasil diatas didapatkan komposisi serbuk cangkang kerang sebesar 10% yang memiliki nilai porositas terendah.

Pengujian Permeabilitas

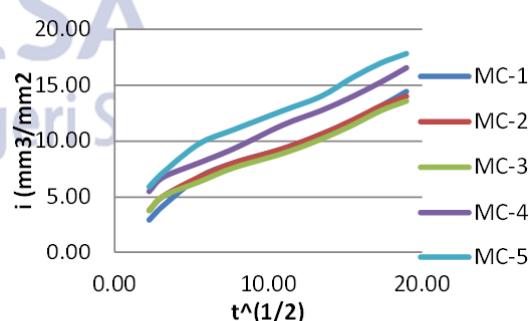
Pengujian permeabilitas dilakukan pada 3 buah benda uji silinder dimensi Ø10 cm tinggi 20 cm. Pengujian dilakukan dengan cara menimbang spesimen setelah mengalami perendaman setelah 5,

10 dan 30 menit, kemudian 1 jam hingga 6 jam. Standar yang digunakan adalah ASTM C1585-04.

data yang telah diperoleh dari penimbangan benda uji pada setiap t (waktu) yang telah ditentukan selanjutnya diolah dengan menggunakan rumus pada persamaan 2 yang selanjutnya hasil perhitungan tersebut diplotkan pada sebuah grafik, dengan menggunakan fasilitas *trendline* pada *Microsoft Excel*, nilai regresi (r) yang diperoleh harus $> 0,98$. Dari persamaan regresi yang telah diperoleh, berdasarkan rumus pada persamaan 3 akan mendapatkan nilai Si ($\text{mm}/\text{min}^{1/2}$), dimana Si adalah tingkat awal penyerapan yang diperoleh dari kuadrat regresi.

Tabel 4 Permeabilitas beton usia 28 hari

waktu (menit)	Kode Benda Uji					$t^{(1/2)}$
	MC-1	MC-2	MC-3	MC-4	MC-5	
5	2,97	3,82	3,82	5,52	5,94	2,24
10	4,25	5,1	5,1	6,79	7,22	3,16
30	6,79	6,79	6,37	8,07	9,77	5,48
60	8,07	8,07	7,64	9,34	11,04	7,75
120	9,34	9,34	8,92	11,46	12,74	10,95
180	10,62	10,62	10,19	12,74	14,01	13,42
240	11,89	11,89	11,46	14,01	15,71	15,49
300	13,16	13,16	12,74	15,29	16,99	17,32
360	14,44	14,01	13,59	16,56	17,83	18,97

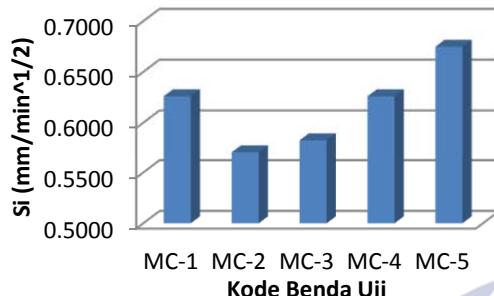


Gambar 2 Permeabilitas beton usia 28 hari

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa penyerapan paling rendah adalah beton MC-3 dengan komposisi 90%FA : 10%SCK.

Tabel 5 Tingkat penyerapan awal

Si (mm/min ^{1/2})	MC-1	MC-2	MC-3	MC-4	MC-5
0,6260	0,5708	0,5826	0,626	0,6748	



Gambar 3 Tingkat penyerapan awal

Berdasarkan gambar 3 diatas dapat dilihat bahwa untuk beton MC-1 diperoleh nilai Si sebesar $0,6260 \text{ mm/min}^{1/2}$. Untuk beton MC-2 diperoleh nilai Si sebesar $0,5708 \text{ mm/min}^{1/2}$. Untuk beton MC-3 diperoleh nilai Si sebesar $0,5826 \text{ mm/min}^{1/2}$. Beton MC-4 diperoleh nilai Si sebesar $0,6260 \text{ mm/min}^{1/2}$ dan untuk beton MC-5 diperoleh nilai Si sebesar $0,6748 \text{ mm/min}^{1/2}$. Dari uraian hasil tersebut didapatkan data Si yang semakin meningkat pada setiap penambahan serbuk cangkang kerang, hal ini terjadi karena pada setiap penambahan serbuk cangkang kerang kurang diperoleh kepadatan beton dan terjadi rongga-rongga udara yang terdapat dalam beton sehingga menyebabkan air lebih cepat masuk kedalam beton dan mendapatkan nilai tingkat awal penyerapan yang semakin besar.

Senada dengan penelitian Adam (2009) yang menyebutkan bahwa nilai koefisien koreksi (R) pada semua data harus melebihi 0.98 yang menunjukkan bahwa penyerapan yang telah dilakukan selama 6 jam dapat diwakili oleh tingkat awal penyerapan tersebut. Selama beberapa menit pertama tergantung pada karakteristik beton, saturasi kulit pasta terjadi, namun setelah periode waktu awal terlewati, daerah penyerapan lebih kecil karena adanya agregat. Hal tersebut yang menyebabkan pada beton MC-3, MC-4 dan MC-5 pada menit awal tingkat awal

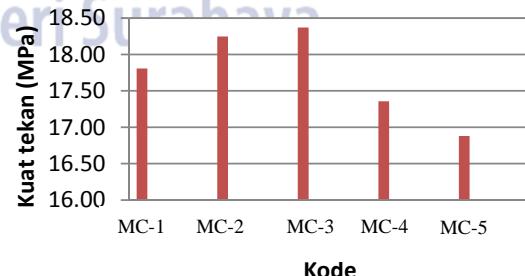
penyerapan yang terjadi lebih besar jika dibandingkan dengan tingkat awal penyerapan pada beton MC-2.

Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton menggunakan ELE International ADR 3000 BS *compression machine with digital readout and self centring platens*. Pengujian hanya dilakukan pada usia 28 hari saja, hanya untuk mengetahui hubungan antara porositas dengan kuat tekan beton.

Tabel 6 Hasil pengujian kuat tekan

Nama Benda Uji	Umur Hari	Berat (kg)	Kuat Tekan (MPa)	Rata-rata (MPa)
MC-1	28	3,94	17,95	17,81
		3,90	17,80	
		3,87	17,67	
MC-2	28	3,99	18,25	18,25
		3,92	18,21	
		3,93	18,28	
MC-3	28	4,03	18,17	18,37
		4,07	18,43	
		4,11	18,51	
MC-4	28	4,10	17,25	17,36
		4,11	17,31	
		4,15	17,51	
MC-5	28	4,11	17,12	16,88
		4,15	17,23	
		4,16	16,29	



Gambar 4 Hasil pengujian kuat tekan

Dari hasil uraian diatas dapat diperoleh bahwa untuk beton dengan penambahan serbuk

cangkang kerang sebesar 10%, 30%, 50% dengan penamaan sampel MC-3, MC-4, MC-5 secara berurutan memiliki nilai sebesar 18,37 MPa, 17,36 MPa, 16,88 MPa. Hal ini dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya kadar serbuk cangkang kerang pada beton *geopolymer* dapat menurunkan kuat tekan beton.

Hubungan Porositas dengan Permeabilitas

Porositas dan permeabilitas beton dalam penelitian ini memiliki nilai yang berbanding lurus, hal ini bisa dilihat dari hasil porositas dan permeabilitas beton MC-1, MC-2, MC-4 dan MC-5. Hasil yang berbeda didapatkan pada beton MC-3, dimana untuk nilai porositas beton MC-3 lebih kecil dibandingkan dengan porositas beton MC-2 tetapi untuk nilai permeabilitas (absorpsi) pada MC-3 lebih besar jika dibandingkan dengan absorpsi beton MC-2. Hal ini dapat terjadi karena pada penelitian Nath Sarker, 2015 mengemukakan bahwa peningkatan kekuatan dan penurunan waktu pengerasan diamati dengan meningkatnya kadar CaO, tetapi dalam penelitian lain, selain kalsium oksida dan kalsium hidroksida sebagai pengganti semen meningkatkan sifat mekanik untuk perawatan beton pada suhu ruangan, tetapi menjadi memburuk sifat pada beton yang mengalami perawatan beton pada suhu 70°C. Pada penelitian D.L.Y. Kong et al., 2007 juga menyebutkan bahwa pada temperatur tinggi menyebabkan geopolmer mengalami perubahan struktur kimia dan dehidrasi air pada ikatan kimia. Dengan mengingkatnya suhu eksternal, kelembapan dalam spesimen akan cepat berpindah ke permukaan.

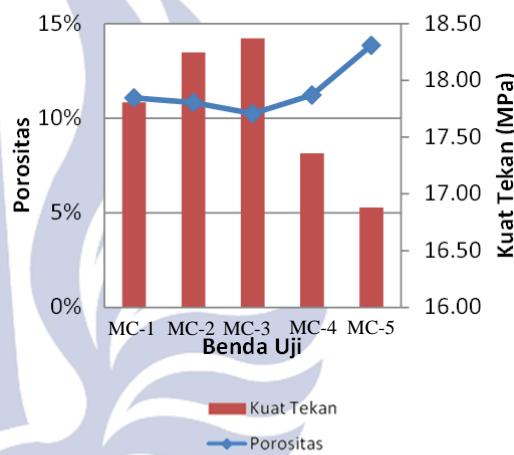
Sedangkan pada penelitian ini, beton dipanaskan dalam oven pada suhu 110°C untuk mendapatkan berat kering oven sebelum dilakukan pengujian absorpsi. Dengan dilakukannya pemanasan pada suhu 110°C menyebabkan nilai

absorpsi yang semakin meningkat dan akan menyebabkan nilai kuat tekan yang semakin menurun.

Hubungan Porositas dengan Kuat Tekan Beton *Geopolymer*

Tabel 7 Porositas dan kuat tekan beton

Kode benda uji	Porositas (%)	Rata-rata Kuat tekan (Mpa)
MC-1	11,07	17,81
MC-2	10,83	18,25
MC-3	10,25	18,37
MC-4	11,22	17,36
MC-5	13,86	16,88

Gambar 5 Hubungan porositas dan kuat tekan beton *geopolymer*

Dari gambar diatas menunjukkan bahwa hubungan antara porositas dengan kuat tekan beton adalah berbanding terbalik, jika nilai porositas rendah maka nilai kuat tekan tinggi, begitu sebaliknya. Beton MC-1 memiliki nilai porositas sebesar 11,07% dengan kuat tekan sebesar 17,81 MPa, beton MC-2 memiliki nilai porositas sebesar 10,83% dengan kuat tekan sebesar 18,25 MPa, beton MC-3 memiliki nilai porositas sebesar 10,25% dengan kuat tekan sebesar 18,37 MPa, beton MC-4 memiliki nilai porositas sebesar 11,22% dengan kuat tekan sebesar 17,36 MPa, beton MC-5 memiliki nilai porositas sebesar 13,86% dengan kuat tekan sebesar 16,88 MPa. Dari uraian hasil tersebut dapat diperoleh

bahwa semakin banyak penambahan serbuk cangkang kerang menyebabkan nilai porositas beton semakin bertambah yang berarti beton *geopolymer* semakin banyak memiliki kadar pori dalam beton dan dengan bertambahnya kadar pori dalam beton menyebabkan semakin menurunnya kuat tekan beton. Kadar porositas rendah dan nilai kuat tekan yang besar didapatkan pada beton MC-3.

PENUTUP

Kesimpulan

1. Penambahan serbuk cangkang kerang pada beton *geopolymer* dengan bahan dasar abu terbang (*fly ash*) sebagai pengganti semen jika ditinjau dari porositas beton mengalami penambahan nilai porositas pada setiap penambahan serbuk cangkang kerang. Dapat dikatakan bahwa semakin banyak kadar serbuk cangkang kerang yang ditambahkan dalam campuran beton menyebabkan beton *geopolymer* menjadi semakin poros. Hal ini ditunjukkan dengan penambahan serbuk cangkang kerang sebanyak 10%, 30%, 50% memiliki nilai porositas secara berurutan sebesar 10,25%, 11,22%, 13,86%, namun apabila dibandingkan dengan beton kontrol OPC (*Ordinary Portland Cement*) dan 100% *fly ash* dengan penamaan MC-1 dan MC-2 nilai porositas yang diperoleh secara berurutan yaitu 11,07% dan 10,83%, yang berarti nilai porositas beton MC-3 lebih rendah dari beton kontrol MC-1 dan MC-2. Dari hasil tersebut diperoleh 10% campuran beton dengan abu terbang (*fly ash*) dan serbuk cangkang kerang yang terendah dengan nilai porositas yaitu sebesar 10,25%.
2. Penambahan serbuk cangkang kerang pada beton *geopolymer* dengan bahan dasar abu terbang (*fly ash*) sebagai pengganti semen jika ditinjau dari permeabilitas beton mengalami penambahan pada setiap penambahan kadar
3. Hubungan antara porositas dengan kuat tekan beton adalah berbanding terbalik, jika nilai porositas rendah maka nilai kuat tekannya tinggi, begitu sebaliknya. Beton MC-1 memiliki nilai porositas sebesar 11,07% dengan kuat tekan sebesar 17,81 MPa, beton MC-2 memiliki nilai porositas sebesar 10,83% dengan kuat tekan sebesar 18,25 MPa, beton MC-3 memiliki nilai porositas sebesar 10,25% dengan kuat tekan sebesar 18,37 MPa, beton MC-4 memiliki nilai porositas sebesar 11,22% dengan kuat tekan sebesar 18,37 MPa, beton MC-5 memiliki nilai porositas sebesar 13,86% dengan kuat tekan sebesar 16,88 MPa. Dari uraian hasil tersebut dapat diperoleh bahwa semakin banyak penambahan serbuk cangkang kerang menyebabkan nilai porositas beton semakin bertambah yang berarti beton *geopolymer* semakin banyak memiliki kadar pori dalam beton dan dengan bertambahnya kadar pori dalam beton menyebabkan semakin menurunnya kuat tekan beton.

serbuk cangkang kerang, nilai porositas beton berbanding lurus dengan nilai permeabilitas beton, apabila semakin banyak penambahan kadar serbuk cangkang kerang menyebabkan porositas yang semakin meningkat, maka semakin banyak pula air yang mampu menyerap kedalam beton *geopolymer* tersebut. Hal ini ditunjukkan dengan penambahan serbuk cangkang kerang sebanyak 10%, 30%, 50% dengan penamaan MC-3, MC-4, MC-5 memiliki nilai permeabilitas secara berurutan sebesar $0,5826 \text{ mm/min}^{1/2}$, $0,6260 \text{ mm/min}^{1/2}$, $0,6748 \text{ mm/min}^{1/2}$. Dari hasil tersebut diperoleh 10% campuran beton dengan abu terbang (*fly ash*) dan serbuk cangkang kerang yang terendah dengan nilai permeabilitas yaitu sebesar $0,5826 \text{ mm/min}^{1/2}$.

3. Hubungan antara porositas dengan kuat tekan beton adalah berbanding terbalik, jika nilai porositas rendah maka nilai kuat tekannya tinggi, begitu sebaliknya. Beton MC-1 memiliki nilai porositas sebesar 11,07% dengan kuat tekan sebesar 17,81 MPa, beton MC-2 memiliki nilai porositas sebesar 10,83% dengan kuat tekan sebesar 18,25 MPa, beton MC-3 memiliki nilai porositas sebesar 10,25% dengan kuat tekan sebesar 18,37 MPa, beton MC-4 memiliki nilai porositas sebesar 11,22% dengan kuat tekan sebesar 18,37 MPa, beton MC-5 memiliki nilai porositas sebesar 13,86% dengan kuat tekan sebesar 16,88 MPa. Dari uraian hasil tersebut dapat diperoleh bahwa semakin banyak penambahan serbuk cangkang kerang menyebabkan nilai porositas beton semakin bertambah yang berarti beton *geopolymer* semakin banyak memiliki kadar pori dalam beton dan dengan bertambahnya kadar pori dalam beton menyebabkan semakin menurunnya kuat tekan beton.

Saran

Ada beberapa saran untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Penambahan 10% serbuk cangkang kerang pada beton geopolymers dengan bahan dasar abu terbang (*fly ash*) bisa digunakan sebagai bahan pengikat sebagai pengganti semen pada temperatur ruangan tanpa pempararan suhu tinggi.
2. Perlu dilakukan penelitian pada perilaku beton periode jangka panjang, karena pada penelitian ini beton diuji hingga mencapai umur 28 hari saja.
3. Perlu dilakukan penelitian yang meninjau beberapa faktor lain yang dapat mempengaruhi porositas dan permeabilitas beton geopolymers seperti rasio alkali aktivator, konsentrasi natrium hidroksida, dan penambahan *superplastisizer*.
4. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan komposisi campuran serbuk cangkang kerang lebih kecil dari 10%.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, Andi Arham. 2009. *Strength and durability properties of alkali activated slag and fly ash-based geopolymers concrete*. Thesis. Australia: RMIT University.
- ASTM C1585-04. *Standard test method for measurement of rate of absorption of water by hydraulic cement concretes*. West conschohocken
- Daniel L. Y. Kong; Jay G. Sanjayan; Kwesi Sagoe-Crentsil. *Comparative performance of geopolymers made with metakaolin and fly ash after exposure to elevated temperatures*. Cement and concrete research 37 (2007) 1583-1589.
- avidovits, Joseph. 1994. "Global Warming Impact on the Cement and Aggregates Industries". *World Resource Review*. Vol. 6 (2) : pp (263-278)
- Davidovits, Joseph. 2013. *Geopolymer Cement*. France : Institute Geopolymere
- Fitriani, Dian Rahma. 2010. *Pengaruh Pengaruh Mudulus Alkali dan Kadar Aktivator Terhadap Kuat Tekan Fly Ash-Based Geopolymer Mortar*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret
- Hardjito D, et all. 2004. "On the development of fly ash-based geopolymers concrete". *ACI Materials Journal* 101(6) : pp (467-472)
- Manuahe, Riger. Dkk. 2014. "Kuat Tekan Beton Geopolymer Berbahan Dasar Abu Terbang (*Fly Ash*)". *Jurnal Sipil Statik*. Vol. 2 (6): hal (277-282)
- M. Yanuar Ardi Prasetyo. 2011. *Porositas dan Permeabilitas Beton Menggunakan Pasir Tailing Timbang Timah dan Pasir Besi*. Skripsi. Surakarta. Universitas Sebelas Maret.
- Nath, P. and Sarker, P.K. 2012. *Geopolymer concrete for ambient curing condition*. Australia : Curtin University
- Nath, P. and Sarker, P.K. 2014. "Effect of GGBFS on setting, workability and early strength properties of fly ash geopolymers concrete cured in ambient condition". *Construction and Building Materials* 66 : pp (163-171)
- Nugroho, Eko Hindaryanto. 2010. *Analisis Porositas dan Permeabilitas Beton dengan Bahan Tambah Fly Ash untuk Perkerasan Kaku (Rigid Pavement)*. Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- Siregar, S.M. 2009. *Pemanfaatan Kulit Kerang dan Resin Epoksi Terhadap Karakteristik Beton Polimer*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- SNI 03-6863-2002. *Metode pengambilan contoh dan pengujian abu terbang atau pozolan alam sebagai mineral pencampur dalam beton semen portland*. Badan Standardisasi Nasional